

ISSN 2075-7204

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

№ 1 (60) 2022

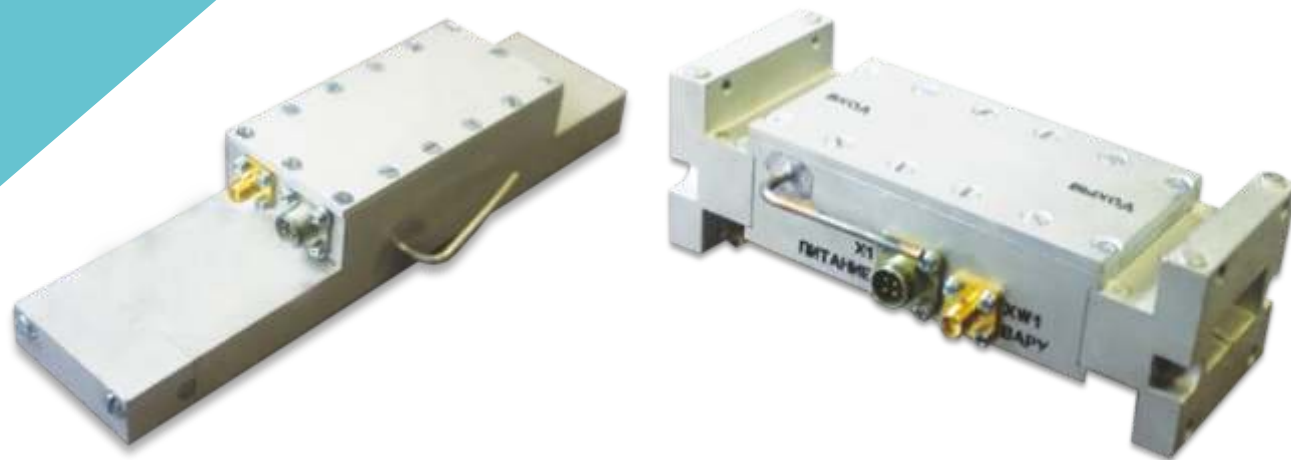
МЕНТАЛЬНЫЙ КОД В ПОЛИТИКЕ РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
THE MENTAL CODE IN THE DEVELOPMENT POLICY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ
К ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ**
FORECASTING THE NEED FOR SPARE PARTS FOR MILITARY VEHICLES

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МАРШРУТНОГО
ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ**
INCREASING THE EFFICIENCY OF PASSENGER ROUTE TRANSPORT ENTERPRISES WORK
IN MODERN CONDITIONS



МИКРОВОЛНОВЫЕ МАЛОШУМЯЩИЕ УСИЛИТЕЛИ



Предназначены для работы в составе приемных трактов СВЧ-диапазона радиолокационных систем.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон рабочих частот, ГГц	14,7–15,4	6,9–8,3
Коэффициент усиления, дБ	27–30	28–32
Неравномерность коэффициента усиления, дБ, не более	2	2
Глубина регулировки ВАРУ, дБ	28	10–25
Коэффициент шума, дБ, не более	5	4,5
Входная мощность при компрессии 1 дБ, мВт, не менее	0,04	0,04
Допустимая входная мощность, Вт		
непрерывная	10	10
импульсная	10 000	10 000
Коэффициент стоячей волны (вход/выход), не более	2,5/2,5	2,5/2,5
Наработка на отказ, ч, не менее	5 000	5 000
Масса, кг	0,8	0,8
Питание от бортовой сети	220 В / 400 Гц	
Рабочий диапазон температур, °С	от –40 до +50	
Сохраняет работоспособность при относительной влажности воздуха 90 % при температуре +25 °С		

* Возможна разработка и изготовление по требованиям Заказчика.



Республика Беларусь, 220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1
Тел.: (+375 17) 311-05-69, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspb.com

В соответствии с приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 научно-практический журнал «Новости науки и технологий» включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим наукам.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ И РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ И РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Шлычков Сергей Владимирович
канд. воен. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛИ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Балтрукович Пётр Иванович
канд. техн. наук, директор ГУ «БелИСА», главный редактор

Савенко Сергей Александрович
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ГУ «НИИ Вооруженных Сил Республики Беларусь», научный редактор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Аваков Сергей Мирзоевич
д-р техн. наук, профессор кафедры техники и технологии БГУИР, Генеральный директор ОАО «Планар»

Бойков Владимир Петрович
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Тракторы» БНТУ

Ботенковская Екатерина Сергеевна
канд. экон. наук, ведущий специалист по внешнеэкономическим связям в бюро валютного контроля НПООО «ОКБ ТСП»

Володько Владимир Фёдорович
д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой «Менеджмент» БНТУ

Ганэ Вадим Арведович
д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник НПООО «ОКБ ТСП»

Данильченко Алексей Васильевич
д-р экон. наук, профессор, декан факультета маркетинга, менеджмента, предпринимательства БНТУ

Дерновой Владимир Михайлович
канд. техн. наук, старший научный сотрудник, главный эксперт,
член Совета директоров НПООО «ОКБ ТСП», заместитель главного редактора

Ивуть Роман Болеславович
д-р экон. наук, профессор, член-корр. НАН Беларуси, зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, научный редактор

Коробкин Владимир Андреевич
д-р техн. наук, профессор, лауреат Государственной премии СССР

Косовский Андрей Аркадьевич
канд. экон. наук, доцент, Первый заместитель Председателя ГКНТ

Листопад Николай Измайллович
д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой информационных радиотехнологий БГУИР

Лях Юлия Вадимовна
канд. техн. наук, ученый секретарь ГУ «БелИСА», заместитель главного редактора

Новикова Ирина Васильевна
д-р экон. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента, технологий бизнеса и устойчивого развития БГТУ

Щербаков Сергей Сергеевич
д-р физ.-мат. наук, профессор, заместитель Председателя ГКНТ

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Баханович Александр Геннадьевич
д-р техн. наук, доцент, ректор УО «Брестский государственный технический университет»

Евдокимов Виктор Валерьевич
д-р экон. наук, профессор, Заслуженный деятель науки и техники Украины, ректор Государственного университета «Житомирская политехника» (Украина)

Милорад М. Кураица
д-р физ. наук, профессор, профессор Физического факультета Белградского университета (Сербия)

Рудый Кирилл Валентинович
д-р экон. наук, профессор, независимый директор ОАО «Банк развития Республики Беларусь»

Фоломьев Александр Николаевич
д-р экон. наук, профессор, профессор кафедры государственного регулирования экономики Института государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации (Российская Федерация)

Чижик Сергей Антонович
академик НАН Беларуси, д-р техн. наук, профессор, Первый заместитель Председателя Президиума НАН Беларуси

№ 1 (60) 2022 г.

Издается с декабря 2004 г.

Зарегистрирован
в Министерстве информации
Республики Беларусь,
свидетельство о регистрации
№ 576 от 24.07.2009 г.

Учредитель:

Государственное учреждение
«Белорусский институт системного анализа
и информационного обеспечения
научно-технической сферы»
(ГУ «БелИСА»)

Издатель:

ГУ «БелИСА»
Свидетельство о регистрации
в Министерстве информации
Республики Беларусь
№ 1/307 от 22.04.2014 г.

Адрес редакции:

пр. Победителей, 7,
220004, г. Минск
ГУ «БелИСА»
(журнал «Новости науки и технологий»)
Тел.: (+375 17) 203-41-23,
(+375 17) 306-09-46
Факс: (+375 17) 226-63-25
E-mail: vl@belisa.org.by,
isa@belisa.org.by
http://www.belisa.org.by

Над номером работали:

О. М. Сенкевич, Е. В. Судиловская,
З. В. Шиманович.

Издание распространяется:

1. По подписке через редакцию, а также через РУП «Белпочта».
2. По целевой адресной рассылке в органы государственного управления, организации и предприятия научно-технической сферы.
3. На международных республиканских выставках, конференциях, семинарах.

Подписные индексы:

002802 — для предприятий и организаций
00280 — для индивидуальных подписчиков

© «Новости науки и технологий»

Публикуемые материалы
отражают мнение их авторов.
Редакция не несет ответственности
за содержание рекламных материалов.
При перепечатке публикаций
ссылка на журнал обязательна.
Все упомянутые в материалах журнала
наименования продуктов
и товарные знаки являются
собственностью их владельцев.
Научные публикации рецензируются.

Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная.
Печать цифровая.
Усл. печ. л. 6,98. Уч.-изд. л. 6,56.
Гарнитура Minion.
Подписано в печать 30.03.2022 г.
Тираж 100 экз. Заказ № 5.

Отпечатано в издательско-полиграфическом
отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. 02330/485 от 14.09.2018.

В НОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Ментальный код в политике развития Республики Беларусь

Е. В. Баранова

The Mental Code in the Development Policy of the Republic of Belarus..... 3

E. Baranova

Прогнозирование потребности в запасных частях к военной автомобильной технике

И. В. Михейчик, А. Н. Гуринович

Forecasting the Need for Spare Parts for Military Vehicles 8

I. Mikheichik, A. Gurinovich

Повышение эффективности работы предприятий маршрутного пассажирского транспорта в современных условиях

С. С. Семченков, Д. В. Капский

Increasing the Efficiency of Passenger Route Transport Enterprises Work in Modern Conditions 16

S. Semtchenkov, D. Kapski

Обоснование выбора диагностических параметров роторных машин на основе анализа их кинетической энергии движения

И. А. Осадчий, И. П. Кавриго

Choices Substantiation of Diagnostic Parameters of Machines on the Basis of the Analysis of Their Kinetic Energy of the Movement 26

I. Osadchiy, I. Kauryha

Контроль параметров маркированного объекта на основе принципов адаптивной аутентификации

В. И. Дравица, А. В. Решетняк, А. В. Старцев

Control of the Parameters of the Marked Object Based on the Principles of Adaptive Authentication..... 37

V. Dravitsa, A. Reshetnyak, A. Startsev

Анализ способов и технологий противодействия авиационным средствам в современных условиях

В. В. Колодяжный, А. А. Посудевский, А. Н. Пальцев, В. Р. Драгун

Analysis of Methods and Technologies of Counteraction Aviation Facilities in Modern Conditions 47

V. Kaladziashniy, A. Pasudzeuski, A. Paltsau, U. Dragun

РНТБ

Республиканская научно-техническая библиотека: территория информации 54

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов..... 59

УДК 338.22(476)+323(476)

МЕНТАЛЬНЫЙ КОД В ПОЛИТИКЕ РАЗВИТИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

THE MENTAL CODE IN THE DEVELOPMENT POLICY OF THE REPUBLIC OF BELARUS

Е. В. Баранова,

профессор факультета журналистики Белорусского государственного университета, д-р полит. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

E. Baranova,

Professor of the Faculty of Journalism of the Belarusian State University, Doctor of Political Sciences, Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 23.03.2022.

Данная статья подготовлена в контексте вступления в силу обновленного Основного закона страны. Положение о сохранении национальной самобытности и суверенитета, внесенное в преамбулу Конституции Республики Беларусь, рассматривается в публикации как ключевое в белорусской модели инновационно-устойчивого развития. Автор исследует смысловую корреляцию закрепленных в Конституции социальных гарантий с принятым дополнением о том, что «каждый должен проявлять социальную ответственность, вносить посильный вклад в развитие общества и государства» (ст. 21). Конституционный статус Всебелорусского народного собрания (ст. 89¹) осмысливается как базирующийся на отечественной традиции народовластия.

This article has been prepared in the context of the entry into force of the updated Basic Law of the country. The provision on the preservation of national identity and sovereignty, made in the preamble of the Constitution of the Republic of Belarus, is considered in the publication as a key one in the Belarusian model of innovative sustainable development. The author explores the semantic correlation of the social guarantees enshrined in the Constitution with the addition that "Everyone should exercise social responsibility, make a feasible contribution to the development of society and the state" (Article 21). The constitutional status of the All-Belarusian People's Assembly (Article 891) is understood as based on the national tradition of democracy.

Ключевые слова: глобализм, суверенитет, традиции, устойчивое развитие, социализация, человеческий фактор.

Keywords: globalism, sovereignty, traditions, sustainable development, socialization, human factor.

Введение.

В преамбуле обновленной Конституции Республики Беларусь есть важнейшее для нас положение о сохранении национальной самобытности и суверенитета [1]. Понимание нации как общности граждан, сложившейся в результате становления государства, приобретает особенную актуальность в условиях глобализации, с ее тенденциями к «постнациональной идентичности», нивелирующей индивидуальности стран и народов. В противовес усиливающейся стандартизации в быстро меняющемся мире набирает темп встречный процесс: *повышение значения и роли суверенных государств*, фрагментация моделей национального развития с присущими им ценностными системами и институтами.

Целью данной статьи является определение роли национальной традиции и общественного менталитета в становлении суверенного государства.

Разработка темы осуществляется во взаимосвязи трех аспектов:

- правового, посредством анализа утвержденных Республиканским референдумом 2022 г. изменений и дополнений в Конституцию Республики Беларусь;

- социально-экономического, отражающего последовательный характер становления национальной политики развития;
- идейно-политического, раскрывающего ее гуманитарные смыслы.

Автор опирается на системный метод исследования, позволяющий рассматривать социально-экономическое и политическое пространство страны как целостную систему, устойчивость которой обеспечивается взаимосвязями входящих в ее структуру элементов. Управленческая коммуникация является центральной во взаимодействии с другими компонентами социума и, по определению экспертов, играет в нем роль, сопоставимую со значимостью кровообращения в организме человека-системы. В публикации доказано, что в социальном организме государственное управление, осуществляемое в соответствии с характеристиками общественного менталитета, традициями и ценностями самого населения, обеспечивает развитие системы в состоянии устойчивости.

Республика Беларусь относится к числу молодых суверенных государств. Расположенная в центре европейского континента, но не соответствующая стереотипам «коллективного Запада», она отстаивает свой собственный имидж, привлекая интерес и подвергаясь давлению извне, отражая изнутри попытки дестабилизации и одновременно развивая массовое патристическое движение.

Думается, ей в этом помогает именно ее самобытность, диссонирующая с разрушающими тенденциями постмодернизма. Она проявляется в присущем белорусам естественном здоровом образе жизни: в привычке к труду и стремлении к знаниям, в ориентации на традиционную семью и потребности в социальном окружении, в доверии к своему государству и верности своей исторической памяти. Анализируя ценностный строй белорусов, социологи отмечают превалирование в нем таких понятий, как надежность и стабильность [2].

Во всем этом усматривается модель коммуникации, в которой формы социального взаимодействия устанавливаются повторяющимися практиками, что способствует устойчивости социально-экономической и политической системы.

Здесь актуально напомнить, что свои жизненные прерогативы и устои белорусам довелось в буквальном смысле слова отвоевывать в период «перестройки» и первые годы постсоветских реформ. Драматизм «ускоренной» модернизации в постсоветской Беларуси состоял именно в том, что заимствованные извне стандарты не только не продуцировались самим обществом, но в ряде случаев вообще не соответствовали его менталитету и коренной социальной почве.

Это проявилось в комплексе противоречий, приведших республику к национальному кризису. Так, в социальной структуре продолжали доминировать «бюджетники», но при этом управленческие функции государства размывались, что одновременно сокращало социальную поддержку населения. Спонтанно функционирующее предпринимательство как способ материальной поддержки, а иногда и просто способ выживания людей, смешивало представителей различных социальных слоев. Наспех формируемая на этом фоне не имевшая электоральной базы многопартийность напоминала политический комикс. Например, декларируемые партиями политические лозунги состояли в осуждении тоталитаризма при авторитарных нормах их уставной дисциплины. Конфликты между руководством парламента и правительством систематически транслировались через электронные СМИ. Отвлекая обывателя от растущих цен на хлеб и дефицита всех прочих продуктов, они приводили к разрушению как таковой системы управления. В частности, эксперты отмечали: неподготовленность управленческих кадров к деятельности в создавшихся условиях; снижение профессиональной ответственности, финансовой дисциплины со стороны субъектов хозяйствования; наличие экономического саботажа. В итоге, по данным Госкомстата, в 1993 г. свободный индекс розничных цен и тарифов на товары народного потребления и платные услуги населению, по сравнению с 1991 г., возрос в 187 раз. За один только 1993 г. численность безработных возросла в 2,8 раза. Количество свободных рабочих мест сократилось на 31 %. Почти в 2 раза увеличилось число случаев взяточничества [3].

«Когда в республике не регулируется государственное устройство, тогда трудно добиться, чтобы в ней был порядок, — подытожил этот горький опыт последний из спикеров Верховного Совета. — Выход из этого положения, в котором мы оказались, — принять отдельный закон о государственном устройстве нашей республики и определиться, как мы будем жить дальше и кто кем будет управлять» [4].

В тех критических условиях в 1994 г. была принята первая Конституция Республики Беларусь. Получив тотальную поддержку населения (более 80 % голосов избирателей), Александр Лукашенко победил на первых выборах Президента суверенной страны, уйдя на непреодолимую дистанцию от остальных претендентов.

Весь последующий курс белорусских реформ можно охарактеризовать как поиск путей обновления социально-экономической и политической системы Беларуси при сохранении национальной самобытности белорусского социума. Мы рассматриваем этот процесс во взаимосвязи следующих факторов. Передача из поколения в поколение обычаев, ценностей, норм, институтов — всего того, что составляет национальную отечественную традицию, кристаллизуется в понятии ментального кода. Это то, что обеспечивает человеку и обществу восприятие связной картины мира, помогает ориентироваться в нем и создает устойчивость перед посторонним воздействием. В условиях системной трансформации модифицируются институты и связи. Однако речь в данном контексте идет не о «модернизации вдогонку», а об усовершенствовании системы через ее коммуницирование с обществом, не об отчуждении исторически накопленного опыта, а о творческой переработке на его основе современных форматов жизнеустройства.

Так, противоречия между законодательной и исполнительной ветвями государственной власти, возникавшие в начале 1990-х гг., разрешились через традиционную для нашего общества ориентацию на персонифицированную власть. Именно через личность Александра Лукашенко белорусский народ воспринял изначально новый для себя институт президента [5].

Общественный менталитет в определенной мере обусловил и поступательное, не авральное течение экономических преобразований в стране. В данном случае «умеренный консерватизм» явил собой не что иное, как стремление общества к самосохранению в устойчивом для жизнедеятельности пространстве. Опосредованно это отражается в социологическом мониторинге профессионально-трудовой мобильности населения. Так, по результатам социологического анкетирования 2004 г. в течение первого десятилетия реформ 60 % респондентов не приходилось менять свою работу. Около 70 % не испытывали необходимости приобретать еще одну профессию, а каждый второй респондент отвечал, что его должностной статус за этот период не претерпевал никаких изменений [6].

Ориентацию людей на устойчивость объективирует и официальная статистика. В качестве примера можно сопоставить численность населения по видам экономической деятельности с разбегом в только что истекшее десятилетие. В 2010 г. на сферу производства приходилось 44,6 % от общей численности лиц, занятых в экономике. В 2020 г. немногим меньше — 38,7 %. В 2010 г. население, занятое в сфере услуг, составляло 55,4 % от общей численности трудовых ресурсов. В 2020 г. немногим больше — 61,3 % [7, 8].

Особо следует отметить стабильность социально-гуманитарной среды. Так, в сфере образования в 2010 г. было задействовано 10,0 % от численности лиц, занятых в сфере услуг. В 2020 г. этот показатель практически не изменился (10,4 %). Сфера здравоохранения и социальных услуг даже приросла на 1,1 %. Аналогично выглядит и сфера профессиональной и научно-технической деятельности (соответственно 2,7 и 3,5 %) [7, 8].

Социальные акценты национальной политики развития базируются на традициях сильного управляемого государства и обеспеченных ими социальных гарантиях граждан. В современных условиях наблюдаются различные подходы к формированию моделей социального государства. Белорусская модель интегрировала в себе их базовые характеристики: государственное управление и планирование при конкурентно-рыночном механизме; социализацию

экономики; соблюдение баланса в доходах разных слоев населения; обеспечение правопорядка, гарантирующего гражданам необходимые стартовые возможности в жизни.

В программах социально-экономического развития Беларуси, принимаемых на каждое последующее пятилетие, начиная с 1996 г., неизменно актуализируется понятие *человеческого фактора*. Конкретно главной целью 2001–2005 гг. было названо «повышение уровня жизни граждан и приближение его к уровню экономически развитых государств» [9]. Главная цель социально-экономического развития Беларуси в 2006–2010 гг. была определена как *создание государства, удобного для людей*. По-новому звучит устойчивая формулировка «государство — для человека» в Программе социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 гг., где ставится задачей «усиление ответственности самого человека за уровень этих благ» [10]. Это связано с тем, что в новых экономических условиях, включающих инновационные преобразования и рыночную конкуренцию, потребовалось развитие инициативы и предприимчивости и от производителей, и от населения. Последовательной целью Программы социально-экономического развития Беларуси на 2021–2025 гг. выбрано обеспечение стабильности в обществе и роста благосостояния граждан за счет модернизации экономики, наращивания социального капитала, создания комфортных условий для жизни, работы и самореализации человека [11].

Показательно, что в докладе Александра Лукашенко на Шестом Всебелорусском народном собрании, состоявшемся в феврале 2021 г., масс-медиа акцентировали высказанную Президентом точку зрения о том, что «какие бы мы ни ставили цели, главным ресурсом в их достижении остаются люди... На каждом из белорусов лежит ответственность за судьбу страны» [12].

Созидательные смыслы этих слов закрепляются в ст. 21 обновленной Конституции Республики Беларусь: «Каждый должен проявлять социальную ответственность, вносить мощный вклад в развитие общества и государства» [1].

Способность социально-экономической и политической системы Беларуси эффективно развиваться, сохраняя устойчивость, видна в итогах пройденного суверенной страной 25-летнего пути. Приведем сравнительную статистику. Реальная зарплата населения в обозначенный период возросла в 10,8 раза. Средний размер назначенных пенсий по возрасту в валютном эквиваленте в декабре 2020 г. составил 195 долл. США, в то время как в декабре 1995 г. составлял 34 долл. США. В структуре расходов населения акценты сместились с товаров первой необходимости на услуги: медицинские, образовательные, культурные и отдых. Уровень инфляции снизился до однозначных величин. Уровень занятости населения остался высоким — 75,7 % к трудовым ресурсам [13].

Сохранен и развивается индустриальный потенциал страны. Объемы производства промышленной продукции за 1996–2020 гг. возросли почти в 4 раза. Около 70 % продукции, производимой промышленными предприятиями Беларуси, экспортируется. Например, каждый десятый колесный трактор в мире — белорусского производства. Беларусь — региональный лидер в сфере экспорта IT-услуг. В числе топ-100 лучших аутсорсинговых компаний мира за последние 10 лет — шесть IT-компаний с белорусскими офисами. Одновременно сформировано конкурентоспособное сельское хозяйство. В республике достигнут наиболее высокий уровень самообеспеченности продовольствием среди стран ЕАЭС: 96 % [13].

И вот как выглядит белорусский суверенитет в глобальном мировом пространстве: Беларусь занимает 53-е место (*группа стран с очень высоким уровнем развития*) в рейтинге 189 государств по уровню развития человеческого потенциала. Основными показателями, по которым определяется данный рейтинг, являются: ожидаемая продолжительность жизни, длительность обучения, валовой национальный доход на душу населения [13].

В условиях развязанной против Беларуси «гибридной войны» требует решения задача направить политическое и социальное участие общественности в конструктивное русло. Здесь

соблюдается все тот же апробированный за четверть века подход: сбалансированность нововведений и традиций. Модернизируется роль Советов. Сегодня Советы «позволяют реализовать потенциал гражданского участия в решении комплекса вопросов совместной жизнедеятельности граждан» [14].

Используются механизмы взаимодействия государственной власти и гражданского общества в пространстве публичной политики. Например, развивается молодежный парламентаризм как форма реализации права молодежи на участие в политическом, социальном, экономическом и культурном развитии государства. Повышается социальная ответственность бизнеса: целый ряд белорусских компаний направляют часть своей прибыли на поддержку социальных проектов. Расширяется государственно-частное и социальное партнерство.

В соответствии с решением Республиканского референдума конституционный статус обретает Всебелорусское народное собрание — *«высший представительный орган народовластия Республики Беларусь, определяющий стратегические направления развития общества и государства, обеспечивающий незыблемость конституционного строя, преемственность поколений и гражданское согласие»* (ст. 89¹) [1].

С точки зрения автора, это коррелируется с традиционной потребностью белорусов в коллективизме, с философским пониманием *народа как интегрального целого*, внутри которого индивидум только и может обрести свое истинное «я».

Таким образом, в молодой суверенной стране выкристаллизовываются формы обновления, адекватные естественно сложившимся условиям жизни при сохранении базовых устоев белорусского общества. Единство этих двух начал гармонизировано в Конституции Республики Беларусь. Новый этап исторического развития, в который вступает наш народ, обеспечен исторически накопленным социально значимым опытом. Это позволяет белорусскому социуму (как целостной саморазвивающейся системе) неизменно сохранять устойчивость перед рисками и вызовами времени.

Литература:

1. Конституция Республики Беларусь 1994 года [Электронный ресурс]: (с изм. и доп., принятыми на респ. референдумах 24 нояб. 1996 г., 17 окт. 2004 г. и 27 февр. 2022 г.) // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/pravovaya-informatsiya/normativnye-dokumenty/konstitutsiya-respubliki-belarus/>. — Дата доступа: 16.03.2022.
2. Баранова, Е. В. Научно-практический журнал как территория смыслов / Е. В. Баранова // Государственная служба. — 2021. — № 3. — С. 65–72.
3. 1993 год: как прожили — что имеем: Госкомстат сообщает // Нар. газ. — 1994. — 8 февр.
4. Бюлетэнь № 34. Трынаццатая сесія Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь дванадцатага склікання: стэнагр. справаздача. — Мінск: Сакратарыят Вярхоўнага Савета Рэспублікі Беларусь, 1993.
5. Баранова, Е. Дождливая осень, по прогнозам социологов, должна обойтись без политических потрясений / Е. Баранова // Советская Белоруссия. — 1997. — 2 окт.
6. Пушкин, А. Л. Профессионально-трудовая мобильность в белорусском обществе / А. Л. Пушкин // Социальные и социокультурные процессы в современной Беларуси: социол. анализ: сб. науч. тр. — Минск, 2004. — Вып. 5. — С. 145–152.
7. Статистический ежегодник. Республика Беларусь: стат. сб. 2018 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь [редкол.: И. В. Медведева (пред.) и др.]. — Минск: Нац. стат. ком. РБ, 2018. — 489 с.
8. Статистический ежегодник. Республика Беларусь: стат. сб. 2020 / Нац. стат. ком. Респ. Беларусь; [редкол.: И. В. Медведева (пред.) и др.]. — Минск: Нац. стат. ком. РБ, 2020. — 436 с.
9. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2001–2005 годы [Электронный ресурс]: [утв. Указом Президента Респ. Беларусь от 8 авг. 2001 г., № 427] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=U32030000>. — Дата доступа: 26.02.2021.

10. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2011–2015 годы [Электронный ресурс]: [утв. Указом Президента Респ. Беларусь от 11 апр. 2011 г. № 136] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=P31100136>. — Дата доступа: 09.02.2021.

11. Программа социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс]: [утв. Указом Президента Респ. Беларусь от 29 июля 2021 г. № 292] // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. — Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=P32100292&p1=1>. — Дата доступа: 12.12.2021.

12. Лукашенко: какие бы мы ни ставили цели, главным ориентиром остаются люди // БЕЛТА. — 2021. — 11 февр. — Режим доступа: www.belta.by/president/view/lukashenko-kakie-by-my-ni-stavili-tseli-glavnyum-orientirom-ostajutsja-ljudi-428148-2021. — Дата доступа: 12.05.2021.

13. Единство. Развитие. Независимость: по материалам VI Всебелорусского народного собрания. — Минск: Белорус. дом печати, 2021. — 111 с.

14. Андрейченко, В. П. Ресурс диалога и объединения усилий / В. П. Андрейченко // Проблемы управления. — 2017. — № 1. — С. 4–6.

УДК 623.437.4

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ К ВОЕННОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКЕ

FORECASTING THE NEED FOR SPARE PARTS FOR MILITARY VEHICLES

И. В. Михейчик,

научный сотрудник Научно-исследовательского института Вооруженных Сил Республики Беларусь, канд. техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

А. Н. Гуринович,

начальник управления Научно-исследовательского института Вооруженных Сил Республики Беларусь, канд. техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

I. Mikheichik,

Researcher of the Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus, Candidate of Technical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

A. Gurinovich,

Head of Department of the Research Institute of the Armed Forces of the Republic of Belarus, Candidate of Technical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в печать — 23.03.2022.

В целях прогнозирования потребности в деталях для текущего ремонта автомобилей, а также выявления закономерностей возникновения отказов отечественных машин при их использовании в настоящей статье излагается последовательность проведения статистического анализа на примере отказов автомобилей МАЗ, состоящих на снабжении Вооруженных Сил.

In order to predict the need for parts for the current repair of cars, as well as to identify patterns of occurrence of failures of domestic machines when using them, this article describes the sequence of statistical analysis on the example of failures of MAZ vehicles that supply the Armed Forces.

Ключевые слова: статистический анализ, автомобиль, запасные части, прогнозирование, исследование.

Keywords: statistical analysis, automobile, spare parts, forecasting, research.

Военная автомобильная техника (ВАТ) является неотъемлемым элементом системы вооружения, основой обеспечения тактической и оперативной подвижности подразделений

и воинских частей. Современный автомобиль состоит из множества деталей, узлов и механизмов, которые имеют принципиальные конструктивные отличия и обладают различным уровнем надежности. Для определения потребности автомобилей в деталях для текущего ремонта (ТР), а также выявления закономерностей возникновения отказов отечественных машин при их использовании в Вооруженных Силах выполнен статистический анализ отказов автомобилей семейства МАЗ за 2017–2019 гг. Для этого с использованием методов статистического анализа были решены следующие задачи:

- сбор статистических данных по отказам автомобилей МАЗ;
- определение характеристик эмпирического распределения;
- определение доверительных вероятностей и доверительных интервалов в выборке;
- проверка правдоподобия принятой гипотезы.

Прогнозирование потребности в запасных частях выполнено в последовательности, представленной на рис. 1 [1, 2].



Рис. 1. Алгоритм статистического анализа отказов автомобилей МАЗ

Используя предложенный алгоритм, выполнялось статистическое исследование отказов на автомобилях МАЗ в ходе их эксплуатации в Вооруженных Силах. Информация по отказам автомобилей МАЗ собрана и систематизирована на основании отчетных документов об эксплуатации ВАТ, еженедельно поступающих в автомобильное управление Министерства обороны Республики Беларусь, а также заявок на истребование необходимых запасных частей. В ходе наблюдений за отказами учитывалось подразделение (где произошел отказ), марка автомобиля, регистрационный номер, год выпуска, пробег с начала эксплуатации, время наступления отказа, время начала и завершения ремонта. Выборка об отказах получена из 63 воинских частей и подразделений.

В данной статье рассматриваются только эксплуатационные отказы (возникшие по причинам, связанным с нарушением установленных правил и (или) условий эксплуатации). Анализ информации об отказах показал, что у каждой модели в условиях эксплуатации в Вооруженных Силах при фиксированной наработке (от 5 до 8 тыс. км в год) есть некоторое число деталей, чаще других выходящих из строя и оказывающих существенное влияние на выпол-

нение автомобилем задач по предназначению. В некоторых случаях данные отказы приводили к переходу автомобиля в неработоспособное состояние. Назовем такие детали «критическими» по надежности. При этом на 15–18 тыс. деталей, из которых состоит автомобиль, 3–4 тыс. имеют сроки службы меньше, чем сам автомобиль, но только 400 деталей являются критическими по надежности [2, 3].

Для формирования перечня критических деталей проанализированы данные о времени нахождения автомобиля в состоянии ТР. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Среднее время ТР автомобилей МАЗ за 2017–2019 гг.

Модель МАЗ	Среднее время ТР за год, дней
5316	9
6317	11
6425	12
Среднее значение	11

Установлено, что в среднем любой автомобиль, независимо от модели, более 10 дней в году может находиться в неисправном состоянии. Такое значительное время простоя рассмотренных автомобилей в первую очередь объясняется отсутствием в ремонтном органе необходимой запасной части.

Для удобства анализа все критические детали сгруппированы в четыре группы неисправностей:

- двигатель;
- трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления;
- кузов, другие системы автомобиля;
- электрооборудование.

По результатам анализа выявленных неисправностей установлена закономерность распределения отказов автомобилей семейства МАЗ, заключающаяся в том, что на 20 % деталей, узлов, механизмов и агрегатов приходится около 70 % всех неисправностей. Выявленная закономерность отвечает правилу Парето (80/20). На рис. 2 представлен фрагмент гистограммы «критических» отказов на автомобилях МАЗ за 2017–2019 гг.

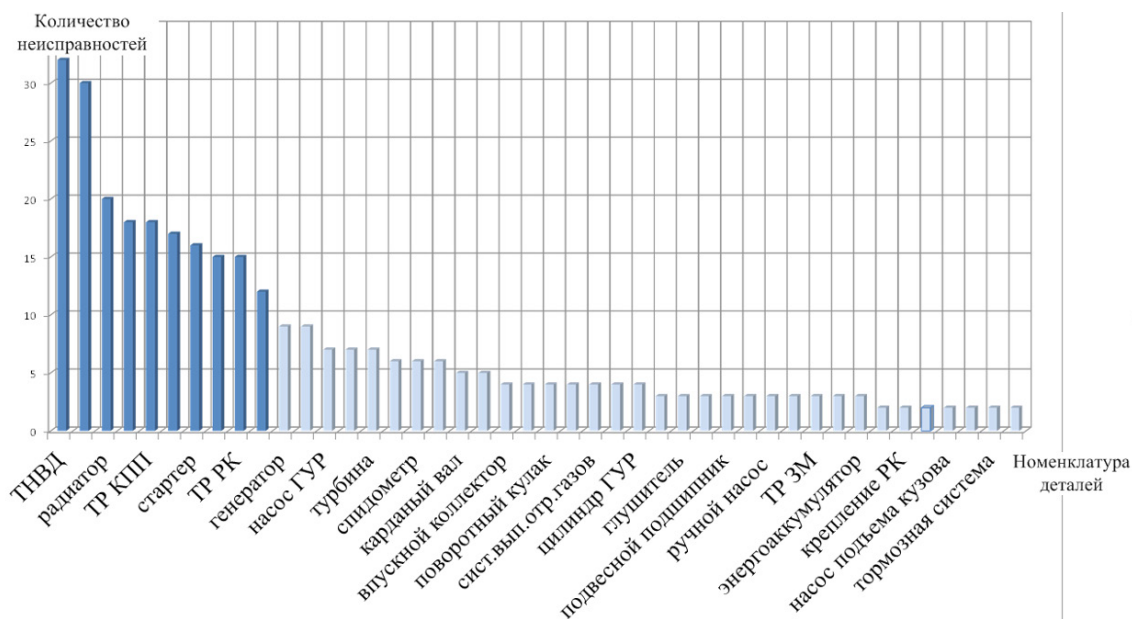


Рис. 2. Фрагмент гистограммы «критических» отказов на автомобилях МАЗ за 2017–2019 гг.

При оценке надежности автомобиля (агрегата) в целом необходимый объем выборки принимают равным 30–100 объектам наблюдений [3, 7]. В [1] исследование выполнено по наиболее востребованным и многочисленным моделям автомобилей марки МАЗ (5316, 6317, 6425), эксплуатируемым в Вооруженных Силах. Их общее количество по состоянию на 1 января 2020 г. составляет более 1000 единиц, что полностью удовлетворяет требуемым условиям.

После определения необходимого объема выборки выполняется проверка правдоподобия принятой гипотезы о подчинении распределения отказов теоретическому закону распределения. В данной статье она выполняется на примере группы «Трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления» (см. далее табл. 4). В целях проверки полученную статистику отказов «критических» деталей распределяют по 7 интервалам [5, 6].

Величина интервала группирования определяется по формуле [5, 6]:

$$\Delta X = \frac{X_{\max} - X_{\min}}{7}, \tag{1}$$

где X_{\max} и X_{\min} — соответственно наибольшее и наименьшее значения интенсивности критических отказов X в выборке.

По формуле (6) определяют величину интервала группирования $\Delta X = \frac{14 - 0}{7} = 2$.

Полученные данные могут быть представлены в табличном виде (табл. 2) и в виде графика (рис. 3).

Таблица 2

Данные о критических отказах

Номер интервала	Граница интервала $[L_i - L_{i+1})$	Середина интервалов	Наблюдаемая частота попадания f_0
1	[0 — 2)	1	1
2	[2 — 4)	3	2
3	[4 — 6)	5	6
4	[6 — 8)	7	6
5	[8 — 10)	9	7
6	[10 — 12)	11	4
7	[12 — 14]	13	2

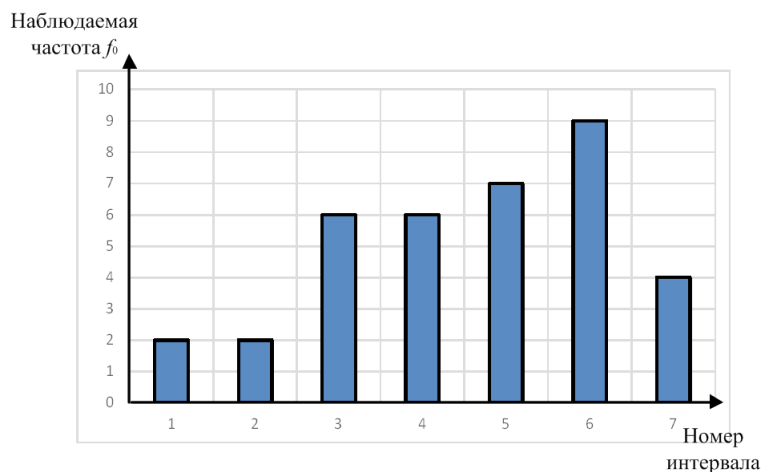


Рис. 3. Частота попадания случайной величины в эквидистантные интервалы для группы «Трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления»

Проверку правдоподобия принятой гипотезы, т. е. степени согласия экспериментальных данных и аппроксимирующего их теоретического закона, выполняют с использованием критерия согласия Пирсона χ^2 в несколько этапов [7]:

- выдвигается гипотеза о распределении вероятностей на основе статистических данных;
- выдвигается гипотеза о параметрах выбранного закона распределения вероятностей (например, о ее математическом ожидании) и проводится их оценка;
- на основе теоретического распределения определяется теоретическая вероятность, соответствующая каждой категории;
- для проверки согласованности данных и распределения применяется тестовая χ^2 -статистика.

Так как количество отказов представляет собой число событий, произошедших за определенное время с некоторой средней интенсивностью и при этом они независимы друг от друга, выдвигается гипотеза о соответствии их распределения закону Пуассона [6]:

$$P(k) = \frac{a^k}{k!} e^{-a}, \quad (2)$$

где $P(k)$ — вероятность отказа k деталей;

a — средний расход запасных частей за планируемый период;

k — количество отказов.

Чтобы определить, имеет ли количество критических отказов распределение Пуассона, формулируются две гипотезы — нулевая и альтернативная:

- H_0 — количество отказов подчиняется распределению Пуассона;
- H_1 — количество отказов не подчиняется распределению Пуассона.

При проверке правдоподобия принятой гипотезы с использованием критерия согласия Пирсона χ^2 должно выполняться неравенство:

$$P_{\text{крит}} > P_{\text{расч}}, \quad (3)$$

где $P_{\text{крит}} = P(\chi^2; K)$ — критическое значение χ^2 в зависимости от числа степеней свободы K и величины χ^2 ;

$P_{\text{расч}}$ — тестовая χ^2 статистика.

Если выполняется неравенство (3), то гипотеза о соответствии экспериментальных данных принятому теоретическому закону не опровергается. В противном случае следует подобрать другой теоретический закон или увеличить объем исходной информации, и расчет провести повторно.

Величина критерия согласия Пирсона χ^2 определяется по формуле [5, 6]:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(f_0 - f_e)^2}{f_e}, \quad (4)$$

где f_0 — наблюдаемая частота;

f_e — теоретическая, или ожидаемая частота.

Теоретическая частота попадания в интервалы определяется по формуле:

$$f_e = P(X)n, \quad (5)$$

где $P(X)$ — значения плотности вероятности закона Пуассона;
 n — общее число интервалов.

Число степеней свободы определяется по формуле:

$$\chi = (K - 3), \tag{6}$$

где K — число эквидистантных интервалов.

Распределение Пуассона имеет один параметр — математическое ожидание. В нулевую и альтернативную гипотезу включаем оценку среднего количества попаданий в интервалы X . Величину \bar{X} определяем по формуле:

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k X_i m_i, \tag{7}$$

где \bar{X} — среднее арифметическое количества отказов;
 X_i — центр i -го интервала;
 m_i — частота, соответствующая i -му интервалу;
 k — количество интервалов;
 n — объем выборки исследования.

Тогда по формуле (7) среднее значение $\bar{X} = 7,38$.

Для проверки гипотезы рассчитывается критерий согласия Пирсона χ^2 по формуле (4). Для этого вычисляются вероятность $P(X)$ при $\bar{X} = 7,38$ и теоретическую частоту попадания в интервалы f_e . Результаты расчетов сведены в табл. 3.

Таблица 3

Фактические и теоретические частоты попадания в интервалы

Номер интервала	Середина интервалов	Частота попадания в интервалы f_0	Вероятность $P(X)$ при $\bar{X} = 7,38$	Теоретическая частота попадания в интервалы f_e
1	1	2	0,028	1,02 \approx 1
2	3	2	0,173	6,23 \approx 6
3	5	6	0,261	9,41 \approx 9
4	7	6	0,274	9,89 \approx 10
5	9	7	0,139	5,01 \approx 5
6	11	9	0,228	8,23 \approx 8
7	13	4	0,140	5,06 \approx 5

Согласно [5, 6] табличное значение $\chi^2(1 - 0,05; 4) = 9.48$ — с четырьмя степенями свободы и уровнем значимости 0,05. Решающее правило формулируется следующим образом: гипотеза H_0 отклоняется, если $\chi^2 > 9.48$, в противном случае гипотеза H_0 не отклоняется.

Величина критерия согласия Пирсона χ^2 определяется по формуле (4) и равна $\chi^2 = 7,9$.

Так как неравенство $\chi^2 = 7,9 < 9.48$ выполняется, то по критерию согласия χ^2 Пирсона при уровне значимости $\alpha = 0,05$ гипотеза о соответствии данных принятому теоретическому закону не опровергается.

В целях обеспечения заданной точности прогнозирования потребности в запасных частях выполняется обоснование доверительной вероятности и доверительного интервала количества отказов. Для расчета доверительного интервала значения математического ожидания количества критических отказов на автомобилях МАЗ, эксплуатируемых в Вооруженных Силах, применена методика, представленная в [5].

Методика позволяет рассчитать точные значения доверительного интервала для оценки математического ожидания [5, 6]. Применение данной методики рассматривается на примере «критических» отказов на автомобилях МАЗ в 2017–2019 гг. (табл. 4). Расчеты выполнены на примере группы неисправностей «Трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления», так как в результате наблюдений по данной группе получено наибольшее количество статистических данных об отказах. В ходе наблюдений за отказами на автомобилях МАЗ получено 36 измерений, которые представлены в табл. 4.

Таблица 4

Количество критических отказов группе неисправностей за 2017–2019 гг.

Система	Итого	Месяц												Год
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Трансмиссия, подвеска, ходовая часть, механизмы управления, шт./месяц	274	8	9	6	8	11	11	4	7	10	5	4	12	2017
		14	12	10	8	4	6	10	6	6	13	10	4	2018
		8	9	11	8	11	5	7	11	2	1	3	0	2019

Доверительный интервал для оценки математического ожидания количества отказов рассчитывается в следующей последовательности [5, 7].

1. Выдвигается гипотеза, что случайная величина X распределена по закону Пуассона.
2. По выборке, приведенной в табл. 4, определяются точечные оценки математического ожидания \hat{M}_X и дисперсии \hat{D}_X количества отказов X по формулам:

$$\hat{M}_X = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i = \frac{1}{36} \sum_{i=1}^{36} X_i = 7,63, \quad (8)$$

где X — случайная величина (количество отказов);

\hat{M}_X — математическое ожидание;

N — общее число отказов;

$$\hat{D}_X = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \hat{M}_X)^2 = \frac{1}{35} \sum_{i=1}^N (X_i - 7,63)^2 = 11,72, \quad (9)$$

где \hat{D}_X — дисперсия.

3. Рассчитывается среднеквадратическое отклонение (СКО) точечной оценки \hat{M}_X по формулам:

$$\sigma_{\hat{M}} = \sqrt{\frac{\hat{D}_X}{N}} = \sqrt{\frac{11,72}{36}} = 0,57, \quad (10)$$

$$\varepsilon_M = t_{\beta} \sigma_{\hat{M}}, \quad (11)$$

где ε_M — абсолютная погрешность.

6. Определяют интервальную оценку \hat{M}_X :

$$I_M = (\hat{M}_X - \varepsilon_M; \hat{M}_X + \varepsilon_M), \quad (12)$$

где I_M — интервальная оценка математического ожидания.

Результаты расчетов для различных значений доверительных вероятностей β представлены в табл. 5.

Таблица 5

Результаты расчетов для различных значений доверительных вероятностей

β	t_{β}	ϵ_M	I_M	Значение интервальной оценки M_X
0,8	1,306	0,74	$\pm 0,74$	(6,88; 8,37)
0,9	1,689	0,96	$\pm 0,96$	(6,66; 8,59)
0,95	2,030	1,15	$\pm 1,15$	(6,47; 8,78)
0,99	2,723	1,55	$\pm 1,55$	(6,07; 9,18)

Анализ данных табл. 5 позволяет сделать содержательные выводы о потребности в запасных частях, так как получены не точечные, а интервальные оценки количества отказов. Так, при объеме выборки $N = 36$ с доверительной вероятностью 0,8 значение симметричного доверительного интервала составляет $\pm 0,74$, а оценка математического ожидания потребности в запасных частях (количество отказов X) будет находиться в диапазоне от 6,88 до 8,37 (т. е. $M_X = 7,63 \pm 0,74$). При увеличении уровня доверия до 0,99 значение доверительного интервала увеличивается примерно в два раза, а оценка математического ожидания располагается в пределах от 6,07 до 9,18 (т. е. $M_X = 7,63 \pm 1,55$).

Полученные результаты рекомендуется применять при определении потребности в запасных частях с учетом их востребованности ремонтными органами. Например, для запасных частей, имеющих высокую стоимость (двигатель, коробка передач и т. п.), использовать уровень доверия 0,8. Это позволит снизить суммарную стоимость закупаемых запчастей. Для наиболее востребованных деталей целесообразно применять уровень доверия 0,99, что позволит гарантированно обеспечить ремонтные органы такими запасными частями.

Таким образом, в статье изложен алгоритм проведения статистического анализа отказов автомобилей МАЗ, их агрегатов, узлов, систем. По результатам статистического анализа отказов автомобилей МАЗ установлена закономерность их распределения, отвечающая правилу Парето (80/20). Определены доверительная вероятность и доверительные интервалы в выборке «отказы на автомобилях МАЗ». Выполнена проверка правдоподобия принятой гипотезы о соответствии распределения отказов закону Пуассона.

Результаты выполненного исследования характеризуются широкой областью применения в Вооруженных Силах и других воинских формированиях для обоснования требуемого количества запасных частей для ВАТ на различных уровнях системы ремонта. Применение обоснованного прогноза потребности в запасных частях позволит:

- сократить время восстановления ВАТ Вооруженных Сил и повысить уровень боевой готовности автомобильного парка путем своевременного и полного обеспечения ремонтных органов соответствующими запасными частями;
- обоснованно и с высоким качеством планировать количество запасных частей для выполнения работ по ТР.

Литература:

1. Михейчик, И. В. Обоснование ремонтных комплектов запасных частей для автомобилей производства Республики Беларусь: дис. ... канд. техн. наук: 20.02.17 / И. В. Михейчик. — Минск, 2021. — 163 л.
2. Павлишин, С. Г. Статистический метод исследования надежности в задачах автомобильного транспорта: методические указания к выполнению практической работы / С. Г. Павлишин [и др.]. — Хабаровск: Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2012. — 28 с.

3. Крамаренко, Г. В. Техническая эксплуатация автомобилей: учеб. для вузов / Г. В. Крамаренко [и др.]. — 2-е изд., перераб. и дополн. — М.: Транспорт, 1983. — 488 с.
4. Острейковский, В. А. Теория надежности / В. А. Острейковский. — М.: Высш. шк., 2003. — 463 с.
5. Косачев, И. М. Методики расчета показателей достоверности и точности оцениваемых тактико-технических характеристик вооружения, военной и специальной техники / И. М. Косачев, Д. С. Нефедов // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. — 2015. — № 1 (46). — С. 107–134.
6. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. — Изд. 10. — М.: Изд. центр «Академия», 2005. — 576 с.
7. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. — М.: Высш. шк., 2003. — 479 с.

УДК 656.13.05

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

INCREASING THE EFFICIENCY OF PASSENGER ROUTE TRANSPORT ENTERPRISES WORK IN MODERN CONDITIONS

С. С. Семченков,

старший преподаватель кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, магистр, г. Минск, Республика Беларусь

Д. В. Капский,

декан автотракторного факультета, профессор кафедры «Транспортные системы и технологии» Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

S. Semtchenkov,

Senior Lecturer of the Department “Transport Systems and Technologies”, Master, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

D. Kapski,

Dean of the Faculty of Automotive Engineering, Professor of the Department “Transport Systems and Technologies”, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Belarusian National Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в печать — 23.03.2022.

В настоящей статье рассмотрены некоторые вопросы повышения эффективности систем маршрутного пассажирского транспорта с точки зрения организации процесса перевозок, учета особенностей различных видов транспорта. Выявлены основные направления исследований, направленных на повышение эффективности, изложены предпосылки, условия и подробно рассмотрены некоторые методы, методики и алгоритмы, предназначенные для реализации отдельных предложений.

This article discusses some issues of improving the efficiency of route passenger transport systems from the point of view of the organization of the transportation process, taking into account the characteristics of various modes of transport. The main directions of research aimed at improving efficiency are identified, the prerequisites, conditions are outlined and some methods, techniques and algorithms designed to implement individual proposals are considered in detail.

Ключевые слова: маршрутный пассажирский транспорт, организация перевозок, эксплуатационная работа, маршрутные транспортные средства, график работ, секторальный метод, повышение эффективности работы, снижение непроизводственных затрат.

Key words: route passenger transport, organization of transportation, operational work, route vehicles, work schedule, sectoral method, increase of work efficiency, reduction of non-production costs.

Введение.

Наземный маршрутный пассажирский транспорт (МПТ) обеспечивает основные перемещения населения в большинстве городов страны и имеет большое социальное значение. Велика роль МПТ в экономическом развитии городов, улучшении экологической обстановки, сокращении истощения природных ресурсов, повышении безопасности участников дорожного движения, обеспечении мобильности населения и выведении ее на качественно новый уровень состоящий в устойчивой мобильности. В данном контексте перевозки пассажиров маршрутными транспортными средствами (МТС) становятся все более востребованными, особенно в больших городах. Для перевозок пассажиров в масштабах страны задействовано 7147 транспортных средств (ТС) МПТ. В 2019 г. ТС МПТ, выполняющими перевозки пассажиров в Беларуси, было перевезено 1376,2 млн пассажиров со средней дальностью поездки 4,71 км [1, 2].

Рассмотрению вопроса эффективности МПТ (ЭМПТ) с точки зрения организации процесса перевозок в различные периоды развития науки, экономики и общества посвящались работы В. Ф. Веклича, А. В. Вельможина, В. А. Гудкова, В. К. Доли, И. С. Ефремова, А. Х. Зильберталя, О. Н. Ларина, Н. В. Правдина, В. Н. Седюкевича, И. В. Спирина и др.

В современных исследованиях установлено, что затраты эксплуатационных предприятий маршрутного пассажирского транспорта (ПМПТ) на перевозку одного пассажира являются не только стоимостным выражением понесенных ПМПТ расходов (и могут быть рассчитаны на основе отчетных данных), но и, определяя степень эффективности процесса перевозок пассажиров, позволяют на основе выявленных зависимостей успешно управлять ПМПТ. Так, В. Н. Седюкевичем показано, что удельные затраты ПМПТ на 1 км пробега ТС, средняя дальность поездки пассажира, пассажировместимость используемых ТС и коэффициент ее использования во многом определяют ЭМПТ. В своих работах В. Н. Седюкевич также отмечает, что важнейшим показателем эффективности при выполнении перевозок пассажиров МПТ является удельная себестоимость перевозок на единицу транспортной работы [3].

Следует отметить, что повышение ЭМПТ (снижение уровня затрат ПМПТ) особенно важно, так как все ПМПТ имеют дотационную составляющую, а сэкономленные бюджетные средства (за счет уменьшения дотационных выплат) можно перераспределить и направить в том числе на улучшение транспортного обслуживания населения, приобретение новых ТС, внедрение инновационных решений и т. д.

Анализ исследований показывает, что наиболее изученными и хорошо разработанными аспектами в направлении оптимизации являются решения проблем выбора оптимальной пассажировместимости, в том числе работы, посвященные выбору этого параметра на основе баланса выгод и затрат [4]. Отдельные работы посвящены выбору видов ТС на основе учета экономических издержек (и не учитывают технические аспекты).

В настоящее время остаются недостаточно разработанными многие аспекты, касающиеся выявления скрытых резервов в переменной (затраты на топливо, электрическую энергию, смазочные и прочие эксплуатационные материалы, техническое обслуживание и ремонт, восстановление и ремонт шин и колесных пар, амортизационные отчисления на капитальный ремонт) и постоянных (основная и дополнительная заработная плата с отчислениями, накладные и прочие расходы) составляющих затратах ПМПТ, крайне мало изучены проблемы дифференцированного, учитывающего особенности организации перевозок различными видами МПТ, подхода к оптимизации удельных затрат ПМПТ на основе планирования и организации работы водителей МПТ.

Стоит также отметить, что, начиная с 2017 г., в Беларуси начали широко использоваться новые инновационные виды МПТ (электробусы Opportunity Charging — OC, Overnight Charging — ONC, троллейбусы In Motion Charging — IMC), значительно отличающиеся своими характеристиками, влияющими на ЭМПТ [5].

Выявление основных направлений исследований, направленных на повышение ЭМПТ.

Тенденции развития и обзор показателей работы ПМПТ, отдельные изучения методов организации их эксплуатационной работы свидетельствуют о необходимости реформирования как отдельных участков работы, так и направлений работы ПМПТ в целом. Анализируя расходы ПМПТ, можно выделить возможные направления работ, направленных на повышение ЭМПТ, которые схематично представлены на рис. 1.

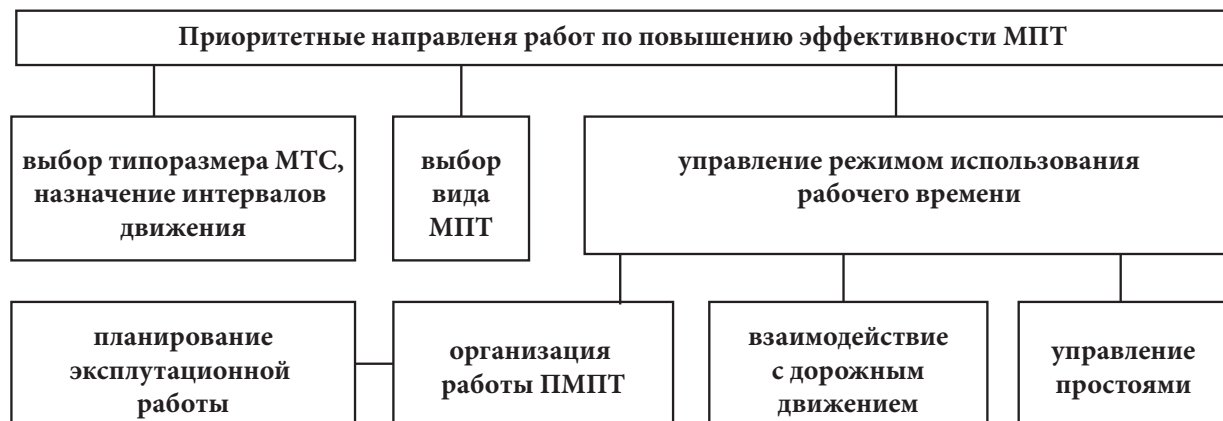


Рис. 1. Возможные направления работ по повышению ЭМПТ

Предлагается подойти к проблематике повышения ЭМПТ в части вопросов снижения переменной и постоянной составляющих затрат. Принимая во внимание, что ПМПТ работают на уже сформированной маршрутной сети по доведенным до них расписаниям движения, отдельный интерес представляют вопросы выбора вида МПТ для эффективного обслуживания определенного маршрута и вопросы управления режимом использования рабочего времени водителей (следует учитывать, что доля заработной платы водителей в расходах ПМПТ составляет 30–50 %) [6].

Для выявления предпосылок и предварительной оценки целесообразности повышения ЭМПТ посредством управления режимом использования рабочего времени водителей (РИРВ) были определены следующие направления для проработки.

1. Организация работы ПМПТ, планирование эксплуатационной работы ПМПТ.

1.1. Снижение непроизводительных (непродуктивных) затрат, ассоциированных с оплатой сверхурочных работ для отдельных водителей при неполном использовании фонда рабочего времени других водителей.

Предпосылки и обстоятельства: анализ результатов работы пяти ПМПТ за трехлетний период показал, что в каждом учетном периоде отмечались случаи, когда некоторые водители имели фактическую продолжительность рабочего времени за месяц, превышающую месячную норму рабочего времени, определенную по производственному календарю. Данное превышение, также называемое на практике переработкой, в соответствии с трудовым законодательством признается сверхурочными работами и оплачивается данным водителям в повышенном размере [6] (оплата в повышенном размере в данном случае является непроизводительными затратами ПМПТ), при том что в эти же учетные периоды другие водители имели недоработки. В отношении «сверхурочных» стоит отметить, что принимались во внимание только те сверхурочные работы, которые не были связаны с дефицитом водителей или другими случайными факторами. При анализе графиков работ водителей было отмечено, что в соответствии с принятой системой работы водители закрепляются за определенными маршрутами, на которых работают постоянно в течение длительного периода времени. В результате сопоставления графиков работ, таблиц учета рабочего времени и результатов работы ПМПТ были выделены характерные группы водителей, постоянно работающие на определенных маршрутах, имеющие по итогам учетного периода переработку, и характерные

группы водителей, постоянно работающие на других определенных маршрутах, имеющие недоработку. Проведенное исследование для установления связи непроизводственных затрат ПМПТ на оплату сверхурочного времени водителей с режимами работы маршрутов, выявило значительную неоднородность последних.

Предварительный вывод: необходим метод, который позволит устранить описанную проблему, повысить ЭМПТ, снизив названные непроизводственные затраты.

1.2. Повышение качества проектирования режима труда и отдыха водителей.

Предпосылки и обстоятельства: изучение методов и технологий организации эксплуатационной работы ПМПТ показало, что в отдельных случаях часть работы по проектированию режима труда и отдыха водителей выполняется без применения средств автоматизации, в принятии решений большую роль играет человеческий фактор, возможны ошибки и неточности при соблюдении всех необходимых норм, что в целом влияет на качество организации работы и непосредственно качества работы самих водителей. Следует отметить, что в части установления качества работы водителей большую роль может играть субъективный фактор, для объективизации же этих оценок должны использоваться какие-то однозначно определяемые и измеряемые параметры [7].

Предварительный вывод: для соблюдения всех необходимых требований и норм, а также поддержания психофизиологических характеристик водителей на необходимом уровне, исключения усталости и работы в состоянии переутомления предлагается разработка системы автоматизированного проектирования (САПР).

1.3. Снижение непроизводственных (непродуктивных) затрат, ассоциированных с оплатой сверхурочных работ для водителей, привлекаемых к работе для компенсации неравномерности распределения водителей по сменам и числам месяца.

Предпосылки и обстоятельства: анализ результатов работы пяти ПМПТ за трехлетний период показал, что в каждом учетном периоде отмечались случаи, когда на этапе среднесрочного планирования (на месячный период) в отдельные календарные дни месяца наблюдался дефицит или профицит водителей (число водителей, предусмотренных для работы в данный день недостаточно или превышало число водителей, необходимых для организации выпуска ТС на линию, с учетом коэффициента невыходов).

Установлено, что этому способствовало несколько причин: интерференция шаблонов графиков работ водителей, закрепленных за ТС, неравномерность, заложенная при планировании и при предоставлении отпусков, компенсация дефицита водителей, сложившегося при несоответствии штатной численности реальному положению дел. В целом можно сказать, что для обеспечения выпуска ТС на линию решается три задачи: задача определения штатной численности, задача обеспечения полной занятости водителей в течение установленного учетного периода (с учетом месячных норм времени, установленных производственным календарем) с одновременным исключением сверхурочного рабочего времени и недопущения привлечения водителей к работе в выходные дни, задача организации перевозок пассажиров в части осуществления бесперебойного выпуска ТС на линию путем ежедневного и ежесменного обеспечения подвижного состава нужным числом водителей.

Для определения штатной численности водителей ПМПТ применяется методика, изложенная в отраслевых методических рекомендациях (утверждены 14.01.2019 заместителем Министра транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, далее — методические рекомендации). Методические рекомендации предлагают методику и устанавливают нормы, по которым определяется явочная численность работников, а также способ определения штатной численности путем умножения явочной численности на переводной коэффициент, также нормированный для различных категорий работников. Анализируя методику, предложенную методическими рекомендациями, следует обратить внимание на то, что для определения явочного числа водителей используется фонд рабочего времени и расчетная норма рабочего времени на год (по производственному календарю). Для определения штатной численности используется переводной коэффициент, установленный, например, для водителей

троллейбуса, как $1 + K = 1 + 0,15 = 1,15$. Стоит отметить, что в составляющую $K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 = 0,15$ данного повышающего коэффициента входят:

- составляющая K_1 трудового отпуска продолжительностью 39 дней (а именно $K_1 = 0,11$);
- составляющая K_2 , включающая в себя ежегодные занятия по повышению профессионального мастерства водителей 1 день, занятия по подготовке водителей к работе в осенне-зимний период с проверкой знаний правил технической эксплуатации 0,5 дня, квартальные инструктажи (инструктивные совещания) с водителями 0,8 дней, время для прохождения обязательного медицинского переосвидетельствования водителей и медицинского осмотра работающих 1 день (в сумме $K_2 = 0,012$);
- составляющая K_3 , включающая в себя донорские дни, дни свободные от работы (т. н. «дни матери»), дни выполнения гособязанностей, другие освобождения от основной работы (в сумме $K_3 = 0,008$);
- составляющая K_4 , включающая в себя продолжительность отсутствий, приходящихся на время временной нетрудоспособности («больничные листы») на которую приходится $K_4 = 0,15 - 0,11 - 0,012 - 0,008 = 0,02$, что в абсолютном выражении для 2021 г. составляет ≈ 40 ч на одного водителя в год или $3\frac{1}{3}$ ч в месяц на одного водителя (справочно: по результатам ноября 2021 г. для одного из анализируемых ПМППТ на одного водителя пришлось более 16 ч часов временной нетрудоспособности, последнее также косвенно указывает на то, что предложенный методическими рекомендациями порядок определения штатной численности не преследовал цели полного исключения сверхурочных работ и недопущения привлечения водителей к работе в выходные дни).

Для решения задач обеспечения полной занятости водителей в течение установленного учетного периода с одновременной минимизацией сверхурочного рабочего времени и недопущения привлечения водителей к работе в выходные дни и задачи организации пассажирских перевозок в части осуществления бесперебойного выпуска МТС на линию путем ежедневного и ежесменного обеспечения подвижного состава нужным числом водителей необходима разработка отдельных методик, основывающихся на организации работы водителей и распределении производственной нагрузки; рационализации составления графика отпусков водителей и контроля его соблюдения; оперативном учете и систематическом (постоянном) статистическом анализе складывающейся ситуации и выявлении тенденций, заключающихся, в том числе, в нахождении оптимума между непроизводственными затратами на дополнительную оплату сверхурочного времени («с выходных») и затратами на оплату резерва (а фактически простоя) незадействованных водителей.

Предварительный вывод: необходима разработка универсального алгоритма комплектования спроектированных секторов водителями и методики среднесрочного и долгосрочного планирования эксплуатационной работы ПМППТ.

2. Управление простоями.

2.1. Оптимизация запланированных простоев.

Предпосылки и обстоятельства: маршрутная технология обслуживания пассажиров предусматривает работу МТС по проложенным маршрутам в соответствии с установленным расписанием движения. Интервалы движения МТС на маршрутах выбираются таким образом, чтобы обеспечить перевозки пассажиров (с учетом суточной неравномерности) с учетом пассажироместимости ТС и конфигурации маршрутов. Полное время оборота $t_{об}$ (ч) на маршруте состоит из времени $t_{окА}$ (ч) стоянки на конечной станции А, времени движения $t_{АБ}$ (ч) от станции А к станции Б, времени $t_{окБ}$ (ч) стоянки на конечной станции Б, времени движения $t_{БА}$ (ч) от станции Б к станции А и выражается зависимостью (1):

$$t_{об} = t_{окА} + t_{АБ} + t_{окБ} + t_{БА}. \quad (1)$$

Стоит отметить, что в общем случае время стоянок $t_{окА}$ и $t_{окБ}$ не может быть менее минимального времени, необходимо для санитарно-бытовых нужд водителя. В современных условиях данное время также целесообразно принимать не менее времени, необходимого для компенсации возможного опоздания по прибытию, в целях отправления МТС в следующий рейс по расписанию. В то же время новые виды МПТ также внесли свои ограничения, и, например, для электробусов ОС минимальное время стоянок $t_{окА}$ и $t_{окБ}$ определяется временем, необходимым на выполнение зарядки бортовых накопителей энергии (для моделей АКСМ-Е321, АКСМ-Е433 составляет 9 мин, для модели АКСМ-Е321 «Ольгерд» составляет 30 мин). В то же время необоснованное увеличение времени стоянок $t_{окА}$ и $t_{окБ}$ для обеспечения назначенных интервалов движения приводит к снижению средней эксплуатационной скорости и росту непроизводственных затрат [7].

Предварительный вывод: необходима разработка методики, которая будет обеспечивать оптимизацию запланированных простоев путем подбора вида МПТ, комбинации маршрутов обслуживания, совмещения схожих маршрутов.

2.2. Управление незапланированными простоями.

Предпосылки и обстоятельства: анализ результатов работы ПМПТ показывает, что большинство простоев МТС происходит по причинам, не связанным с ПМПТ, особенно остро эта проблема стоит для рельсового МПТ. Более того, большие потери несут ПМПТ при групповых простоях (задержках движения, при которых остановка движения одного МТС делает невозможным движение других МТС). При этом наибольшее время простоя в случаях с дорожно-транспортными происшествиями (ДТП) без пострадавших приходится не на ликвидацию последствий задержек движения, а на оформление ДТП.

Предварительный вывод: необходима проработка вопроса создания службы аварийных комиссаров (службы аварийный ревизоров) при ПМПТ, которая будет наделена соответствующими полномочиями оказывать помощь государственной автомобильной инспекции в оформлении ДТП, что сократит время простоев МТС.

3. Взаимодействие с дорожным движением.

Предпосылки и обстоятельства: обследование условий движения на маршрутной сети г. Минска показало, что в определенных случаях наблюдаются проблемы взаимодействия схем организации дорожного движения и инфраструктуры, необходимой для работы МТС. Это приводит к возникновению краткосрочных «простоев» и «промедлений», связанных с ожиданием возможности дальнейшего движения при условии обеспечения безопасности дорожного движения, необходимостью отступления от требований дорожных знаков и разметки, отсутствии права преимущественного движения и т. д. [7].

Предварительный вывод: необходимо детальное изучение особенностей взаимодействия МТС всех видов МПТ с организацией дорожного движения и выработка концепции и рекомендаций по обеспечению взаимодействия.

Стоит также отметить, что во многих случаях актуальным остается вопрос выбор вида МПТ, в целом, для осуществления перевозок на сложившейся маршрутной сети города.

Повышение эффективности маршрутного пассажирского транспорта благодаря применению секторального метода.

Была выдвинута рабочая гипотеза, что величина непроизводственных (непродуктивных) затрат ПМПТ на оплату сверхурочных работ, связанная с переработкой водителей, определенным образом коррелирует с режимом работы маршрутов, их назначением, конфигурацией, протяженностью и т. д.

Для проверки гипотезы в качестве критерия был предложен специальный критерий средней продолжительности рабочей смены водителя на i -м маршруте $t_{срми}$ (ч), отличающийся учетом режима работы маршрута в течение времени суток, а именно: продолжительности конкретных рабочих смен водителей по дням недели и количества таких дней в рассматриваемом периоде, значение которого определяется по формуле (2):

$$t_{срmi} = \frac{n_{pд} \sum_{j=1}^{n_{pi}} t_j + n_{вд} \sum_{j=1}^{n_{vi}} t_j}{n_{pi} n_{pд} + n_{vi} n_{вд}}, \quad (2)$$

где t_j — продолжительность j -й рабочей смены;

$n_{pд}$, $n_{вд}$ — количество рабочих и выходных дней соответственно в учетном периоде (в качестве учетного периода, как правило, принимается календарный месяц);

n_{pi} , n_{vi} — количество рабочих смен на i -м маршруте по расписанию рабочих и выходных дней соответственно.

При обработке данных выявлены корреляты, указывающие на то, что непроизводительные затраты на оплату сверхурочных работ и переработка преимущественно отмечаются у водителей, которые постоянно закреплены на определенных маршрутах с большими значениями $t_{срmi}$. Дополнительно был введен вспомогательный критерий средней продолжительности рабочей смены водителя в целом по рассматриваемым маршрутам $t_{срм}$ (ч), значение которого определяется аналогично по формуле (2), но для всех маршрутов ПМПТ.

С использованием вспомогательного критерия для каждого маршрута по формуле (3) предложено определить отклонение Δ_{ti} средней продолжительности рабочей смены на i -м маршруте от средней продолжительности рабочей смены по рассматриваемым маршрутам:

$$\Delta_{ti} = t_{срmi} - t_{срм}. \quad (3)$$

Для соблюдения принципа социальной справедливости при разработке графика работ на учетный период устанавливается одинаковое количество рабочих смен n_{pc} , планируемых для каждого из водителей в данный период, которое определяется по формуле (4), исходя из нормы рабочего времени $T_{нк}$ (ч) для учетного периода по производственному календарю:

$$n_{pc} = \left\lfloor \frac{T_{нк}}{t_{срм}} + 0,5 \right\rfloor. \quad (4)$$

Тогда продолжительность рабочего времени водителя i -го маршрута за учетный период с допустимым отклонением ε определяется по формуле (5):

$$T_i = n_{pc} t_{срmi} + \varepsilon. \quad (5)$$

При $T_i > T_{нк}$ у водителей i -го маршрута будет возникать переработка, являющаяся сверхурочной работой, оплачиваемая в эквиваленте, рассчитанном по штатному расписанию в увеличенном размере (непродуктивные расходы ПМПТ).

При $T_i < T_{нк}$ у водителей i -го маршрута будет возникать недоработка, которая водителям не оплачивается. В то же время эту недоработку можно рассматривать как персональные потери каждого водителя i -го маршрута, необеспеченного ПМПТ возможностью использования фонда рабочего времени по производственному календарю.

Тогда отклонение рабочего времени водителей $T_{\Delta i}$ (ч) в целом по маршруту с учетом числа водителей $n_{вод}$, которые заняты обслуживанием i -го маршрута, и количества рабочих смен n_{pc} , планируемых для каждого из водителей в рассматриваемый период, исходя из нормы рабочего времени $T_{нк}$ (ч) для данного периода по производственному календарю, определяется в соответствии с (6):

$$T_{\Delta i} = n_{вод} (n_{pc} t_{срmi} + \varepsilon - T_{нк}) \cong n_{вод} n_{pc} \Delta_{ti}. \quad (6)$$

На основе полученных данных была выдвинута гипотеза, что достижение цели повышения ЭМПТ может быть осуществлено разработкой и реализацией такого метода организации работы водителей на существующей маршрутной сети при действующем расписании, который позволит снизить непроизводственные затраты ПМПТ, определенным образом чередуя водителей по имеющимся маршрутам в рамках существующих расписаний движения. Был предложен секторальный метод (СМ), применением которого осуществляется совершенствование управления работой ПМПТ, создание системы эффективного распределения ресурсов. В основу СМ лег принцип формирования секторов путем объединения маршрутов по критерию минимизации непроизводственных расходов, при этом близких по ряду ключевых характеристик, отличающийся совмещением и чередованием маршрутов внутри сектора и обеспечивающий равномерную сменяемость (чередование) водителей по этим маршрутам, гарантирующий обеспечение равной средней продолжительности рабочей смены водителя.

Для использования СМ разработана методика проектирования секторов (МПС), которая обеспечивает формирование равнозначных по своим параметрам, но различным по конфигурации, секторов. МПС основана на принципе объединения маршрутов по критерию минимизации непроизводственных расходов (критерий C_1) и дополнительно учитывает ряд факторов, определяющих выбор совмещаемых маршрутов (критерий схожести трасс C_2 , признак наличия общей конечной станции C_3) в секторе.

Модель принятия решения описывается аддитивной целевой функцией W_{ij} , включающей в себя нормированные значения критериев с учетом весовых коэффициентов, значения которых могут варьироваться и приниматься индивидуально для каждого ПМПТ с учетом определенных приоритетов по формуле (7):

$$W_{ij} = w_1 \overline{C_1} + w_2 (1 - \overline{C_2}) + w_3 (1 - \overline{C_3}) , \quad (7)$$

где $\overline{C_1}$, $\overline{C_2}$, $\overline{C_3}$ — нормированные значения критериев C_1 , C_2 , C_3 ;

w_1 , w_2 , w_3 — весовые коэффициенты, определяющие значимость каждого из критериев (принимаются ПМПТ с учетом установленных приоритетов, рекомендуется $w_1 = 0,50$, $w_2 = 0,25$, $w_3 = 0,25$).

Подробно СМ и порядок применения авторской МПС описаны в [8].

В результате каждый спроектированный сектор является универсальной маршрутно-производственной структурой и включает, как правило, два маршрута, подобранных на основе описанного выше принципа в соответствии с критерием оптимальности с учетом влияния дополнительного критерия схожести трассы маршрута и других критериев, которые могут быть использованы, и тем самым гарантирующая равномерное обеспечение работой водителей в течение месяца так, что влияние факторов, определяющих уровень непроизводственных затрат $Z_{нсу}$ будет сведено к минимуму. В соответствии с МПС, ТС с закрепленными за ними водителями закрепляются за секторами, включающими в себя несколько маршрутов, равномерно чередуются между ними, что в конечном счете обеспечивает сокращение уровня $Z_{нсу}$ на 70–95 %. В результате работа транспортных средств и их водителей организована не по постоянному маршруту, а по маршрутам, входящим в сектор. Более того, СМ повышает информированность водителей о специфике условий движения на маршрутах внутри сектора и улучшает осведомленность о типичных дорожно-транспортных ситуациях, возникающих на них [9].

Повышение качества проектирования режима труда и отдыха водителей применением системы автоматизированного проектирования.

При разработке САПР прежде всего следует учитывать ряд ограничений налагаемых на решение задач проектирования режима труда и отдыха нормами законодательства Республики Беларусь в области охраны труда, безопасности дорожного движения и трудовых отношений,

а именно: обеспечение выработки номинального месячного баланса рабочего времени, обеспечение равномерного чередования водителей по сменам (за исключением водителей, которые на постоянной основе работают в режиме с разделением рабочего дня на части), продолжительность рабочей смены водителя по общему правилу составляет до 10 ч, в отдельных случаях не более 12 ч, но не более двух дней подряд; обеспечение ежедневного отдыха не менее 12 ч для водителей, которые работают с равномерным чередованием по сменам и 10 ч для водителей, которые накануне работали в режиме с разделением рабочего дня на части; обеспечение числа еженедельных периодов непрерывного отдыха (выходных дней) не менее числа полных календарных недель в месяце; обеспечение количества рабочих смен между смежными периодами еженедельными периодами отдыха не более 6; обеспечение средней длительности еженедельного отдыха за период не менее 42 ч; максимизация длительности еженедельного отдыха при переходе водителей из 2-й в 1-ю смену; ограничение на работу водителей на определенных типах маршрутных транспортных средств; ограничение на работу водителей на некоторых маршрутах; обеспечение как можно более раннего (из возможных) времени окончания работы водителя, работающего во вторую смену, перед его выходным днем (в связи с накопленной усталостью и психофизиологическим напряжением и для увеличения периода еженедельного непрерывного отдыха).

Универсальный алгоритм комплектования секторов водителями.

Для типизации предлагаемых решений и стандартизации режимов труда и отдыха следует определить порядок организации работы водителей. В частности, И. В. Спирин предлагает типовые графики сменности водителей для различных систем закрепления водителей за транспортными средствами и предлагает к использованию одиночную, полуторную, сдвоенную, спаренную, двухполовинную и строенную системы закрепления транспортных средств за водителями и отмечает вынужденную необходимость изменения графиков сменности из-за возникающей неравномерности планирования, но непосредственно при составлении суточных нарядов на работу водителей [9], и водитель узнает об этой корректировке накануне рабочего дня. Аналогичных принципов придерживаются Г. А. Варелопуло и А. И. Томилин, а, например, Lars Schneider (Германия) рассматривает рабочие циклы в планировании работы каждой группы, состоящей из восьми водителей, обеспечивая равенство условий труда и отдыха для водителей не в месячном, а в 56-дневном периоде [10], при этом водители не закрепляются за транспортными средствами и не связаны между собой. Таких же подходов придерживается Klaus Reintjes (Германия). Rogge, Renate, Haral Wenzig und Christian Huber (Германия) предлагают использование 8-дневных циклов, в которых водители имеют по шесть рабочих дней и два выходных дня, водители также не закрепляются за транспортными средствами и не связаны между собой.

Наиболее приемлемыми в результате исследований и сравнения различных режимов работы оказываются варианты организации работы водителей, предусматривающие закрепление за маршрутными транспортными средствами по 3 водителя (для наибольшей части водителей, выполняющих перевозки пассажиров во все дни недели) с 12-дневным рабочим циклом с равномерным смещением выходных дней в рамках каждой календарной недели. Дополнительно могут использоваться варианты организации работ, предусматривающие закрепление за транспортными средствами по 2 водителя (для части маршрутных транспортных средств, необходимых для усиления перевозки пассажиров с понедельника по пятницу) с 14-дневным рабочим циклом с фиксированными выходными днями в субботу и воскресенье. При этом не рекомендуется использовать графики с 14-дневным рабочим циклом, предусматривающим смещение выходных дней, т. к. при этом регулярно образуются периоды, когда водитель работает непрерывно по 6 дней, после которых следует 1 выходной и наступают следующие 5 рабочих дней. В этом случае разрыв рабочего периода дополнительным выходным днем или периодическая работа в течение 6 дней подряд сократят периоды еженедельного отдыха, вызовут справедливые нарекания у водителей, снизят надежность водителей.

Для обеспечения всех изложенных выше требований и с учетом всех изложенных ограничений при планировании работы водителей маршрутных транспортных средств авторами предлагается использовать шаблоны сеток графиков с 12-дневным рабочим циклом для тех водительских бригад, которые задействованы для работы во все дни недели, и 14-дневным рабочим циклом для тех водительских бригад, которые задействованы для работы только в будние дни, за исключением суббот, воскресений и праздничных дней.

Для обеспечения единства планирования и исключения интерференции графиков сменности водителей предлагается использовать единую для организации транспорта дату начала рабочего цикла (т. н. «точку отсчета»). Для типизации режимов работы водителей (по дням цикла) вводится понятие шаблона сетки графика. Обозначение шаблона сетки графика осуществляется буквенным кодом. Для последующей автоматизированной обработки информации и планированию каждому виду шаблона сетки графика вводится уникальный код [5, 9].

Заключение.

Повышение ЭМПТ является актуальным вопросом организации массовых перевозок пассажиров МПТ. Рассматривая проблематику повышения ЭМПТ, следует обращать внимание не только на решение задач выбора типоразмера ТС, назначения интервалов движения на маршрутах, управления коэффициентом использования пассажироместности, но и на задачи снижения постоянной и переменной составляющей затрат ПМПТ, снижения непродуктивных затрат.

Таким образом, повышение ЭМПТ в современных условиях целесообразно производить по следующим направлениям:

1. Снижение непроизводительных затрат, ассоциированных с оплатой сверхурочных работ для отдельных водителей при неполном использовании фонда рабочего времени других водителей, за счет применения секторального метода, гарантирующего обеспечение равной средней продолжительности рабочей смены водителя в каждом из секторов. Для формирования секторов следует пользоваться специальной методикой проектирования секторов и алгоритмом. Секторальный метод обеспечивает сокращение уровня названных непроизводительных затрат на 70–95 %.

2. Оптимизация запланированных простоев ТС на конечных станциях за счет рационального выбора вида МПТ для обслуживания маршрутов на существующей маршрутной сети, а также за счет объединения маршрутов в сектор, что обеспечивает снижение количества необходимых ТС для обслуживания маршрутов сектора за счет организации сквозного движения ТС по маршрутам, входящим в сектор.

3. Управление незапланированными простоями ТС за счет создания службы аварийных комиссаров при ПМПТ, которая будет наделена полномочиями по оформлению ДТП без пострадавших.

4. Оптимизация взаимодействия ТС определенных видов с дорожным движением за счет учета особенностей отдельных видов ТС МПТ при проектировании схем организации дорожного движения и инфраструктуры (контактной сети, рельсового пути) МПТ.

Литература:

1. Транспорт в Республике Беларусь. Статистический сборник. — Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. — 23 с.
2. Общественный транспорт Беларуси: состояние и пути развития / Д. М. Бабицкий [и др.]; Фонд им. Фридриха Эберта. — Минск: И. П. Логвинов, 2010. — 82 с.
3. Седюкевич, В. Н. Автомобильные перевозки грузов и пассажиров: учебное пособие / В. Н. Седюкевич, А. Я. Андреев. — Минск: РИВШ, 2020. — 328 с.
4. Скирковский, С. В. Организация перевозок пассажиров с обоснованием параметров системы городского маршрутизированного транспорта: автореферат диссертации канд. техн. наук: 05.22.10 / С. В. Скирковский; Минск: БНТУ, 2018. — 21 с.

5. Организация дорожного движения с учетом маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, С. С. Семченков, Е. Н. Кот // Экономика Северо-Запада: Проблемы и перспективы развития / Институт проблем региональной экономики РАН. — Санкт-Петербург: ИПРЭРАН, 2021. — С. 66–77.

6. Некоторые вопросы системного подхода к планированию работы водителей городского пассажирского транспорта / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов / науч. ред.: С. А. Ваксман. — Екатеринбург: АМБ, 2020. — С. 269–280.

7. Выбор формы учета рабочего времени водителей маршрутного пассажирского транспорта / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, С. С. Семченков // Автотракторостроение и автомобильный транспорт: сборник научных трудов / Белорусский национальный технический университет; редкол.: отв. ред. Д. В. Капский [и др.]. — Минск: БНТУ, 2020. — Т. 2. — С. 105–109.

8. Семченков, С. С. Повышение эффективности работы маршрутного пассажирского транспорта применением секторального метода / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Транспорт и транспортные системы: конструирование, эксплуатация, технологии. Сборник научных статей. — Минск: БНТУ, 2021. — С. 170–185.

9. Семченков, С. С. Методика автоматизации процессов организации работы водителей маршрутных транспортных средств / С. С. Семченков, Д. В. Капский // Новости науки и технологии. Научно-практический журнал. — Минск: БелИСА, 2021. — С. 74–82.

10. Schneider Lars, Betriebsplanung im öffentlichen Personennahverkehr Ziele, Methoden, Konzepte / Lars Schneider. — Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2015. — 193 p.

УДК 621.396

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РОТОРНЫХ МАШИН НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИХ КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ДВИЖЕНИЯ

CHOICES SUBSTANTIATION OF DIAGNOSTIC PARAMETERS OF MACHINES ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF THEIR KINETIC ENERGY OF THE MOVEMENT

И. А. Осадчий,

старший преподаватель кафедры радиотехники и электроники Военной академии Республики Беларусь, магистр техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

И. П. Кавриго,

профессор кафедры радиотехники и электроники Военной академии Республики Беларусь, канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

I. Osadchiy,

Senior Teacher of Department of Radio Engineering and Electronics of the Military Academy of the Republic of Belarus, Master of Engineering, Minsk, Republic of Belarus

I. Kauruha,

Professor of Department of Radio Engineering and Electronics of the Military Academy of the Republic of Belarus, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 23.03.2022.

Приведено обоснование выбора диагностических параметров роторных машин на основе анализа их кинетической энергии движения. Приведены примеры использования предложенных диагностических параметров на практике.

The choices substantiation of diagnostic parameters of machines on the basis of the analysis of their kinetic energy of the movement is given. Uses examples of the offered diagnostic parameters in practice are given.

Ключевые слова: диагностический параметр, роторная машина, вибрационный контроль, момент инерции, полная кинетическая энергия, мгновенный центр вращения, конечное перемещение твердого тела.

Keywords: diagnostic parameter, rotor machine, vibration control, inertia moment, total kinetic energy, instant center of rotation, final movement of a solid body.

Введение.

Одним из основных и наиболее перспективных разделов технической диагностики, обеспечивающих оперативный контроль параметров текущего состояния машинного оборудования в процессе эксплуатации без демонтажа, является виброакустическая диагностика [1]. Эффективное диагностирование разных дефектов и неисправностей электрических машин обеспечивается применением достаточно широкого спектра разнообразных средств и методов [2]. Для большинства методов вибрационного контроля роторных машин точность распознавания неисправностей, как правило, составляет 60–80 % [3, 4]. В остальных 20–40 % случаев неисправности не могут быть правильно распознаны, что приводит к снижению надежности контролируемого объекта и повышению затрат на его эксплуатацию. Поэтому повышение достоверности оценки технического состояния роторных машин является актуальной задачей.

Для повышения достоверности вибрационного контроля и технического диагностирования роторных машин применяют несколько методов оценки их технического состояния. Например, методов диагностирования, основанных на анализе общего уровня вибрации, траектории орбиты вращения вала и «розы вибрации». Траектория орбиты вращения вала и график «розы вибрации» являются информативными и, в ряде случаев, незаменимыми графическими представлениями вибрации вращающихся элементов машин.

«Роза вибраций» представляет собой график распределения амплитуды вибраций в радиальном направлении вала от угла установки датчика на подшипнике [5, 6]. Для построения этого графика датчик вибрации переставляется вокруг подшипника со смещением при каждом измерении на угол 30–45° по направлению или против направления вращения ротора. По результатам измерений строят круговой график распределения вибрации, который называют «розой вибраций» по аналогии с «розой ветров» в науках о климате. Обычно этот график имеет примерно правильную эллиптическую форму с горизонтальным расположением большей оси эллипса. Анализ графика «розы вибраций» эффективно используется для диагностирования расцентровки валов, неправильной посадки подшипника, механических ослаблений и других дефектов. Существенным недостатком графика «роза вибраций» является потребность в больших временных затратах на его построение [5, 6].

Орбита вращения (или траектория центра сечения) вала строится по значениям вектора виброперемещений посредством измерения радиальной вибрации вала в двух перпендикулярных направлениях. Такой график достаточно хорошо характеризует изменение положения оси вращения вала [7, 8]. Однако при построении орбиты вращения вала не учитывается, что для описания плоских перемещений твердого тела необходимо знать по меньшей мере в двух его точках обе ортогональные составляющие движения. Это приводит к искажению реальной орбиты вала и, как следствие, к ошибкам диагностирования. Другой недостаток графика орбиты вала связан с тем, что вектор виброперемещений как характеристика линейного движения не в полной мере характеризует кинетическую энергию движения вала. Это подтверждается выражением, описывающим кинетическую энергию T твердого тела через скорость его виброперемещений [9]:

$$T = \frac{mv^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2}, \quad (1)$$

где m — масса тела;

v — скорость поступательного движения тела (центра масс);

J — момент инерции тела относительно мгновенной оси вращения, проходящей через центр масс;

ω — угловая скорость вращения тела.

Как правило, для получения вибрационного сигнала роторных машин используют датчики поступательной вибрации, и при определении диагностических параметров второе слагаемое выражения (1) не учитывается. При использовании датчиков угловой вибрации ситуация обратная: не учитывается первое слагаемое выражения (1). В реальных объектах всегда существует и вращательное и поступательное движение [10–12]. Поскольку заранее неизвестно сколько какая часть кинетической энергии движения составляет, то учет лишь одной из них, очевидно, приведет к потере части информации о вибрации объекта и, соответственно, к снижению достоверности контроля его технического состояния. Отсюда следует, что повышение достоверности вибрационного контроля роторной машины возможен на основе учета полной кинетической энергии T движения объекта, что обеспечивается использованием датчиков поступательной и угловой вибраций и последующем определением соответствующих диагностических параметров. Реализация такого вибрационного контроля на практике затруднена по причине сложности размещения двух типов датчиков в одной контрольной точке. Наличие расстояния между двумя чувствительными элементами датчиков неизбежно приведет к погрешности измерений параметров вибрации, величина которой может нивелировать выигрыш в достоверности получаемого диагноза.

Учитывая вышеизложенное, целью данной работы является определение базовых диагностических параметров роторных машин на основе анализа их кинетической энергии движения. Указанная цель достигается решением следующих задач:

- определение типа датчиков вибрации;
- определение способа описания движения вала;
- анализ характеристик и параметров движения вала, а также характеристик и параметров, используемых для кинематического и динамического анализа роторных машин;
- определение базовых диагностических параметров роторных машин, учитывающих полную кинетическую энергию движения ее элементов.

Обоснование выбора типа датчиков.

Современные и перспективные методы вибрационного диагностирования и контроля в подавляющем большинстве случаев используют диагностические параметры, которые косвенно характеризует техническое состояние объекта. Такие диагностические параметры связаны функциональной зависимостью с параметрами, непосредственно характеризующими техническое состояние объекта (прямые параметры). Тогда такая функциональная зависимость должна устанавливать связь между прямыми параметрами и хотя бы одним из параметров каждого слагаемого выражения (1). Полагая, что массы элементов роторной машины не изменяются, можно считать, что наиболее значимыми информативными параметрами являются скорости поступательного и вращательного движения. Момент инерции зависит только от расстояния до оси вращения тела, которое также может быть использовано в качестве информативного параметра.

Скорость поступательного движения тела v является параметром, пропорциональным выходному сигналу датчика скорости. Угловая скорость вращения тела ω является параметром, пропорциональным выходному сигналу датчика угловой скорости. При диагностировании разных неисправностей роторных машин используют разные частотные диапазоны

вибрационного сигнала. При этом на низких частотах используют датчики перемещений, на средних — датчики скорости, на высоких — датчики ускорений (акселерометры). Поскольку перемещение и скорость могут быть получены без существенных потерь информации путем интегрирования вибрационного сигнала, пропорционального ускорению, то в дальнейшем будем ориентироваться на использование акселерометров поступательной и угловой вибрации.

В роторных машинах, не содержащих элементов поступательного действия, угловую и поступательную составляющие вибрации можно рассматривать как следствие отклонений от идеального вращательного движения элементов роторной машины. Такие отклонения могут проявляться, например, в плавном или скачкообразном изменении скорости вращения вала, а также в изменении положения его центра вращения. Величина кинетической энергии угловой и кинетической энергии поступательной составляющих вибрации обусловлена особенностями конструкции объекта, наличием искажающих передаточных звеньев между валом и датчиком, а также другими объективными факторами. Поскольку причиной, порождающей вибрацию вала, является его вращение в неидеальных условиях, то для характеристики этой вибрации целесообразно использовать параметры, находящиеся в функциональной взаимосвязи с параметрами кинетической энергии вращательного движения (моментом инерции J и угловой скоростью вращения ω). Для получения таких параметров логично использовать акселерометры угловой вибрации. Однако современные акселерометры угловой вибрации значительно уступают акселерометрам поступательной вибрации по частотному диапазону. Кроме того, измеряемые ими угловые виброперемещения составляют максимум около 0,1 рад. Поэтому в ряде случаев для точных измерений угловой вибрации тел применяют совокупность акселерометров поступательной вибрации [13]. Для получения с их помощью диагностических параметров роторных машин, учитывающих полную кинетическую энергию движения вала, представим энергию поступательного движения в выражении (1) через энергию вращательного движения:

$$T = \frac{m(\omega_n r)^2}{2} + \frac{J\omega^2}{2} = \frac{J_n \omega_n^2 + J\omega^2}{2}, \quad (2)$$

где r — радиус вращательного движения тела;

J_n — момент инерции тела относительно мгновенной оси вращения, проходящей через центр масс, обусловленный описанием поступательного перемещения вращательным;

ω — угловая скорость вращения тела, обусловленная описанием поступательного перемещения вращательным.

Из формулы (2) видно, что полная кинетическая энергия описывается через энергию вращательного движения вала, а ее значение будет равно нулю только при нулевых угловых скоростях $\omega = \omega_n = 0$.

Определение способа описания движения вала.

Для определения характеристик и параметров движения твердого тела, которые могут составлять основу для получения диагностических параметров роторной машины, необходимо определить вид движения и способ его описания. Вибрации вала роторной машины заранее неизвестны и могут рассматриваться как произвольное движение свободного твердого тела. Известно, что любое сложное движение тела можно представить бесконечным множеством вариантов его поступательного и вращательного движений [15]. Однако только один из вариантов будет характеризовать его действительное перемещение. Как правило, общий случай движения твердого тела рассматривается как сумма двух движений: поступательного вместе с произвольно выбранным полюсом и вращательного вокруг этого полюса. Как следует из формулы (2), поступательное движение вала заменяется вращательным. Тогда движение вала

должно рассматриваться как сумма вращательных движений, обусловленных его действительным поворотом и поступательным перемещением. Рассмотрим возможность описания произвольного движения вала суммой вращательных движений. Для этого движение вала удобно рассматривать как конечное перемещение из одного положения в другое.

Описание произвольного движения твердого тела удобно выполнять на основе теорем о конечных перемещениях: Эйлера, Шаля, Эйлера — Шаля, Бернулли — Шаля, Моцци. Рассмотрим их достоинства и недостатки при описании движения вала роторной машины.

Теорема Эйлера: произвольное перемещение твердого тела, имеющего неподвижную точку, можно осуществить посредством вращения вокруг некоторой оси, проходящей через эту точку [16].

Как следует из теоремы Эйлера, ее применение ограничено наличием неподвижной точки, принадлежащей твердому телу. Очевидно, что для вала в общем случае такой точки может и не быть, или движение вала должно быть представлено суммой поступательного и вращательного движений, что не удовлетворяет выражению (2).

Теорема Шаля: самое общее перемещение твердого тела разлагается на поступательное перемещение, при котором произвольно выбранный полюс переходит из своего первоначального положения в конечное, и на вращение вокруг некоторой оси, проходящей через этот полюс. Это разложение можно осуществить не единственным способом, выбирая за полюс различные точки тела; при этом направление и длина поступательного перемещения будут изменяться при выборе различных полюсов, а направление оси вращения и угол поворота вокруг нее не зависят от выбора полюса [16].

Из теоремы Шаля следует, что она соответствует выражению (1), а ее применение ограничено плоскими перемещениями и наличием точки, принадлежащей твердому телу, которой, как и в предыдущем случае для вала, может и не быть.

Теорема Эйлера — Шаля: плоскую фигуру можно переместить из одного положения в любое другое положение на плоскости одним поворотом этой фигуры вокруг некоторого неподвижного центра [17].

Из теоремы Эйлера — Шаля следует, что ее применение ограничено плоскими перемещениями и возможностью учета только второго слагаемого выражения (2).

Теорема Бернулли — Шаля: самое общее перемещение плоской фигуры в своей плоскости есть либо поступательное перемещение, либо вращение вокруг точки. Эта точка называется центром конечного вращения [16].

Теорема Бернулли — Шаля представляет собой следствие из теоремы Шаля и определяет возможность представления плоского движения твердого тела только поступательными, либо только вращательными перемещениями. Представление последними не требует принадлежности точки вращения твердому телу.

Теорема Моцци: самое общее перемещение твердого тела является винтовым перемещением [16].

Из теоремы Моцци следует, что в твердом теле должна быть такая прямая, все точки которой после перемещения тела из начального положения в конечное переместились бы только вдоль этой прямой. Фактически это является одним из возможных вариантов представления движения тела, включающее поступательные и вращательные перемещения, что не соответствует выражению (2).

В [18] показано, что любое движение свободного твердого тела можно составить из поступательного движения вместе с подвижной системой координат и сферического движения относительно этой системы координат. Здесь сферическое движение, очевидно, должно осуществляться относительно точки, являющейся геометрическим центром твердого тела. В противном случае это приведет не только к вращению тела, но и к угловому перемещению начала подвижной системы координат. Такое представление перемещения вала также не соответствует выражению (2).

Из проведенного выше анализа следует, что существующие теоремы о конечных перемещениях твердого тела не позволяют учесть полной кинетической энергии движения вала с использованием выражения (2). Если в этом выражении не разделять энергии поступательного и вращательного движений, то его можно представить в виде [19]:

$$T = \frac{J_p \omega_m^2}{2}, \quad (3)$$

где J_p — момент инерции тела относительно оси, проходящей через мгновенный центр вращения p ;

ω_m — мгновенная угловая скорость вращения тела.

Тогда произвольное движение вала за некоторый промежуток времени можно рассматривать как одно конечное вращательное движение. Рассмотрим возможность представления произвольного перемещения твердого тела посредством вращения вокруг некоторой неподвижной точки пространства.

По теореме Эйлера — Шаля поворот плоской фигуры осуществляется вокруг некоторого неподвижного центра поворота. В [17] показано, что предельное положение центра поворота при стремлении времени перемещения плоской фигуры к нулю является точкой неподвижной плоскости, с которой в данный момент времени совпадает мгновенный центр скоростей (МЦС) плоской фигуры. Такой центр поворота называют мгновенным центром вращения (МЦВ).

С использованием выражения (3) действительное движение твердого тела в каждый момент времени заменяется его угловым перемещением. Теоретически если каждый момент времени устремить к бесконечно малой величине, то действительное движение вала и его аппроксимация через угловые перемещения будут бесконечно близки. Для решения практических задач всегда можно найти такой промежуток времени, при котором аппроксимация траектории движения вала будет отвечать заданным требованиям приближения (точности). Поэтому в качестве центра поворота вала в дальнейшем будем использовать МЦВ.

Известно, что произвольное перемещение твердого тела в пространстве можно восстановить по проекциям данного перемещения в ортогональных плоскостях декартовой системы координат. Однако исследование движения вала в этих плоскостях в соответствии с выражением (3) и теоремой Эйлера — Шаля не представляется возможным. Это обусловлено возможностью применения теоремы Эйлера — Шаля только для твердого тела. Вал роторной машины в проекциях на ортогональные плоскости таковым не является, поскольку расстояния между точками в образованных проекциями фигурах может изменяться. Однако очевидно, что эти изменения характеризуют положение вала как твердого тела в пространстве. Пренебрегая в теореме Эйлера — Шаля рассмотрением только твердых тел, можно определить углы поворота тела в ортогональных плоскостях, которые определяют пространственный угол поворота данного тела. Отсюда следует, что *твердое тело в пространстве можно переместить из одного положения в любое другое положение в пространстве одним поворотом этого тела вокруг некоторого неподвижного центра. В разные моменты времени положение центра поворота может изменяться.*

Предложенное представление движения твердого тела в каждый момент времени можно считать сферическим перемещением с произвольно расположенным центром вращения, который в каждый момент времени является неподвижным.

Таким образом, для учета полной кинетической энергии движения вала в соответствии с выражением (3) можно представить это движение совокупностью конечных угловых (сферических) перемещений относительно центра поворота, неподвижного в каждый момент времени.

Определение базовых диагностических параметров роторных машин.

Из выражения (3) следует, что искомые диагностические параметры роторной машины должны быть связаны с кинетической энергией T , моментом инерции J_p и мгновенной угловой скоростью вращения вала ω_m .

Для описания сферического движения вала достаточно знать угол φ и радиус поворота вала r . Угол φ связан с угловой скоростью вращения ω известным соотношением: $\omega = \varphi/t$, где, t — малый конечный промежуток времени. Скорость v любой точки твердого тела связана со скоростью вращения вала ω через радиус поворота r ($v = \omega r$).

Для описания сферического движения вала достаточно знать угол φ и радиус поворота вала r . Угол φ связан с угловой скоростью вращения ω известным соотношением: $\omega = \varphi/t$, где, t — малый конечный промежуток времени. Скорость v любой точки твердого тела связана со скоростью вращения вала ω через радиус поворота r ($v = \omega r$). Момент инерции J связан с радиусом поворота r через массу тела m ($J = mr^2$). Кинетическая энергия T , момент инерции J , угловая скорость вращения ω и угол φ связаны с моментом сил M выражением: $M = T/\varphi = (J\omega^2/2)/\varphi$. Следует отметить, что здесь угол φ и угловая скорость вращения ω — это не параметр вращения вала, а характеристика его движения. Одновременно с этим величины φ и ω являются параметрами вибрации вала, которые определяют его угловое виброперемещение и угловую виброскорость. Очевидно, что при отсутствии вибрации вала данные параметры будут равны нулю. Этот случай соответствует нахождению вала в состоянии уравновешенности всех действующих на него сил и реакций связей, что может быть, если роторная машина выключена или вал роторной машины вращается в идеальных условиях (при отсутствии или взаимной компенсации сил различной природы: механической, электромагнитной, акустической и т. д.). Отсюда следует, что величины φ и ω могут быть использованы для получения диагностических параметров роторной машины.

В общем случае угловая скорость вращения вала, при установившемся режиме работы роторной машины, является переменной величиной. Колебания скорости вращения вала вызывают дополнительные динамические нагрузки и в некоторых случаях значительные упругие колебания в элементах роторной машины. Это может привести к потере мощности, понижению общего коэффициента полезного действия машины и надежности ее работы [19]. Для характеристики неравномерности вращения вала применяют среднюю скорость вращения, коэффициент неравномерности движения машины и коэффициент динамичности. Очевидно, что неравномерность вращения вала также будет отражаться в выходных сигналах датчиков вибрации. Поэтому параметры φ и ω могут быть использованы для получения аналогичных характеристик: неравномерности углового виброперемещения и угловой виброскорости вала.

Коэффициент неравномерности движения машины δ характеризует перепад угловой скорости движения вала внутри одного цикла полного установившегося движения. В [19] приведены допустимые значения коэффициента δ для разных типов машин, которые составляют от 0,2 до 0,003. На практике эти значения обеспечиваются изменением приведенного момента инерции $J_{пр}$, что позволяет избежать дополнительных давлений на подшипниковые опоры вала за счет совмещения оси вращения вала с главной осью инерции. Учитывая, что неравномерность движения машины приводит к ее вибрации, а движение в каждый момент времени представляется угловым перемещением, то параметр δ можно характеризовать, используя величину ω_m .

Особого внимания заслуживает коэффициент динамичности k , характеризующий динамические свойства роторной машины в установившемся режиме работы. Особенностью данного коэффициента является его связь не только с угловой скоростью ω , но и угловым ускорением ε , моментом сил M и кинетической энергией T [19]:

$$k = \frac{\varepsilon_{max}}{\omega_{cp}^2} = \frac{J_{пр} \varepsilon_{max}}{J_{пр} \omega_{cp}^2} = \frac{M_{max}}{2T_{cp}}, \quad (4)$$

где ε_{max} — максимальное угловое ускорение;
 ω_{cp} — средняя угловая скорость вращения;
 $J_{пср}$ — средний приведенный момент инерции тела относительно оси, проходящей через мгновенный центр вращения;
 M_{max} — максимальный момент сил, приложенный к валу;
 T_{cp} — средняя кинетическая энергия движения вала.

При вращательном движении тела, связь между моментом инерции тела J , угловым ускорением ε и моментом сил M может быть представлена уравнением моментов [20]: $J\varepsilon = M_{п}$, где $M_{п}$ — приведенный момент сил, действующих на вал относительно оси вращения. Из уравнения моментов следует, что чем больше момент инерции J , тем меньшее ускорение ε приобретает тело под действием момента приложенных сил $M_{п}$. На практике это соотношение используется для уравнивания действующих на вал сил, например, установкой маховика, что позволяет увеличить момент инерции вала, снизить его угловое ускорение и стабилизировать равномерность вращения.

Для характеристики работы машин применяют зависимости $\omega(\gamma)$, $T(\gamma)$, $\Delta T(\gamma)$, $J(\gamma)$, $M(\gamma)$, в которых γ — угловое положение вала [19]. Считая γ угловым виброперемещением φ , зависимости $\omega(\varphi)$, $T(\varphi)$, $\Delta T(\varphi)$, $J(\varphi)$, $M(\varphi)$ будут характеризовать изменения соответствующих величин ω , T , ΔT , J , M . Изменения этих величин в установившемся режиме работы роторной машины нежелательны, поскольку они могут быть обусловлены только наличием неисправностей элементов роторной машины.

По этой причине и основываясь на вышеизложенном, одним из базовых диагностических параметров роторных машин будем считать угловое виброперемещение φ .

В предложенном выше представлении движения твердого тела в качестве некоторого неподвижного центра поворота в каждый момент времени используется МЦВ, который является вершиной угла φ . Поскольку в каждый момент времени МЦВ совпадает с МЦС, то очевидно, что все свойства МЦС будут справедливы и для МЦВ.

Свойства МЦС легли в основу работ [21, 22], которые посвящены исследованиям кинематики и динамики механизмов. В данных работах на основе метода МЦС и теоремы Аронгольда — Кеннеди о трех МЦВ предложен новый универсальный метод исследования аналитической кинематики и динамики механизмов высших классов со многими степенями свободы. Применение данного метода ориентировано на разработку новых и модернизацию существующих машин и механизмов. Следует отметить, что в [21, 22], как и в других известных источниках, вопросы оценки технического состояния роторных машин с использованием МЦВ не рассматриваются. Активное использование МЦВ в механике вызывает к нему особый интерес как к возможному диагностическому параметру.

Как известно из теоретической механики, МЦВ располагается на пересечении перпендикуляров к направлениям скоростей точек тела. Если скорости этих точек оказываются равными, то перпендикуляры к их направлениям будут параллельны, а МЦВ будет расположен в бесконечности. Равенство скоростей точек тела является признаком его поступательного движения. При только вращательном движении тела МЦВ будет стремиться к его центру масс. Этот случай характерен для идеального вращения вала (без вибрации), при котором ось вращения, главная ось инерции и геометрическая ось вала совпадают. Отсюда следует, что положение МЦВ, как точки, через которую проходит ось инерции, характеризует результат действующих на вал сил и определяет степень рассогласования его оси вращения и геометрической оси. Кроме того, удаленность МЦВ от центра масс объекта характеризует величину поступательной вибрации.

Из теоретической механики также известно, что геометрическое место МЦВ образует центроиду. Теория центроид используется для получения эквивалентного движения плоской фигуры при другом устройстве механизма, практически более удобном [17]. В [19] И. И. Артоблевским показано, что МЦВ может быть найден для любого механизма в любом его

положении, а движение звеньев этого механизма может быть представлено эквивалентным движением двух сопряженных центроид центроидного механизма. Практически довольно редко используют полный период движения такого механизма, поскольку их центроиды могут быть самопересекающиеся и иметь бесконечно удаленные точки. Однако для вибрационного контроля технического состояния роторных машин это не является ограничением, а скорее является преимуществом при выявлении и объяснении причин вибрации вала.

Как было определено ранее, угол φ может быть измерен с помощью совокупности акселерометров поступательной вибрации. Тогда, для определения закона сферического движения вала остается найти радиус поворота r . Этот радиус может быть определен с использованием серединного перпендикуляра к направлению скорости одной из контрольных точек. По определению МЦВ его координаты лежат на данном перпендикуляре. Отсюда становится очевидным, что закон сферического движения вала в пределах короткого интервала времени может быть найден по выходным сигналам совокупности акселерометров поступательной вибрации. Зная закон движения вала, как звена приведения, его угловую скорость и ускорение можно определить скорость и силы инерции связанных с валом элементов, а также провести полный силовой расчет всех взаимодействующих элементов вала в условиях его неравномерного вращения [19].

Учитывая изложенное выше, вторым базовым диагностическим параметром будем считать вершину угла φ — координаты МЦВ.

Примеры практического использования базовых диагностических параметров.

Вращение вала любого агрегата или машины неравномерно [23]. Неравномерность скорости вращения вала характеризуют коэффициентом неравномерности хода машины, который определяет степень максимального отклонения скорости от ее среднего значения [6]. В работе [23] неравномерность хода машины предложено оценивать по величине неравномерности угловой вибрации (НУВ) вала. Данный диагностический параметр непосредственно связан с углом φ и его первой производной ω . Неравномерность угловой вибрации вала машины может наблюдаться только при изменении режимов ее работы или наличии неисправностей в элементах узлов машины или связей между ними. Использование предложенного параметра в диагностических целях возможно на основе идентификации дефектов элементов машины по частоте неравномерности угловой вибрации. Это позволит связать НУВ с неисправностями ее элементов. В той же статье предложена и методика оценки данного параметра в абсолютных и относительных величинах. НУВ может принимать как положительные, так и отрицательные значения, что соответствует нарастанию и соответственно снижению интенсивности вибрации вала. НУВ может принимать значения от -1 до 1 . Нулю данный диагностический параметр может быть равен только в случае, когда мгновенное значение угловой виброскорости вала равно его среднему значению за время полного оборота. Такое состояние роторной машины следует интерпретировать как исправное, соответствующее идеальному движению вала. Анализ значений НУВ на частотах, соответствующих рабочим частотам вращающихся элементов роторной машины, совместно с анализом угловых положений вала позволит локализовать источник вибрации.

В [23] также предложено контролировать техническое состояние роторных машин по колебательным угловым деформациям (вибрационному скручиванию) вала. Крутильные колебания возникают в результате действия на вращающийся элемент переменных крутящих моментов, которые приводят к появлению усталостных трещин и, в отдельных случаях, к разрушению элементов конструкции машины. Данный параметр применялся ранее в рамках обязательного расчета на крутильные колебания коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания [24]. Амплитуда вибрационного скручивания вала характеризует результат взаимодействия сил, являющихся причиной этого явления, а также величину сил сопротивления вращательному движению вала.

В работах [25, 26] предложен ряд диагностических параметров роторных машин, которые основаны на определении положений МЦВ в радиальной плоскости вала. Данные параметры могут быть использованы для определения расцентровки вала, его дисбаланса, неравномерности воздушного зазора электрической машины, прецессии вала, неисправностей подшипникового узла и опорной системы. Так, в [26] предложена методика вибрационного контроля роторных машин по динамике их МЦВ. В [27, 28] представлены основные результаты применения данной методики в ходе экспериментальных исследований валов изделия КЗС-1218. Анализ динамики их МЦВ позволил определить и устранить отклонение осей вращения валов от их параллельного положения в горизонтальной плоскости изделия, выявить причины повышенной вибрации опор валов. За счет использования диагностических параметров, учитывающих полную кинетическую энергию движения вала, а также за счет их высокой информативности и простоты интерпретации, удалось сократить число циклов операций по доводке изделия КЗС-1218 не менее чем в 1,5 раза, а временных затрат на 22,5 %.

В настоящее время авторами проводятся исследования по расширению функциональных возможностей датчиков поступательной вибрации для оценки технического состояния роторных машин на основе получения и анализа диагностических параметров, учитывающих полную кинетическую энергию движения объекта. В частности, выполняются исследования по определению неравномерности кинетической энергии вибрационного скручивания вала, а также исследования по разделению параметров вибрации по видам движения объекта (поступательное и вращательное).

Заключение.

Подводя итог данного исследования, можно сделать следующие выводы.

Повышение достоверности вибрационного контроля роторных машин возможно на основе применения диагностических параметров, учитывающих полную кинетическую энергию их движения.

Измерение вибраций роторных машин предпочтительно выполнять с помощью совокупности датчиков поступательной вибрации.

Вибрацию машин с вращающимися элементами наилучшим образом характеризуют момент инерции J и угловая скорость вращения ω . Чтобы полная кинетическая энергия движения вала определялась только этими параметрами предложено произвольное движение вала в каждый момент времени считать сферическим.

В результате анализа характеристик и параметров сферического движения вала, а также характеристик и параметров, используемых для кинематического и динамического анализа роторных машин, определено, что угловая вибрация φ и координаты положения МЦВ составляют основу для формирования диагностических параметров, учитывающих полную кинетическую энергию движения вала. Даны рекомендации по области применения угла φ и МЦВ для оценки технического состояния роторных машин.

Представленные результаты экспериментальных исследований изделия КЗС-1218, подтверждают целесообразность проведения дальнейших исследований по развитию методов вибрационного контроля роторных машин на основе диагностических параметров, учитывающих полную кинетическую энергию их движения.

Литература:

1. Неразрушающий контроль: Справочник: в 7 т. под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 7: в 2 кн. Кн. 2: Ф. Я. Балицкий, А. В. Барков, Н. А. Баркова и др. Вибродиагностика. — М.: Машиностроение, 2005. — Гл. 1. — С. 15-45.
2. Гаврилин, А. Н. Диагностика технологических систем: учебное пособие. Часть 2 / А. Н. Гаврилин, Б. Б. Мойзес; Томский политехнический университет. — Томск: Изд. Томского политехнического ун-та, 2014. — 128 с.

3. Грибанов, В. А. Оценка технического состояния роторного оборудования по вибрации в соответствии с действующей нормативной базой [Электронный ресурс] / В. А. Грибанов, А. Е. Сушко // Точка опоры. — 2011. — № 133. — Режим доступа: <https://www.to-inform.ru/index.php/arkhiv/item/оценка-технического-состояния-роторного-оборудования-по-вибрации-в-соответствии-с-действующей-нормативной-базой>. — Дата доступа: 19.06.2016.
4. Асламов, Ю. П. Контроль работоспособности роторного оборудования на основе анализа временной структуры вибрационных сигналов: автореф. диссер. канд. техн. наук: 05.13.01 / Ю. П. Асламов; Белорусский гос. ун-т информатики и радиоэлектроники. — Минск, 2019. — 23 с.
5. Русов, В. А. Диагностика дефектов вращающегося оборудования по вибрационным сигналам. — Пермь: Виброцентр, 2012. — 200 с.
6. Костюков, В. Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин: учеб. пособие / В. Н. Костюков, А. П. Науменко. — Омск: Изд. ОмГТУ, 2011. — 360 с.
7. Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на вращающихся валах. Общие требования: ГОСТ ИСО 7919-1-2002. — Перев. Междунар. стандарта ISO 7919-1-1996; введ. РФ 01.11.07. — Москва: Стандартиформ, 2007. — 20 с.
8. Гольдин, А. С. Общие сведения о вибрации / А. С. Гольдин // Вибрация роторных машин / А. С. Гольдин. — М., 1999. — Гл. 1. — С. 7–34.
9. Никитин, Н. Н. Курс теоретической механики: учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. / Н. Н. Никитин. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 607 с.
10. Осадчий, И. А. Анализ угловых и линейных составляющих вибрации и способы их разделения в оптических измерительных системах. / И. А. Осадчий // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. — 2012. — №4 (37). — С. 107–113.
11. Семенов, А. Д. Исследование взаимного влияния поперечных и крутильных колебаний ротора, вращающегося в упругих опорах / А. Д. Семенов, Д. А. Будаговский // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Техн. науки. — 2017. — № 4 (44). — С. 81–93.
12. Банах, Л. Я. Анализ крутильно-поперечных, ударных колебаний роторной системы, предназначенной для турбонасосного агрегата жидкостного ракетного двигателя / Л. Я. Банах, А. Н. Никифоров // Вестник науч.-техн. развития. — 2011. — № 6 (46). — С. 3–13.
13. Генкин, М. Д. Датчики механических величин / М. Д. Генкин, В. С. Голубев, М. И. Субботин // Вибрации в технике: справочник: в 6 т. / Сост.: В. Н. Челомей (пред.) [и др.]; под ред. М. Д. Генкина. — М.: Машиностроение, 1981. — Т. 5. — Гл. 9. — С. 212–234.
14. Осадчий, И. А. Достоверность вибрационного контроля роторных машин с учетом пространственной структуры вибрации их валов / И. А. Осадчий, И. П. Кавриго // Метрология и приборостроение. — 2021. — № 4. — С. 11–18.
15. Новожилов, А. И. Краткий курс теоретической механики: учеб. пособие под ред. В. Н. Филимонова. / А. И. Новожилов. — Владимир: Владим. гос. ун-т, 2003. — 192 с.
16. Макреев, А. П. Теоретическая механика: Учеб. для университетов. — М.: ЧеРо, 1999. — 572 с.
17. Яблонский, А. А. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / А. А. Яблонский, В. М. Никифорова. — М.: Интеграл-пресс, 2006. — 608 с.
18. Никитин Н. Н. Курс теоретической механики: Учеб. для машиностроит. и приборостроит. спец. вузов. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — 607 с.
19. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин: Учеб. для втузов. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Наука, 1988. — 640 с.
20. Белов, Д. В. Механика: Учеб. пособие. — М.: Физич. ф-т МГУ, НЭВЦ ФИПТ, 1998. — 144 с.
21. Бияров, Т. Метод мгновенных центров скоростей для определения кинетической энергии МВК / Т. Бияров, У. А. Джолдасбеков // НА Републики Казахстан. Препринт № 1. — Алма-Ата, 1992. — 81 с.
22. Бияров, Т. Основы динамики и вопросы устойчивости механизмов высоких классов и машин со многими степенями свободы: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.02.18 / Т. Бияров; Казах. гос. нац. ун-т им. Аль-Фараби. — Алма-Ата, 1993. — 44 с.

23. Осадчий, И. А. Оценка параметров угловой вибрации роторных машин / И. А. Осадчий, В. А. Липницкий // Метрология и приборостроение. — 2020. — № 4. — С. 16–22.

24. Паровой, Ф. В. Исследование крутильных колебаний валов [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / Ф. В. Паровой [и др.]. — Самара: Самарский гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева (Нац. исслед. ун-т), 2011. — 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

25. Осадчий, И. А. Формирование диагностических параметров на основе анализа инерциальной оси вращения вала / И. А. Осадчий, В. А. Липницкий // Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: сб. ст. 7-й Междунар. науч.-техн. конф. / М-во образования Респ. Беларусь, М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, НАН Беларуси, Ин-т прикладной физики НАН Беларуси, Белорус. ассоц. неразрушающего контроля и техн. диагностики, Рос. общество по неразрушающему контролю и техн. диагностике, УП «Белгазпромдиагностика», Белорус.-Рос. ун-т; редкол.: М. Е. Лустенков (гл. ред.) [и др.]. — Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2020. — С. 119–124.

26. Осадчий, И. А. Методика вибрационного контроля вращающихся механизмов по динамике их мгновенного центра вращения / И. А. Осадчий // Сб. науч. статей Воен. акад. Республики Беларусь. — 2018. — № 35. — С. 116–125.

27. Осадчий, И. А. Методика диагностики соломотряса зерноуборочного комбайна в процессе его доводки / И. А. Осадчий и др. // Агропанорама. — 2018. — № 3. — С. 5–9.

28. Осадчий, И. А. Контроль параллельности валов на основе обобщенной методики анализа динамики мгновенного центра вращения / И. А. Осадчий, А. Н. Вырский, В. И. Кардаков // Агропанорама. — 2020. — № 4. — С. 13–18.

УДК 330.1.1

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРОВ МАРКИРОВАННОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ АДАПТИВНОЙ АУТЕНТИФИКАЦИИ

CONTROL OF THE PARAMETERS OF THE MARKED OBJECT BASED ON THE PRINCIPLES OF ADAPTIVE AUTHENTICATION

В. И. Дравица,

директор Государственного предприятия «Центр систем идентификации» НАН Беларуси», канд. физ.-мат. наук, г. Минск, Республика Беларусь

А. В. Решетняк,

заместитель технического директора Государственного предприятия «Центр систем идентификации» НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

А. В. Старцев,

научный сотрудник отдела сопровождения и развития проектов Государственного предприятия «Центр систем идентификации» НАН Беларуси, г. Минск, Республика Беларусь

V. Dravitsa,

Director of the State Enterprise “Center for Identification Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus, PhD, Minsk, Republic of Belarus

A. Reshetnyak,

Deputy Technical Director of the State Enterprise “Center for Identification Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

A. Startsev,

Researcher of the Department for Support and Development of Projects of the State Enterprise “Center for Identification Systems” of the National Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Republic

Дата поступления в редакцию — 23.03.2022.

В статье предложен новый подход к контролю параметров маркированного объекта на основе принципов адаптивной аутентификации в виде функций комплексных переменных, что в целом позволило значительно повысить достоверность прослеживаемости и подтверждения происхождения маркированного объекта. Реализация предложенной математической модели в форме кубика Рубика обеспечило визуализацию оценки и принятия пользователем решения о результатах многофакторной аутентификации испытуемого объекта.

The article proposes a new approach to controlling the parameters of a marked object based on the principles of adaptive authentication in the form of functions of complex variables, which in general has significantly increased the reliability of traceability and confirmation of the origin of a marked object. The implementation of the proposed mathematical model in the form of a Rubik's Cube provided visualization of the assessment and the user's decision on the results of multifactor authentication of the tested object.

Ключевые слова: маркированный объект, адаптивная идентификация, функции комплексного переменного, кубик Рубик, многофакторная аутентификация.

Keywords: marked object, adaptive authentication, functions of complex variables, Rubik's Cube, multifactor authentication.

Введение.

В процессе реализации систем идентификации и прослеживаемости необходимо обеспечить контроль и анализ вариативных параметров идентифицированного объекта и событий, которые могут формироваться и фиксироваться не интегрированными системами, а также непосредственно участниками цепочки поставки (производитель — продавец — покупатель).

Прослеживаемость маркированных объектов осуществляется на основе управления данными [1, 2]. Методология технологически нейтральна к прикладным отраслевым областям, т. е. основана на описаниях автоматизированных информационных систем на концептуальном (логическом) уровне и на применении системы руководящих информационных материалов по проектированию систем прослеживаемости, стандартов GS1, руководств по применению стандартов GS1, информационных сервисов и системных решений.

Алгоритмы анализа контроля и прослеживаемости товаров.

Для формирования достоверной оценки о происхождении товара (в том числе подлинности), а также сопоставления ключевых его характеристик с эталонными, основываясь на указанной методологии для реализации систем прослеживаемости необходимо применять алгоритмы анализа комплекса параметров маркированного объекта и событий, связанных с ним. Рассмотрим бизнес-процесс, в котором товар изготавливается и отправляется в распределительный центр, где он впоследствии принимается, а затем отправляется в розничный магазин, в котором его получают, а затем перемещают в зону продаж. Это пример бизнес-процесса, охватывающего несколько организаций, названия которых заранее известно. Стандартом GS1 этот пример классифицируется как внешняя закрытая цепь поставки товара [3].

EPCIS — это один из стандартов GS1, который позволяет торговым партнерам обмениваться информацией о физическом перемещении и статусе объектов (товаров) по мере их перемещения по цепочке поставок. Это помогает ответить на вопросы «что, где, когда и почему», чтобы удовлетворить потребительские и нормативные требования к точной и подробной информации о продукте. Основная задача стандарта EPCIS — позволить разрозненным приложениям создавать и совместно использовать данные о событиях видимости как внутри, так и между предприятиями. Этот общий доступ предназначен для того, чтобы пользователи могли получить общее представление о физических или цифровых объектах в соответствующем бизнес-контексте. Так, для анализа указанного выше бизнес-процесса изготовления и отправки товара, используется матрица взаимосвязи бизнес-шагов и соответствующих событий видимости, представленных в терминах стандарта EPCIS (см. табл. 1).

Матрица взаимосвязи бизнес-шагов Приложения и соответствующих событий видимости EPCIS

Бизнес-процесс, состоящий из последовательности бизнес-шагов					Цепочка зарегистрированных событий EPCIS	Параметры, описывающие события видимости EPCIS. Описание контекста (внутреннего наполнения) параметров события сформировано на основе использования словаря CBV.			
Бизнес-шаг 1	Бизнес-шаг 2	Бизнес-шаг 3	Бизнес-шаг 4	Бизнес-шаг 5		Что?	Когда?	Где?	Почему?
V1					Событие 1	xxx	T1	VVV — производитель	xxx
	V2				Событие 2	xxx	T2	VVV — производитель	ууу
		V3			Событие 3	xxx	T3	RRR — оптовый склад	qq
			V4		Событие 4	xxx	T4	RRR — оптовый склад	qqq
				V5	Событие 5	xxx	T5	ZZZ — розничный магазин	ww
				V6	Событие 6	xxx	T6	Зал розничной торговли	fff
				V7	Событие 7	xxx	T7	Выход из зала розничной торговли	fff
				VV	Событие 9	Сигнал для запуска и перехода к другому Бизнес-Процессу			

Как видно из табл. 1, для обеспечения прослеживаемости фиксируются события, происходящие с товаром в соответствии с требованиями стандарта EPCIS. При этом единица данных, описывающая завершение каждого бизнес-шага, имеет одинаковую четырехмерную структуру и называется событием EPCIS, а коллекция событий EPCIS предоставляет подробную картину бизнес-процесса во времени и месте. То есть одному бизнес-шагу может соответствовать одно либо несколько событий EPCIS. Эти события могут фиксироваться различными участниками цепочки поставки товара. Количество участников, как и количество фиксируемых событий, не ограничено. К этим параметрам могут также добавляться метрики, описывающие правила хранения и транспортировки товара и другие требования. Формализованное многомерное пространство EPCIS для описания событий видимости в цепочках внешней и внутренней прослеживаемости требует специфических алгоритмов оценки комплекса постоянно изменяющихся метрик маркированного объекта. Такой подход требует применения возможностей динамического изменения алгоритма осуществления комплексного контроля товара с учетом результатов процесса его оценки (аутентификации), выполненного, например, покупателями, а также ограничительными параметрами, установленными контролером-экспертом для конкретного экземпляра товара.

Необходимо отметить, что на отдельных этапах прослеживаемости товара значительная часть метрик, предусмотренных стандартом EPCIS, недоступна как с точки зрения организации бизнеса, так и с точки зрения целесообразности анализа. Так, данные о событиях перемещения товара в цепочке поставки не будут информативными для конечного покупателя, однако позволяют сформировать оценку метрики подлинности товара на уровне контролера. При этом необходимо учитывать тот факт, что применения традиционных технологий идентификации товаров уже недостаточно, учитывая постоянно возрастающий объем производства фальсифицированных товаров.

Таким образом, для контроля метрик маркированного объекта необходимо оперировать как очевидными параметрами (например, оценкой качества за счет сравнения с эталоном, либо органолептических свойств), так и информацией, формируемой на основе анализа данных о прослеживаемости товара.

Отчасти такой подход соответствует базовым принципам адаптивной аутентификации или аутентификации на основе рисков [4]. В связи с этим предлагается рассмотреть возможность применения этих принципов для оценки происхождения (качества) товара на основе метрик, поступающих от различных источников.

Принципы аутентификации для прослеживаемости товара

В общем случае для прослеживаемости товара в цепочке поставки или подтверждения его происхождения могут использоваться подходы следующие принципы аутентификации (рис. 1).



Рис. 1. Подходы к реализации систем прослеживаемости товаров

Как видно из рис. 1, системы прослеживаемости могут быть реализованы как на базе уникальных RFID-идентификаторов, так и с использованием алгоритмов оценки соответствия эталонным критериям.

На вершине пирамиды (см. рис. 1) расположен предлагаемый к рассмотрению подход реализации адаптивной аутентификации товара на основе технологии использования комплекса анализируемых метрик, который позволяет по определенному набору признаков определить уровень риска покупки контрафактного изделия в точке розничной торговли и выбрать соответствующий способ оценки комплекса метрик (параметров) товара, чтобы отсеять варианты возможных фальсификатов.

Отличительными особенностями иерархии процессов аутентификации, представленной на рис. 1, является:

- предлагаемая взаимосвязь иерархии способов аутентификации и иерархии соответствующих способов формализованного математического представления данных аутентификации для использования в алгоритмах обработки данных, а также иерархия способов представления (визуализации) математических результатов аутентификации для рассмотрения и анализа товара пользователем перед принятием решения;
- предлагаемый способ (математический алгоритм) оценки соответствия характеристик испытуемого товара эталонным критериям, предварительно установленным контролером-экспертом для данного типа товара.

Взаимосвязь иерархии способов аутентификации, математических моделей и способов их визуализации представлена в табл. 2.

Модели аутентификации и прослеживаемости.

В случае адаптивной многофакторной аутентификации формируются отдельные попарно взаимосвязанные плоскости оцениваемых метрик товара за счет представления компонент комплексных чисел $\langle C \rangle$ с одной общей плоскостью для клеток представления действительных частей и соответствующими различными плоскостями и клетками для представления мнимых частей комплексных чисел $\langle C \rangle$. Для визуализации в данном случае предлагается использовать пример кубика Рубика, где скалярные значения комплексных чисел $\langle C_i \rangle$ размещаются в клетках одной из плоскостей кубика. При этом для оперативного контроля метрик товара в определенных условиях могут быть доступны не все грани, как например наблюдателю для анализа доступно не более трех граней кубика Рубика. При этом в результирующем представлении трехмерного кубика Рубика применяется позиционная привязка и взаимосвязь клеток на всех плоскостях кубика в единой системе нумерации, которая синхронна с нумерацией комплексных чисел $C_1 - C_9$, входящих в состав обобщенной математической модели. Модель представляет собой результат комплексных измерений объекту исследования, отражающих значение степени совпадения и степени различия отдельных метрик испытуемого товара $\langle X \rangle$ с соответствующими параметрами эталона $\langle A \rangle$ и параметрами возможных фальсификатов $\langle \text{не } A \rangle$, то есть фальсификатов типа F1–F4.

Система адресной позиционной взаимосвязи клеток, размещенных на нескольких плоскостях кубика Рубика и идентификаторов наименования комплексных чисел ($C_1 - C_9$) представлена на рис. 2.

Для оценки характеристик товара покупатель может применять свои органолептические средства (чувства), а также средства интерактивного взаимодействия (технические и программные средства) со специализированной информационной системой (ИС). Интерактивное взаимодействие покупателя с ИС заключается в выполнении покупателем набора специализированных сценариев адаптивной аутентификации для оценки и сбора значений контрольных параметров рассматриваемого товара в модуле комплексного контроля специализированной ИС.

Таблица 2

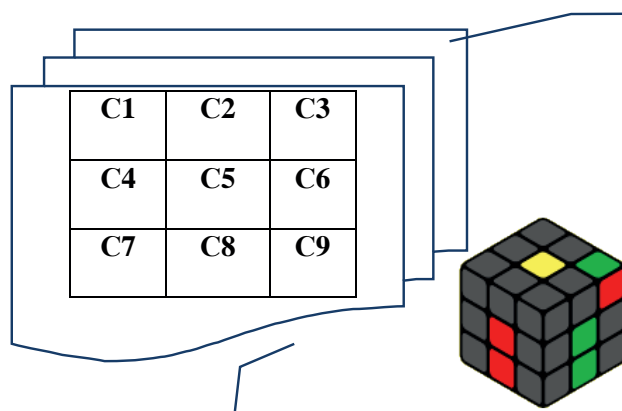
Иерархия способов визуализации результатов аутентификации

	Перечень способов аутентификации	Математически формализованный результат	Способ визуализации результата для пользователя
1.	Однофакторная аутентификация	Действительное число $\langle A \rangle$	Отметка на одномерной шкале (оси)
2.	Двухфакторная аутентификация	Комплексное число $C = A + Bi$ с одной мнимой осью $\langle i \rangle$	Отметка на двумерной комплексной плоскости, содержащей две оси: Re z — действительная ось; Im z — мнимая ось
3.	Адаптивная многофакторная аутентификация	Динамически изменяемая совокупность из нескольких комплексных чисел $\langle C \rangle$, имеющих ссылки на несколько отдельных различных мнимых осей: $\langle i \rangle / \langle j \rangle / \langle k \rangle / \langle m \rangle$ (по количеству видов рассматриваемых возможных фальсификатов)	Объемный многомерный объект в виде специального разноцветного кубика Рубика, в котором есть отдельные попарно взаимосвязанные плоскости и соответствующие клетки на них для представления компонент комплексных чисел $\langle C \rangle$ (то есть с одной общей плоскостью для клеток представления действительных частей и соответствующими различными плоскостями и клетками для представления мнимых частей комплексных чисел $\langle C \rangle$)

«Новости науки и технологий» № 1 (60) 2022

Выполняемые сценарии комплексного контроля предназначены для двух контрольных процедур, например, в точке розничной торговли:

- документарный контроль товара (то есть наличие регистрации товара в базе данных ИС, наличие и регистрация соответствующих сертификатов, контроля сроков годности, а также контроля текущего статуса товара в его жизненном цикле (то есть «товар в продаже» либо «товар продан»);
- фактический контроль характеристик товара в точке розничной торговли на соответствие характеристикам, указанным в электронном паспорте товара, сформированном на первом этапе в цепи дистрибуции.



Отдельные боковые плоскости кубика Рубика для отображения мнимых значений комплексных чисел С1–С9, отдельно для каждого изделия-фальсификата «не А», которые имитируют наличие у них характеристик, присущих характеристикам эталонного изделия «А». Количество используемых мнимых значений (то есть значений $b_1/b_2/b_3/b_4/b_5/b_6/b_7/b_8/b_9$) и результат их распределения по соответствующим боковым плоскостям в кубике Рубика зависит от количества видов фальсификатов «не А» для данного эталонного изделия «А».

Главная (фронтальная) общая плоскость кубика Рубика для отображения значений действительных частей всех комплексных чисел из совокупности С1–С9, то есть значений $a_1/a_2/a_3/a_4/a_5/a_6/a_7/a_8/a_9$.

Взаимосвязь значений действительных и мнимых частей С1–С9 обеспечивается за счет применения единых позиционных адресов размещения клеток на головной плоскости реальных чисел и боковых плоскостях (то есть соответствующих плоскостей для мнимых частей комплексных чисел С1–С9)

Рис. 2. Система адресной позиционной взаимосвязи клеток кубика с идентификаторами комплексных чисел

Отличительной особенностью процедуры фактического контроля является осуществление не только оценки степени соответствия характеристик рассматриваемого товара «Х» параметрам метрик товара «А», указанного в паспорте товара, но и оценка покупателем степени различия характеристик рассматриваемого товара «Х» от характеристик нескольких возможных фальсификатов («не а1» — «не а9»).

Результатом процедуры адаптивной (многофакторной) оценки метрик товара покупателем является формирование специализированной цифровой модели характеристик товара в виде совокупности из нескольких комплексных чисел вида <Спокуп>, описывающей товар по оценке покупателя и подлежащей в дальнейшем контрольной проверке соответствия контрольным значениям (метрикам) из эталонной модели в виде совокупности комплексных чисел <Сэксперт>, описывающей оценку товара установленным ранее при проверке данного товара контролером-экспертом.

Процесс контрольного сравнения и формирования результата осуществляется последовательно в виде двух этапов:

- этап 1 — формирование математического результата оценки соответствия характеристик испытуемого товара <Спокуп> по отношению к соответствующим эталонным показателям <Сэксперт>;
- этап 2 — преобразование полученного математического результата соответствия в вид, пригодный для визуализации (отображения) в клетках кубика Рубика для анализа и принятия решения пользователем. Диапазон допустимых цветных значений клеток кубика Рубика представлен по четырехбалльной шкале:
 - ◇ красный — метрика не соответствует эталону;
 - ◇ зеленый — метрика соответствует эталону;

- ◇ желтый — метрика на грани допустимого;
- ◇ белый — метрика не оценивалась пользователем.

В предложенном выше подходе алгоритм формирования результата оценки соответствия характеристик испытуемого товара эталонным критериям осуществляется путем сравнения (операций попарного вычитания значений соответствующих действительных и мнимых частей комплексных чисел) из этих двух групп комплексных чисел $\langle C_{покуп} \rangle$ и $\langle C_{эксперт} \rangle$, а затем (на втором этапе контрольного сравнения) — применения алгоритма правила «Вето», то есть «Соответствует / Не соответствует» для формализованной оценки полученных значений сравнения: «Превышен / Не превышен» соответствующий диапазон допустимых значений $\langle C_{покуп} \rangle$ как по значениям действительной компоненты $\langle A \rangle$ из комплексного числа $\langle C_{эксперт} \rangle$, так и по значению мнимой компоненты $\langle iB \rangle$ из комплексного числа $\langle C_{эксперт} \rangle$.

Графически алгоритм попарного сравнения соответствующих комплексных чисел из двух множеств и применения правила «Вето» можно представить как процедуру «попадания либо не попадания» значений точек комплексных чисел ($C_{покуп}$) в ограниченный прямоугольный участок (называемый — «Двумерное окно допустимых ограничений») на комплексной плоскости, предварительно размеченной на прямоугольные участки значениями комплексных чисел ($C_{эксперт}$) из эталонной модели контролера-эксперта.

Графический пример «Двумерного окна допустимых ограничений», сформированного комплексным числом $\langle C_{эксперт} \rangle$, представлен на рис. 3.

Изображенное на рис. 3 поле представляет собой двумерное нормированное комплексное поле, имеющее две взаимно перпендикулярные оси: нормированную действительную ось Re_z (диапазон значений 0,0–1,0) и нормированную мнимую ось Im_z (диапазон значений 0,0–1,0).

Предлагаемое к рассмотрению двумерное комплексное поле предназначено для попарного размещения и отображения его плоскости нормированных комплексных чисел $\langle C_{эксперт} \rangle$ и $\langle C_{покуп} \rangle$ из двух множеств: множества чисел цифровой модели оценок, сформированных контролером-экспертом; множества чисел цифровой модели оценок, сформированных текущим покупателем.

Вначале на комплексном поле размещается число $\langle C_{эксперт} \rangle$, которое графически рассекает комплексную плоскость на четыре прямоугольных участка. Правый верхний прямоугольный участок комплексной плоскости представляет собой «Двумерное окно ограничений (ДКО)» [5]. В данном окне формируется графическое представление контрольного сравнения со вторым комплексным числом $\langle C_{покуп} \rangle$. Двумерное окно допустимых ограничений представляет собой четкое множество и позволяет построить процесс контрольного сравнения комплексных чисел в заданном диапазоне значений $\langle C_{эксперт} \rangle$.

Математические формулы, описывающие процесс контрольного сравнения двух множеств комплексных чисел приведены далее по тексту статьи (1–4).

Таким образом, на этапе контрольной проверки соответствия метрик испытуемого товара по оценке покупателя и по оценке контролером-экспертом, выполняются следующие действия. Если принять, что $\langle C_{покуп} \rangle$ — комплексное число из многофакторной совокупности, описывающей товар по оценке покупателя, $\langle C_{эксперт} \rangle$ — комплексное число из многофакторной совокупности, описывающей оценку товара контролером-экспертом, и соответственно значения $\langle A_{покуп} \rangle$ и $\langle A_{эксперт} \rangle$ — действительные части комплексных чисел, отражающие метрики «Степени схожести/подобия» характеристик исследуемого покупателем товара и эталонной модели эксперта-контролера, а $\langle B_{покуп} \rangle$ и $\langle B_{эксперт} \rangle$ — мнимые части, отражающие «Степень различия» метрики товара от соответствующей метрики i одного из видов возможных фальсификатов как по оценке покупателя, так и по оценке контролера-эксперта, **то операция** попарного вычитания значений соответствующих действительных и мнимых частей комплексных чисел из этих двух групп комплексных чисел $\langle C_{покуп} \rangle$ и $\langle C_{эксперт} \rangle$ и получение результирующего значения в виде третьей совокупности комплексных чисел $\langle C_{рез} \rangle$:

$$\langle C_{покуп} \rangle - \langle C_{эксперт} \rangle = \langle C_{рез} \rangle, \quad (1)$$

где:

$$\langle C_{покуп} \rangle = \langle A_{покуп} \rangle + i \langle B_{покуп} \rangle; \quad (2)$$

$$\langle C_{эксперт} \rangle = \langle A_{эксперт} \rangle + i \langle B_{эксперт} \rangle; \quad (3)$$

$$\langle C_{рез} \rangle = \langle A_{рез} \rangle + i \langle B_{рез} \rangle = \langle A_{покуп} - A_{эксперт} \rangle + i \langle B_{покуп} - B_{эксперт} \rangle. \quad (4)$$

На втором этапе используются формулы алгоритма работы правила «Вето» — оценка полученных значений результатов из множества комплексных чисел $\langle C_{рез} \rangle$ и формирование на их основе соответствующих значений по четырехзначной шкале для визуализации результата в соответствующих клетках кубика Рубика:

- Если значение $(A_{покуп} - A_{эксперт}) > 0$, то есть больше нуля, то формируется клетка зеленого цвета на плоскости Кубика Рубика. **Вывод:** исследуемый товар имеет допустимую «Степень схожести/подобия» с эталоном по данному типу анализируемой метрики многофакторной аутентификации.
- Если значение $(A_{покуп} - A_{эксперт}) = 0$, то формируется клетка желтого цвета на плоскости Кубика Рубика. **Вывод:** наблюдается предельно допустимое значение «Степени схожести/подобия».
- Если значение $(A_{покуп} - A_{эксперт}) < 0$, то формируется клетка красного цвета на плоскости Кубика Рубика. **Вывод:** исследуемый товар не имеет допустимую «Степень схожести/подобия» с эталоном по данному типу анализируемой метрики многофакторной аутентификации.
- Если значение $(A_{покуп} - A_{эксперт})$ соответствует виду $(0,0 - A_{эксперт})$, то формируется клетка белого цвета. **Вывод:** данная характеристика не оценивалась покупателем. Эта ситуация возможна при адаптивном изменении по желанию покупателя совокупности производимых оценок характеристик исследуемого товара.

Аналогичный подход используется при оценке результатов мнимых частей $\langle B_{рез} \rangle$ комплексного числа $\langle C_{рез} \rangle$ и соответствующего представления для визуализации «Степени различия» метрики товара от соответствующих метрик одного из возможных фальсификатов.

Графический пример «Двумерного окна допустимых ограничений», сформированного комплексным числом $\langle C_{эксперт} \rangle$, представлен на рис. 3.



Рис. 3. Пример сформированного Двумерного окна допустимых ограничений для испытуемых комплексных чисел

Алгоритм анализа метрик товара, построенный на основе предложенной выше модели адаптивной аутентификации, позволяет значительно повысить качество оценки маркированного объекта. При увеличении количества метрик, доступных для анализа как явных (действительных частей всех комплексных чисел), а также не явных (мнимых значений комплексных чисел) при сравнении с метриками эталона A и фальсификатора F , значительно повышается чувствительность всей системы оценки.

Алгоритм оценки метрик маркированного объекта.

С учетом изложенного основные этапы алгоритма оценки метрик маркированного объекта могут быть представлены следующим образом.

1. Этап идентификации, формирования электронного паспорта товара на партию товара, маркировки партии товара RFID-метками на предприятии-изготовителе. Доставка партии маркированного товара через цепочку дистрибуции до пункта розничной торговли.

2. Этап приемки товара и его комплексной оценки контролером-экспертом в точке розничной торговли.

2.1. Процедура контрольного сравнения единицы товара $\langle X \rangle$ с шаблонами базы данных БД1 (база сценариев контрольной проверки на соответствие эталонным характеристикам $\langle A \rangle$). Формирование значений компонент: $a_1/a_2/a_3/a_4/a_5/a_6/a_7/a_8/a_9$ для формирования комплексных чисел множества $\langle C_{\text{эксперт}} \rangle$.

2.2. Процедура контрольного сравнения единицы товара $\langle X \rangle$ с шаблонами базы данных БД2 (база сценариев контрольной проверки на степень различия с характеристиками фальсификатами $\langle \text{не}A/A \rangle$ по отношению к эталонным параметрам $\langle A \rangle$, т. е. фальсификатами $F_1/F_2/F_3/F_4$). Формирование совокупности значений компонент $v_1/v_2/v_3/v_4/v_5/v_6/v_7/v_8/v_9$ для комплексных чисел множества $\langle C_{\text{эксперт}} \rangle$. В соответствии с контекстом сценариев контрольной проверки, совокупность компонент $\langle v_1-v_9 \rangle$ распределена по четырем подгруппам, которые соответствуют характеристикам фальсификатов, то есть F_1 (плоскость с мнимой осью i)/ F_2 (плоскость с осью j)/ F_3 (плоскость с мнимой осью k)/ F_4 (плоскость с мнимой осью q).

2.3. Формирование цифровой модели комплексного контроля эксперта ($\text{ЦМК}_{\text{эксперт}}$) на основе анализа значений $\langle C_{\text{эксперт}} \rangle$ по каждой подгруппе характеристик фальсификатов (плоскости с мнимой осью i, j, k, q) для конкретной единицы товара, маркированного RFID-меткой.

2.4. Запись цифровой модели $\text{ЦМК}_{\text{эксперт}}$ в базу данных модуля комплексного контроля в качестве набора контрольных пороговых значений при оценке на аутентичность товара в точке розничной торговли, то есть формирование набора «Двумерных контрольных окон» для осуществления контрольного сравнения.

3. Этап предварительного выбора единицы товара и оценка характеристик товара покупателем с помощью органолептических средств покупателя.

3.1. Процесс контрольного сравнения товара X с шаблонами базы БД1. Формирование компонент $a_1/a_2/a_3/a_4/a_5/a_6/a_7/a_8/a_9$.

3.2. Процедура контрольного сравнения товара X с шаблонами базы БД2. Формирование значений компонент $v_1/v_2/v_3/v_4/v_5/v_6/v_7/v_8/v_9$.

3.3. Формирование цифровой модели результата комплексного контроля покупателя $\text{ЦМК}_{\text{покуп}}$ конкретной единицы товара, снабженного RFID-меткой. Цифровая модель $\text{ЦМК}_{\text{покуп}}$ состоит из совокупности групп комплексных чисел по каждой подгруппе характеристик фальсификатов (плоскости с мнимой осью i, j, k, q) для конкретной единицы товара, маркированного RFID-меткой.

3.4. Запись цифровой модели результата комплексного контроля ($\text{ЦМК}_{\text{покуп}}$) в базу данных модуля комплексного контроля товара в точке торговли.

4. Этап контрольного сравнения метрик двух цифровых моделей: $\text{ЦМК}_{\text{покуп}}$ и $\text{ЦМК}_{\text{эксперт}}$.

4.1. Получение цифрового/математического результата сравнения двух моделей: $\text{ЦМК}_{\text{покуп}}$ и $\text{ЦМК}_{\text{эксперт}}$.

- 4.2. Оценка математического результата с помощью формул правила «Вето».
- 4.3. Запись результатов контрольного сравнения в базу данных точки розничной торговли.
5. Этап формирования визуального представления результата адаптивной многофакторной аутентификации для пользователя для принятия решения о покупке.

Заключение.

Предложены математические модели контроля параметров маркированного объекта на основе принципов адаптивной аутентификации в виде функций комплексных переменных, что в целом позволило значительно повысить достоверность прослеживаемости и подтверждения происхождения маркированного объекта. Реализация предложенной математической модели в форме кубика Рубика обеспечило визуализацию оценки и принятия пользователем решения о результатах многофакторной аутентификации испытуемого объекта.

Указанные методы и разработанные модели применены для реализации способа комплексного контроля товаров в Евразийском патенте № 037560 «Способ комплексного контроля товара» Государственного предприятия «Центр систем идентификации» [5].

Литература:

1. GS1 General Specifications. Release 21.0.1, Ratified, Jan 2021 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.gs1.org/genspecs>. — Дата доступа: 14.01.2022.
2. Дравица, В. И. Цифровой мониторинг RFID-объектов / В. И. Дравица, Г. Е. Волнистый, А. В. Решетняк, Е. А. Якушкин // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2019): доклады XVIII Междунар. конф., Минск, 21 нояб. 2019 г. / ОИПИ НАН Беларуси. — Минск, 2019. — С. 242–247.
3. Дравица, В. И. Технологии идентификации и прослеживаемости товарных потоков на рынке ЕАЭС / В. И. Дравица, А. В. Решетняк, Е. А. Якушкин // II Съезд ученых Республики Беларусь, Минск, 12–13 дек. 2017 г.: сборник материалов / Национальная академия наук Беларуси; редкол.: В. И. Семашко [и др.]. — Минск: Белорусская наука, 2018. — С. 188–194.
4. Смит, Р. Э. Аутентификация: от паролей до открытых ключей / Р. Э. Смит. — М.: Вильямс, 2002. — 432 с.
5. Способ комплексного контроля товара: Евразийский патент № 037560 / Дравица В. И., Волнистый Г. Е., Якушкин Е. А., Агафонов А. В., Старцев А. В., Решетняк А. В.; заявитель и правообладатель Государственное предприятие «Центр систем идентификации» НАН Беларуси; опубл. 14.04.2021, Бюл. № 2021-04.

УДК 355.469.5

АНАЛИЗ СПОСОБОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ АВИАЦИОННЫМ СРЕДСТВАМ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

ANALYSIS OF METHODS AND TECHNOLOGIES OF COUNTERACTION AVIATION FACILITIES IN MODERN CONDITIONS

В. В. Колодяжный,

начальник отдела НП ООО «ОКБ ТСП», д-р воен. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

А. А. Посудевский,

начальник сектора НП ООО «ОКБ ТСП», канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

А. Н. Пальцев,

главный научный сотрудник НП ООО «ОКБ ТСП», канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

В. Р. Драгун,

начальник кафедры УО «Военная академия Республики Беларусь», канд. воен. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

V. Kaladziashniy,

Head of the Department in SP LLC OKB TSP, Doctor of Military Sciences, Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Pasudzeuski,

Head of the Sector in SP LLC OKB TSP, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Paltsau,

Chief Researcher in SP LLC OKB TSP, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

U. Dragun,

Head of Department in Military Academy of the Republic of Belarus, Candidate of Military Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus.

Дата поступления в редакцию — 23.03.2022.

Приведен анализ технических и организационных способов борьбы с высокоточными авиационными средствами поражения на основе опыта применения средств противовоздушной обороны в военных конфликтах конца XX — начала XXI в.

The analysis of technical and organizational methods of combating high-precision aviation weapons based on the experience of using air defense systems in military conflicts of the late 20th — early 21st century is given.

Ключевые слова: средства воздушного нападения, беспилотные летательные аппараты, высокоточные средства поражения, противовоздушная оборона, зенитное ракетное вооружение.

Keywords: means of air attack, ethereal aircraft, high-precision means of destruction, air defense, anti-aircraft missile weapons.

Введение.

Развитие сил и средств противовоздушной обороны, а также способов действий сил ПВО неразрывно связано с развитием средств воздушного нападения (СВН). На всех этапах своего развития средства ПВО совершенствовались как ответная мера на появление новых средств и способов действий авиации. Принцип ответной реакции на развитие СВН обуславливает некоторое систематическое запаздывание в разработке средств ПВО. Вместе с тем необходимо отметить, что темпы взаимного развития авиации и средств ПВО вплоть до конца XX в. позволяли обеспечить их относительный паритет. Военные конфликты XX в. показывают, что до середины 1980-х гг. силы противовоздушной обороны стран, подвергавшихся агрессии, могли эффективно противостоять ударам воздушного противника и наносить ему большой и часто не приемлемый для него ущерб. Однако бурное развитие технологий, массовое производство и применение развитыми странами в локальных войнах конца XX —

начала XXI в. новых типов СВН, систем разведки, радиоэлектронной борьбы и высокоточных средств поражения нарушило этот паритет [1–4].

Что же произошло в процессе развития средств воздушного нападения и способов их применения в последние годы?

Прежде всего это массовое применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) различного назначения. За многолетнюю историю своего существования беспилотные летательные аппараты прошли эволюционный путь развития от единичных моделей, разрабатываемых в годы первой и второй мировых войн, до современных многофункциональных беспилотных боевых систем. Одной из причин бурного развития беспилотной авиации в последнее десятилетие являются достижения в разработке систем обработки и передачи информации, спутниковой навигации, двигателестроения и новых композитных материалов. Это обусловило появление в относительно короткие сроки в разных странах большого количества компаний-разработчиков и производителей БЛА и, как следствие, множество БЛА различного функционального назначения. Мировыми лидерами в разработке и производстве БЛА являются США и Израиль (рис. 1) [5]. Всего в мире известно более 300 проектов беспилотных летательных аппаратов с взлетной массой от единиц килограмм до нескольких тонн.

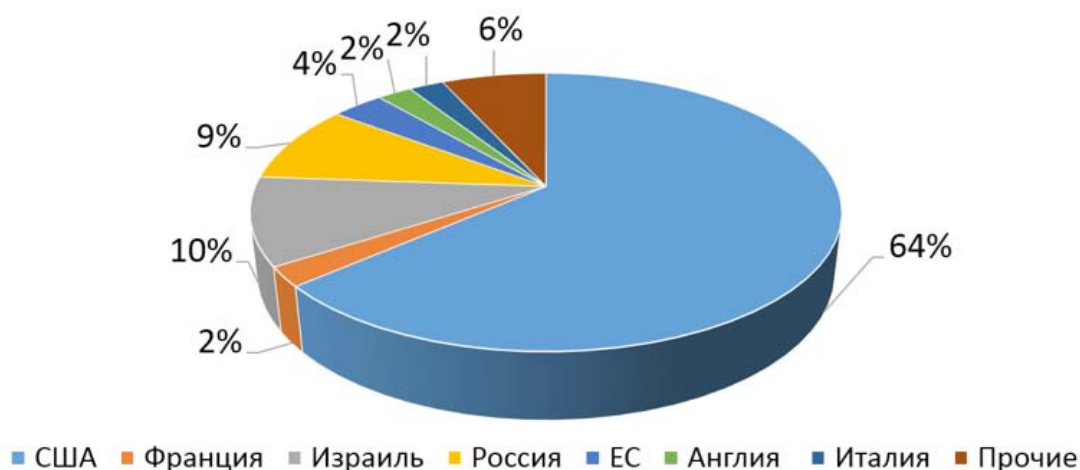


Рис. 1. НИОКР на БЛА по странам мира

При этом круг задач, решаемых БЛА, расширяется, а их функциональные свойства постоянно совершенствуются. Основными направлениями развития БЛА являются оснащение их новыми средствами разведки и управления, высокоточными средствами поражения наземных и воздушных объектов, а также создание беспилотных систем, включающих десятки БЛА, действующих в заданном районе по принципу «стаи», обменивающихся информацией и эффективно поражающих обнаруженные ими объекты. Малая радиолокационная заметность БЛА препятствует их своевременному обнаружению средствами ПВО. Возможности по обнаружению малоразмерных БЛА средствами ПВО сантиметрового диапазона представлены на рис. 2 [6]. Относительно небольшая стоимость беспилотных средств позволяет противнику применять их массированно в виде «москитной стаи» [7, 8].

Вторым значимым фактором является широкое применение высокоточных авиационных средств поражения. Высокоточное оружие (ВТО) становится основным средством достижения огневого превосходства над противником. Соотношение применяемых классов ВТО с ростом количества ударов воздушного противника приведено на рис. 3.

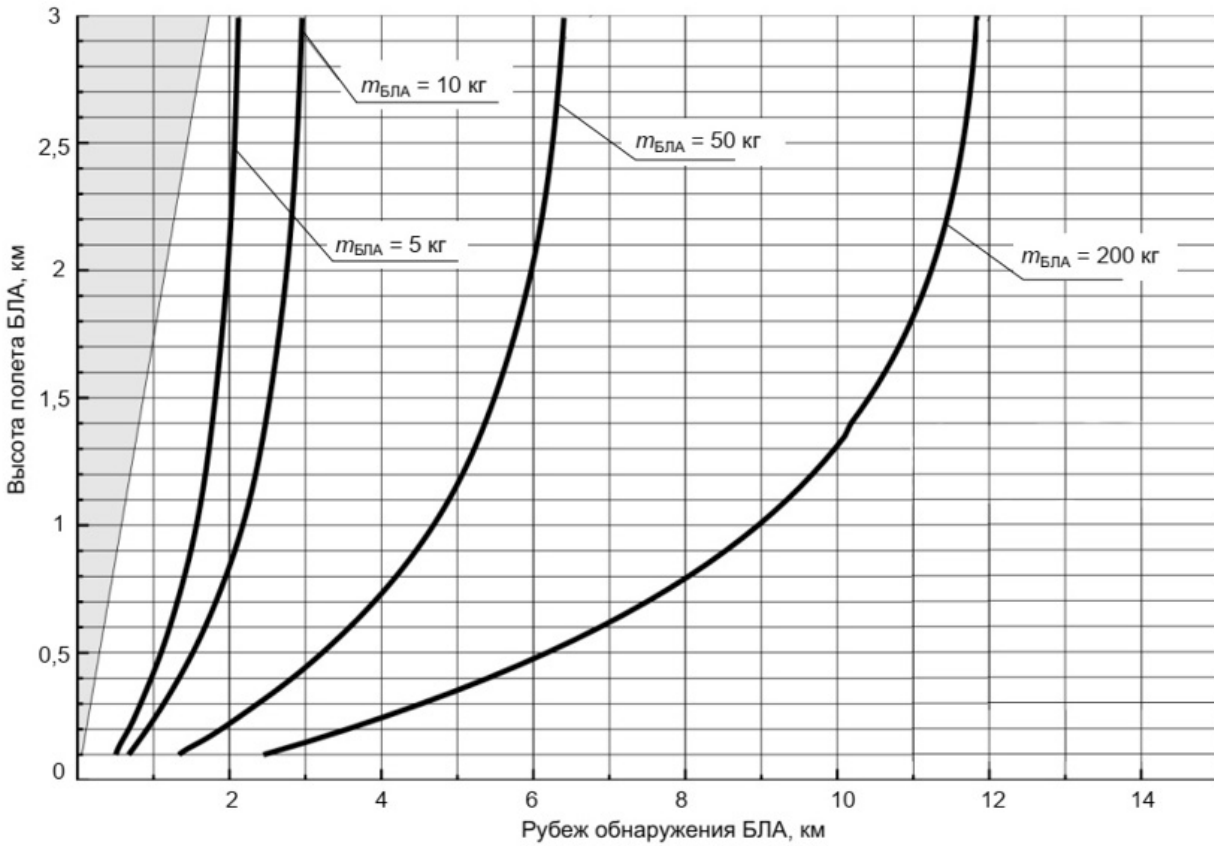


Рис. 2. Дальности обнаружения БЛА средствами ПВО

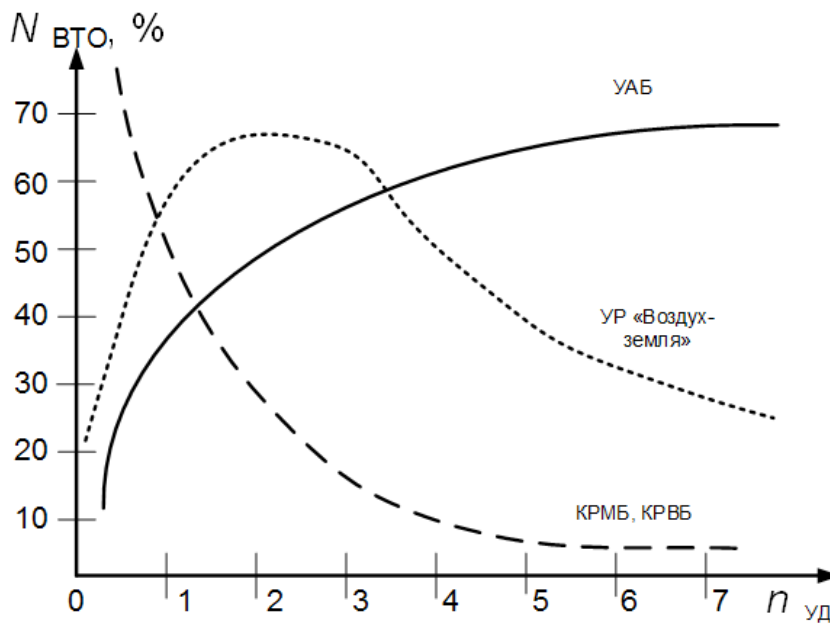


Рис. 3. Динамика применения ВТО различных классов в ходе военных действий (УАБ — управляемые авиационные бомбы, УР — управляемые ракеты, КРМБ (КРВБ) — крылатые ракеты морского (воздушного) базирования)

Развитие и совершенствование ВТО привело к качественному изменению характера вооруженной борьбы в воздушном пространстве, появлению новых приемов и способов ведения

боевых действий. При этом количество пилотируемой авиации, выполняющей боевые задачи, значительно сократилось, а количество БЛА возросло. Появление наряду с традиционными управляемыми авиационными ракетами, управляемыми и планирующими авиабомбами новых малогабаритных авиационных средств поражения позволило использовать БЛА в качестве платформ для доставки средств поражения к наземным целям. Кроме того, техническая интеграция БЛА и ВТО обеспечила создание и использование барражирующих боеприпасов («БЛА-камикадзе»), что привело к еще большему усложнению воздушной обстановки, а в перспективе при их массовом применении может полностью изменить картину в войнах будущего.

Военные конфликты в Сирии, Ливии и Нагорном Карабахе показали, что ущерб от применения бортовых высокоточных средств поражения БЛА (или поражение цели самим барражирующим боеприпасом) может быть несопоставимо большим по сравнению со стоимостью самого БЛА, а стоимость применяемых для уничтожения БЛА средств поражения (например, зенитных управляемых ракет) может значительно превышать стоимость БЛА. Все это создает перед ПВО дилемму: уничтожить такую цель, при этом обнаружив себя и неизбежно подвергнуться ответному удару или экономить силы и средства. Вполне очевидно, что любое из таких решений нерационально.

Таким образом, массовое применение разнотипных беспилотных летательных аппаратов создает большие проблемы для системы ПВО. Это обуславливает необходимость решения задач противовоздушной обороны на качественно новом уровне, т. е. поиска новых средств и методов ПВО.

Технические и организационные способы борьбы с авиационными средствами поражения наземных объектов.

На современном этапе развития средств ПВО должен быть предусмотрен комплекс мер, включающий разработку средств борьбы с новым классом целей, модернизацию существующих систем ПВО до уровня, обеспечивающего решение задач противовоздушной обороны в современных условиях.

Разработка новых средств противовоздушной обороны, обеспечивающих эффективную борьбу с БЛА, является приоритетным направлением, позволяющим дать достойный ответ новым вызовам в воздушной сфере. Ведущие мировые производители высокотехнологичных средств вооруженной борьбы уже демонстрируют новые системы обнаружения и поражения БЛА, в основе которых используются как традиционные элементы, так и средства, построенные на новых физических принципах.

Так, известен способ дистанционного воздействия волновыми сигналами на БЛА и создан целый ряд устройств для его реализации. Способ заключается в обнаружении БЛА и воздействии на него сигналом определенной мощности и длительности. При этом для вывода из строя радиоэлектронной аппаратуры БЛА используется излучение на частотах 3–15 ГГц. Созданы системы борьбы с БЛА на основе твердотельных лазеров регулируемой мощности и другие устройства.

Вместе с тем необходимо отметить, что процесс создания новых средств вооруженной борьбы, особенно высокотехнологичных, всегда был достаточно затратным по времени, материальным и финансовым средствам. Это является одним из главных факторов, обуславливающих некоторое отставание в развитии средств ПВО от средств воздушного нападения. Поэтому другим направлением, обеспечивающим достойный ответ на возникающие вызовы, является модернизация существующих многочисленных систем ПВО, что позволит не только продлить жизнь образцов вооружения, но и улучшить их боевые и технические характеристики. С появлением БЛА и барражирующих боеприпасов во многих странах идет возврат к использованию для борьбы с ними зенитных артиллерийских систем малого калибра (30, 57 мм). Они снимаются с хранения, оснащаются новыми системами обнаружения, наведе-

ния и управления (в т. ч. тепловизионными модулями), механизмами непрерывной подачи снарядов, а также новыми управляемыми (корректируемыми) боеприпасами и снарядами с программируемым подрывом. Массовое применение модернизированной скорострельной зенитной артиллерии в борьбе с БЛА позволит создавать зоны заградительного огня с осколочными полями высокой плотности, которые станут препятствием на маршрутах их полета.

Важным направлением совершенствования средств ПВО является модернизация зенитных ракетных комплексов (ЗРК), разработанных в конце XX в. и не рассчитанных на активную борьбу с БЛА. Особое внимание, как правило, уделяется ЗРК, показавших высокую эффективность в военных конфликтах и имеющих высокий модернизационный потенциал.

Например, военный конфликт в Нагорном Карабахе 2020 г. (Вторая Карабахская война) показал, что модернизированный ЗРК средней дальности Вооруженных Сил Азербайджана в реальных боевых действиях обеспечивал своевременное обнаружение малоразмерных БЛА и их уничтожение на требуемой дальности.

В результате проведения модернизации ЗРК осуществлен перевод радиоэлектронной аппаратуры комплекса на новую элементную базу высокой степени интеграции с использованием твердотельных приборов в ВЧ-тракте, средств цифровой обработки сигналов и процессорных технологий. Применение специальных алгоритмов обработки отраженных сигналов позволило улучшить характеристики РЛС и обеспечить эффективное обнаружение целей с малой отражающей поверхностью в условиях радиоэлектронных помех на требуемых дальностях.

Кроме того, получил практику новый способ борьбы с БЛА, когда радиолокационная станция ЗРК средней дальности, обнаружив БЛА, передавала их координаты боевым машинам ЗРК малой дальности, которые их успешно уничтожали. Реализация на практике данного способа действий подтверждает необходимость дальнейшего совершенствования системы управления средствами ПВО на основе создания единого информационного поля как воздушной, так и наземной обстановки. При этом продолжает оставаться актуальным способ маневренных действий средств ПВО, предусматривающий немедленный маневр на запасные позиции сразу после стрельбы. Этот способ действий успешно применяли силы ПВО Югославии в 1999 г. в условиях массированного применения войсками НАТО противорадиолокационных ракет. Эффективным он является и при действиях в условиях массированного применения БЛА. Дальнейшим развитием этого способа является организация маневренных действий средств ПВО в заданном районе, при котором их циклическое перемещение и стрельба осуществляются по единому плану с сохранением зоны обороны прикрываемых объектов.

Вторая Карабахская война вновь продемонстрировала большое значение применения маскировки и средств введения противника в заблуждение. При этом условия маскировки при ведении боевых действий в северных районах с горно-лесистой местностью значительно отличались от южных, где преобладал равнинно-пустынный ландшафт. Видеозаписи поражения беспилотными средствами средств ПВО, ракетных войск и артиллерии, бронетехники, автоколонн с живой силой и материальными средствами позволяют сделать вывод о чрезмерной уязвимости войск от ударов БЛА. Поэтому оснащение войск современными средствами маскировки является одной из первостепенных задач. Вместе с тем необходимо отметить, что инженерные средства маскировки только тогда эффективны, когда они полностью соответствуют местности конкретного района боевых действий. Например, маскировочные сети зеленого цвета, иногда применяемые на фоне пустынной местности из-за отсутствия других средств, будут вместо маскировки только демаскировать позиции войск и провоцировать нанесение по ним ударов БЛА.

Вторым важным элементом мероприятий, выполняемых для скрытия средств ПВО, является применение средств имитации как одного из видов маскировки. Такой вид маскировки предусматривает создание ложных объектов ПВО, а также имитацию признаков их

деятельности. В условиях ведения противником комплексной разведки системы ПВО имитация может выполнить свои функции лишь в том случае, если она будет организована нестандартно и будет способна имитировать признаки объектов ПВО для всех видов комплексной разведки противника с высокой степенью достоверности. Изготавливаемые макеты вооружений из подручных средств ушли в прошлое. Создание ложных позиций с высокой степенью достоверности возможно путем использования списанных образцов вооружения с сохранением их минимальных функциональных возможностей (работа агрегатов питания, вращение пусковых установок и антенных систем), а также путем применения специальных изделий промышленного изготовления. Новым направлением в разработке средств имитации могут стать жесткие конструкции (возможно трансформерного типа), выполненные из композитных материалов и обеспечивающих быстрое перемещение на заданную ложную позицию и развертывание за время, не превышающее времени развертывания боевого прототипа. Конструкция новых макетов должна обеспечивать разведывательные признаки в оптическом (идентичность внешнего вида), радиолокационном, радиотехническом и инфракрасном диапазонах волн, а в случае нанесения по ним ракетно-авиационного удара демонстрировать факт их поражения. Такие средства должны входить в штат подразделений ПВО и обслуживаться специальными штатными расчетами. Развертывание таких средств и имитация их деятельности должны осуществляться по сигналам управления в соответствии с общим планом действий.

Оценки специалистов, основанные на результатах моделирования боевых действий, показывают, что для обеспечения живучести ПВО количество ложных объектов должно составлять 50–75 % от количества действительных, что в условиях лимита времени можно обеспечить только на основе использования штатных средств имитации. Выполнение на практике комплекса мероприятий по введению противника в заблуждение, предусматривающего маскировку основных позиций, оборудование для каждой из них 1–2 ложных позиций повышенной достоверности, а также использование аэрозольных завес и маскирующих свойств местности позволит существенно снизить вероятность обнаружения и поражения противником средств ПВО. В противном случае при отсутствии защитных мер потери вооружения ПВО могут привести к выводу из строя системы ПВО уже к исходу первых суток войны, что достаточно наглядно продемонстрировал Карабахский конфликт.

Заключение.

Совершенствование противовоздушной обороны на новом этапе ее развития как ответ на существующие вызовы должно быть безотлагательным, носить комплексный характер и обеспечить построение системы ПВО, адаптированной к развитию и ожидаемому характеру действий СВН. В условиях массированного применения БЛА и барражирующих боеприпасов особенно остро стоит проблема сохранения живучести наземных средств ПВО. Необходимо осознать степень угрозы применения авиацией противника, в том числе и беспилотной, высокоточных средств поражения при непринятии мер по обеспечению скрытности средств ПВО. Активную позицию в решении этих важных вопросов должны занимать предприятия и научные организации промышленности. Отсутствие внимания к решению приведенных проблем может привести к непоправимым последствиям в будущем.

Литература:

1. Боевые действия в Персидском Заливе. Аналитический обзор. — М.: Инфо — ТАСС, 1991.
2. Выводы и предложения из опыта боевых действий войск ПВО в локальных войнах и конфликтах. — М.: ВВА, 1986.
3. Операция «Свобода Ирака». Информационный обзор. — Минск: ВА РБ, 2003.
4. Применение вооружений и военной техники во Второй Карабахской войне // Экспорт вооружений. — 2020. — № 5. — С. 25–29.

5. Перспективы развития применения беспилотных летательных аппаратов. — Режим доступа: <https://cluster.dasi27.ru/ru/news/perspektivy-razvitiya-primeneniya-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov>. — Дата доступа: 02.12.2021.

6. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения. — Режим доступа: <https://sccs.intelgr.com/archive/2020-01/05-Makarenko.pdf>. — Дата доступа: 20.12.2021.

7. Будущее за беспилотниками. Пентагон анализирует бои в Нагорном Карабахе. — Режим доступа: <https://regnum.ru/news/it/3087865.html>. — Дата доступа: 06.12.2021.

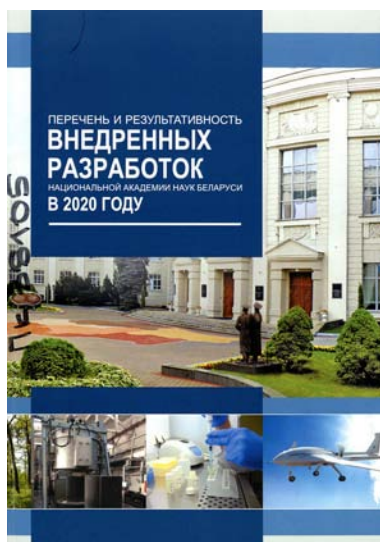
8. Основные БЛА, применяемые Азербайджаном в Карабахе. — Режим доступа: <https://ru.armeniasputnik.am/infographics/20201030/25111517/Osnovnye-BPLA-primenyayemye-Azerbaydzhanom-v-Karabakhe.html>. — Дата доступа: 02.12.2021.

Республиканская научно-техническая библиотека (РНТБ) особенно близка к сфере ученых, потому что она предоставляет достоверную информацию о мировых достижениях в области науки и техники, в ней собраны труды, отражающие результаты плодотворной научной деятельности, в том числе созданные изобретения.

Однако особую ценность и законную гордость составляют внедренные изобретения, приносящие ощутимую пользу нашей стране.

Внедрение и коммерциализация изобретений — не самый простой процесс. В библиотеке сосредоточен полезный опыт, который может существенно облегчить этот путь. Публикаций на эту тему немало, но мы в нашем фонде постарались найти те, которые представляются наиболее полезными в деле коммерциализации результатов научно-технической деятельности (НТД).

Наука является основой практически всех сфер современной жизни. Именно труд ученых во многом призван задавать вектор инновационному и поступательному развитию всего общества.



Издание с говорящим названием «Перечень и результативность внедренных разработок Национальной академии наук Беларуси в 2020 году» — это каталог внедренных в 2020 г. разработок, созданных в организациях НАН Беларуси в рамках государственных программ различного уровня. В государственных научно-производственных объединениях НАН Беларуси развиваются предприятия по производству новой высокотехнологичной продукции, представленной в этом издании. Содержание книги сформировано по направлениям практического использования разработок в отраслях экономики на основе материалов организаций-разработчиков и отделений наук НАН Беларуси: IT-отрасль, математика, авиакосмическая отрасль, медицина и фармацевтика, новые материалы и технологии, нанотехнологии, промышленный комплекс и др. Издание, предназначенное для работников государственных органов, руководителей и специалистов государственных и негосударственных организаций, наглядно показывает, что в качестве высшей научной организации страны НАН Беларуси проводит активную работу как в области получения нового знания, так и по его практической реализации в отраслях экономики.



По своей сути коммерциализация результатов научно-технической деятельности представляет собой деятельность, обеспечивающую эффективное использование бюджетных средств, выделенных на создание результатов НТД. Понятие «коммерциализация результатов НТД» полноценно вошло в законодательство Республики Беларусь в 2013 г. после вступления в силу Указа Президента Республики Беларусь от 4 февраля 2013 г. № 59 «О коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, созданных за счет государственных средств». Указу № 59, внесенным за последние годы изменениям и дополнениям к нему, а также практическому использованию его норм посвящено издание ГУ «БелИСА», выпущенное под эгидой Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь (ГКНТ) в 2020 г.

Среди белорусских ученых, активно занимающихся вопросами коммерциализации, — Юрий Васильевич Нечепуренко, кандидат химических наук, заведующий научно-инновационным отделом учреждения Белорусского государственного университета «Научно-исследовательский институт физико-химических проблем», автор 10 изобретений и более 180 научных работ, постоянный читатель РНТБ.

Ю. В. Нечепуренко активно публикуется в белорусских и российских журналах, разрабатывая проблему инновационной деятельности в сфере управления интеллектуальной собственностью. Так, в статье «Правовая охрана и коммерциализация товарного рынка с использованием Евразийской патентной системы» он проанализировал правовую охрану и коммерциализацию в рамках Евразийской патентной конвенции созданных белорусскими правообладателями изобретений. Особое внимание уделено государствам Евразийского экономического союза, в котором экспорт товаров Республики Беларусь в 2000–2019 гг. составил 41,7 %. Показано распределение евразийских патентов по основным группам правообладателей. Сделан вывод о том, что зарубежные заявители предпочитают осуществлять охрану своих изобретений в Республике Беларусь, используя Евразийскую патентную систему.

Научно-практический характер носит предлагаемое вниманию специалистов издание «Коммерциализация результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь», выпущенное издательством БГУ в 2019 г. В нем Ю. В. Нечепуренко рассмотрел экономические и организационно-правовые механизмы коммерциализации результатов научно-технической деятельности в Республике Беларусь. Значительное внимание уделено автором вопросам выработки и реализации стратегии продвижения их на рынок, необходимым для этого условиям, стимулированию создания и введения в экономический оборот результатов научно-технической деятельности, а также основным способам и особенностям трансфера технологий на отечественный и зарубежный рынки. В книге показан порядок оформления прав на результаты НИИОКР, подробно описан алгоритм принятия к учету этих результатов. В отдельный раздел выделены вопросы разработки охраны коммерческой тайны в организации. В приложениях содержится полный перечень нормативных правовых актов Республики Беларусь по коммерциализации результатов научно-технической деятельности по состоянию на 1 июля 2019 г., а также некоторые примерные формы лицензионного договора о предоставлении права использования патента на изобретение и договора о предоставлении права использования секретов производства (ноу-хау), которые наиболее часто встречаются в практической деятельности организации.

Еще одно комплексное издание по этой теме подготовлено и выпущено в 2019 г. коллективом авторов Института экономики НАН Беларуси. В двух первых главах монографии «Совершенствование механизма коммерциализации инноваций в Беларуси с учетом опыта Китая»





рассмотрены теоретические, методологические и практические аспекты коммерциализации результатов научной и научно-технической деятельности, детально показаны особенности действующего механизма коммерциализации результатов научной и НТД в Республике Беларусь, исследована практика Китайской Народной Республики в области коммерциализации инноваций, приводится сравнительный анализ рынков интеллектуальной собственности и патентной активности двух стран. Третья глава содержит конкретные практические меры стимулирования активизации коммерциализации результатов научно-технической деятельности, рекомендации по совершенствованию правовых и организационно-экономических механизмов коммерциализации в нашей стране с учетом опыта Китая. В приложениях приводятся: динамика товарной структуры экспорта КНР и наиболее динамично растущие

экспортные товары КНР. Книга рассчитана на научных и практических работников, аспирантов, магистрантов и студентов-дипломников. Она активно используется абонентами РНТБ.

Успешный зарубежный европейский опыт по продвижению и поддержке инновационной системы, коммерциализации технологий и инноваций проанализирован аспирантом кафедры международных экономических отношений БГУ Анастасией Игоревной Киселевич. Достаточно большой набор инструментов, направленных на развитие коммерциализации, представлен ею на основе Швеции и Норвегии — «*Особенности коммерциализации инноваций в развитых странах на примере Норвегии и Швеции*». Региональный стратегический подход к инновациям автор проиллюстрировала на примере Франции: «*Коммерциализация инноваций: опыт и особенности Франции*». Среди выделенных исследователем критериев успеха инновационной политики и модели коммерциализации технологий развитых европейских

стран: тесная связь между проводимыми фундаментальными и прикладными исследованиями; изначально тесные связи научного кластера с промышленностью; кадровый молодежный ресурс, который достигается благодаря связи университетов с государственными научно-техническими учреждениями, организациями, а также производственными компаниями; сильная региональная составляющая, подразумевающая под собой наличие инновационных центров, инкубаторов по всей стране; быстрое реагирование компаний с возможностью аккумуляции и выделения необходимых ресурсов; международный имидж французских инновационных компаний, 15 % расходов которых идет на НИИОКР. Статьи опубликованы в 2019 г. в сборниках:

Киселевич, А. И. / А. И. Киселевич, О. Ф. Малашенкова // Беларусь в современном мире = Беларусь у сучасным свеце: материалы XVIII Международной научной конференции, посвященной 98-летию образования Белорусского государственного университета, Минск, 30 октября 2019 г. / [редакционная коллегия: В. Г. Шадурский (председатель) и др.]. — Минск, 2019. — С. 248–251.

Киселевич, А. И. Особенности коммерциализации инноваций в развитых странах на примере Норвегии и Швеции / А. И. Киселевич // Стратегия развития экономики Беларуси: вызовы, инструменты реализации и перспективы: сборник научных статей: в 2 т. / Национальная академия наук Беларуси, Институт экономики Национальной академии наук Беларуси; [редакционная коллегия: В. И. Бельский (главный редактор) и др.]. — Минск, 2019. — Т. 1. — С. 494–499.



Феномен возникновения центров трансфера технологий в Европе и США, их сравнительных анализ исследуется в статье «Стратегическая сравнительная характеристика европейских и американских центров трансфера технологий». Описанный зарубежный опыт может быть полезен для разработки стратегий развития коммерциализации научных разработок.

Хотелось бы обратить внимание и на статьи, посвященные опыту коммерциализации результатов научно-исследовательской деятельности и трансфера технологий Республики Польша. Статья сотрудников Komag Institute of Mining Technology (Польша) M. Malec, L. Stanczak, B. Ricketts «Integrated commercialization model of research and development project results», опубликованная в журнале Management Systems in Production Engineering (издатель: Walter de Gruyter) в 2020 г.¹, посвящена анализу результатов исследования моделей, используемых для оценки процессов передачи инновационных технологий от научно-исследовательских институтов на производство (горнодобывающих машин и оборудования), а также исследованию барьеров, стоящих на пути процесса трансфера технологий. В статье описываются модели, используемые для оценки процессов передачи инновационных технологий, такие как модель передачи Краковского технологического университета, объединенная модель (наука + рынок) и другие. Особое внимание уделяется процессу генерации инновационных идей и эффективному управлению проектами. На основе интегрированной модели даны практические управленческие рекомендации для успешной коммерциализации инновационных решений.

Статья польских ученых, сотрудников Экономического университета в Познани A. Szulczewska-Remi, H. Nowak-Mizgalska «Who really acts as an entrepreneur in the science commercialisation process: the role of knowledge transfer intermediary organisations», опубликованная в журнале Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies (издатель: Emerald) в 2021 г.², рассматривает роль посреднических организаций в процессе передачи знаний и трансфере технологий двух стран — Республики Польша и Чешской Республики.

Доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры менеджмента и инноваций, главный научный сотрудник ИПРЭ РАН (Россия, г. Санкт-Петербург) Алексей Дмитриевич Шматко вместе со своим магистрантом Ван Анькэ рассматривают вопрос коммерциализации инновационных проектов на примере известных компаний. В их статье «Коммерциализация инновационных проектов: обзор передового зарубежного опыта»³ показаны возможные методы коммерциализации результатов исследований и разработок. В качестве успешной коммерциализации проектов приведен опыт компаний McDonalds, Facebook, Snap Inc., а также рассмотрен механизм монетизации результатов научно-исследовательских работ в израильском Институте имени Вейцмана.

Эти примеры коммерциализации проектов подтверждают, что для того, чтобы идея начала приносить деньги, необходимо появление тех, кто в нее поверит. Только последние должны иметь достаточное финансирование для ее реализации. Так, по мнению авторов, сегодня даже самые безумные и странные товары становятся в миг популярными при помощи достаточной



¹Malec M. [Electronic resource] / M. Malec, L. Stanczak, B. Ricketts // Management Systems in Production Engineering. — 2020. — Vol. 28, No. 4. — P. 228–239. — Scopus. — Дата доступа: 14.01.2022. — DOI 10.2478/mspe-2020-0033.

²Szulczewska-Remi A. Who really acts as an entrepreneur in the science commercialisation process: the role of knowledge transfer intermediary organisations [Electronic resource] / A. Szulczewska-Remi, H. Nowak-Mizgalska // Journal of Entrepreneurship in Emerging Economies. — 2021. — Scopus. — Дата доступа: 14.01.2022. — DOI 10.1108/JEEE-09-2020-0334.

³Шматко, А. Д. Коммерциализация инновационных проектов: обзор передового зарубежного опыта / А. Д. Шматко, А. Ван // Форум молодых ученых. — 2019. — № 5(33). — С. 1407–1412.



рекламы. А успех коммерциализации заключается в первоначальной ориентации бизнеса не на обогащение, а на перспективу.

Российский опыт многих сфер деятельности всегда был близок нашей стране. Коммерциализация НТД тоже не стала исключением. Обращаем ваше внимание на некоторые последние публикации российских ученых.

Исследованиями в области коммерциализации инноваций и трансфера технологий активно занимается Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, в частности сотрудники кафедры организационно-управленческих инноваций. В сборнике статей «Инструменты и методы коммерциализации инноваций в современной концепции менеджмента», выпущенной под редакцией доктора экономических наук, профессора Владимира Викторовича Великороссова, в 2021 г. опубликованы исследования, посвященные проблеме достижения существенных результатов в инновационной сфере и вопросам развития коммерциализации инноваций в России. В этом же издании помещена статья В. В. Великороссова «Формирование стратегии коммерциализации инноваций в сфере наукоемкого производства», в которой показано, что главной причиной низких темпов инновационного развития в России остается слабая развитость институтов коммерциализации инноваций.

Статья генерального директора Института рынка и интеллектуальной собственности Валерия Валерьевича Антипина «О роли института интеллектуальной собственности как механизма внедрения достижений науки в производство» посвящена вопросам внедрения интеллектуальных результатов НИОКР в производство при реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации; роли института интеллектуальной собственности, а также экономическим и другим преференциям для создания современных технологий на базе НИОКР.

В предложенном нами обзоре обозначены далеко не все источники информации по коммерциализации результатов НТД как важному направлению инновационного развития страны. Доступ к полному списку публикаций «Коммерциализация результатов научной и научно-технической деятельности. Белорусский, российский и зарубежный опыт» (за последние три года) возможен на портале РНТБ и в данном материале представлен посредством QR-кода.

Обзор подготовили М. С. Рафеева и Н. С. Шалыгина



ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

В журнале «Новости науки и технологий» публикуются научные и проблемные статьи, а также краткие сообщения по вопросам экономики и управления народным хозяйством, развития науки и технологий в Республике Беларусь и других странах, посвященные пропаганде перспективных направлений науки и техники, производства, инновационной деятельности, международного сотрудничества.

Приказом Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 21 января 2015 г. № 16 журнал включен в Перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований по экономическим и техническим наукам.

Журнал включен в наукометрическую базу данных — Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). Электронные версии статей, опубликованных в журнале, размещаются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU.

Редакция журнала приглашает ученых и специалистов в качестве авторов статей журнала и просит при представлении материалов руководствоваться следующими правилами.

1. Рукопись статьи (далее — статья, произведение) на русском, или белорусском, или английском языках представляется в редакцию на бумажном носителе (формат А4) в двух экземплярах, пронумерованных и подписанных всеми авторами.

2. К статье о результатах работ, выполненных в организации, прилагают: ходатайство (сопроводительное письмо) организации об опубликовании статьи; заключение (акт экспертизы) об отсутствии в работе сведений, составляющих государственную тайну; рецензию (для научных статей). Нельзя направлять в редакцию работы, напечатанные в иных изданиях либо направленные в иные издания.

3. Электронный вариант статьи в форматах документов *.doc, *.docx и **метаданные произведения** представляются на электронном носителе (CD, DVD) либо электронным письмом с приложением на электронный почтовый ящик **vl@belisa.org.by**. Названия прикрепленных к письму файлов должны включать фамилии авторов.

4. В редакцию на бумажном носителе представляются **лицензионный договор и акт приема-передачи произведения**, оформленные и подписанные каждым автором. *Авторы, ранее заключившие договор с журналом, предоставляют только акт приема-передачи произведения.*

5. Основной текст статьи набирается шрифтом типа Times, размер символов 12 п., одинарный интервал, абзацный отступ 1 см, поля: левое — 3, правое — 1, верхнее — 2, нижнее — 2 см, в текстовых редакторах Word под Windows, для формул — в формульном редакторе Word.

6. Рукописи статей должны включать следующие элементы:

- индекс УДК (<http://udc.biblio.uspu.ru/>);
- **название статьи на русском и английском языках;**
- **сведения об авторах** (для каждого из авторов) **на русском и английском языках:** фамилия, имя, отчество; должность, ученая степень, ученое звание; название организации, в которой работает (учится), город, страна;

– аннотацию (резюме) (до 250 печатных знаков) к статье **на русском и английском языках;**

– ключевые слова или словосочетания (до 15) **на русском и английском языках** (ключевые слова или словосочетания отделяются друг от друга запятой);

– полный текст статьи;

– библиографический список литературы (только на языке оригинала).

7. Объем статьи не должен превышать 10 страниц (включая таблицы, иллюстрации (не больше 5) и список литературы). Принимаются краткие сообщения до трех страниц. Объем научной статьи, учитываемой в качестве публикации по теме диссертации, должен составлять не менее 0,35 авторского листа (14 000 печатных знаков с пробелами).

8. Весь иллюстративный материал (кроме диаграмм MS Excel, MS Graph) предоставляется в наилучшем качестве в виде отдельных файлов с разрешением не менее 300 dpi, содержащих номер рисунка с расширением, указывающим на формат используемого файла (*1.TIF, *2.JPG и т. д.), а также (или) в форме отпечатанных фотографий. Каждый рисунок должен иметь название, которое помещается под рисунком. Если в тексте более одного рисунка, то они нумеруются арабскими цифрами (например: «Рис. 1. Название...»). Номер помещается перед названием. Таблицы вставляются в текст, они должны обязательно иметь название и заголовки всех граф.

9. Основным шрифтом набираются: греческие и русские буквы; математические символы (sin, lg); символы химических элементов (C, Cl, CHCl₃); цифры (римские и арабские); векторы, индексы (верхние и нижние), являющиеся сокращениями слов. Курсивом набираются латинские буквы: переменные, символы физических величин (в том числе и в индексе). Жирным шрифтом набираются векторы (стрелки сверху не ставятся), а также слова и цифры, которые нужно выделить. Формулы с дробями, знаками сумм, интегралов, верхними и нижними индексами набираются в редакторе формул MathType. Отдельно стоящие в тексте буквы (a, b, d, j, l, m, g и др.), знаки и символы (€, ±, ', '¹, ¥, °, Ï и др.) набираются без использования редактора формул: они вставляются из меню Вставка/Символ. Если длина формулы превышает длину строки, то следует разорвать данную формулу на несколько строк в соответствии с правилами переноса математических формул.

10. Размерности всех величин, используемых в тексте, должны соответствовать Международной системе измерения (СИ).

11. Литература приводится общим списком в конце статьи. Ссылки на литературу в тексте идут по порядку и обозначаются цифрой в квадратных скобках (например: [1], [2]). Список литературы оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1-2003. Литература на английском языке набирается по тем же правилам, что и русскоязычная. Ссылки на неопубликованные работы не допускаются.

12. Иллюстрации, формулы, уравнения и сноски, встречающиеся в статье, нумеруются в соответствии с порядком цитирования в тексте.

13. Представляя текст статьи для публикации в журнале, авторы гарантируют правильность всех сведений о себе, отсутствие плагиата и других форм неправомерного заимствования в представленной рукописи статьи, надлежащее оформление всех заимствований текста, таблиц, схем, иллюстраций.

14. Материалы и рукописи статей, представленные в редакцию с нарушением требований настоящих Правил, редакцией не рецензируются и не рассматриваются на предмет опубликования. Рукописи автору не возвращаются.

15. Оригиналы авторских рукописей хранятся в редакции в течение года, рецензий — в течение трех лет.

16. Рецензирование научных материалов осуществляется путем стороннего и внутреннего рецензирования. При стороннем рецензировании авторы прилагают к рукописи статьи внешнюю рецензию доктора или кандидата наук, заверенную в установленном порядке, при этом редакция оставляет за собой право проведения дополнительного внутреннего рецензирования. Внутреннее рецензирование осуществляется членами редакционной коллегии соответствующего научного профиля с ученой степенью доктора или кандидата наук, назначаемыми редакционной коллегией, редакционным советом или главным редактором. Основным критерием целесообразности публикации является новизна и информативность статьи. При наличии отрицательной рецензии статья возвращается автору для доработки с учетом замечаний рецензента. Переработанные авторами статьи повторно направляются на рецензирование. В случае повторной отрицательной рецензии статья снимается с дальнейшего рассмотрения редколлегией. Датой поступления статьи считается день получения редакцией окончательного варианта статьи. В случае отказа в опубликовании представленных материалов редакция не дает письменного заключения о причинах такого решения, не знакомит автора с результатами рецензирования и не возвращает поступившие материалы.

17. Редакция оставляет за собой право на редакционные изменения, не искажающие основное содержание статьи.

**Раздел подготовлен по материалам издательства
научной и медицинской литературы Elsevier,
а также материалов**

**Международного Комитета
по публикационной этике (COPE)**

18. Этика научных публикаций.

18.1. Все статьи, предоставленные для публикации в журнале «Новости науки и технологий», проходят рецензирование на оригинальность, этичность и значимость. Соблюдение стандартов этического поведения важно для всех сторон, принимающих участие в публикации: авторов, редакторов журнала, рецензентов, издателя.

18.2. Автор материала, представленного к опубликованию, не должен публиковать работы, которые описывают по сути одно и то же исследование, более чем один раз или более чем в одном журнале.

Предоставление рукописи более чем в один журнал одновременно означает неэтичное издательское поведение и является недопустимым.

18.3. Авторство необходимо ограничить теми лицами, которые внесли ощутимый вклад в концепцию, проект, исполнение или интерпретацию заявленной работы. Всех, кто внес ощутимый вклад, следует внести в список соавторов.

18.4. Автор должен гарантировать, что список авторов содержит только действительных авторов и в него не внесены те, кто не имеет отношения к данной работе, а также то, что все соавторы ознакомились и одобрили окончательную версию статьи и дали свое согласие на ее публикацию.

18.5. Редколлегия рецензируемого журнала «Новости науки и технологий» является ответственной за принятие решения о том, какие статьи будут опубликованы в журнале. Решение принимается на основании представляемых на статью рецензий. Редактор может советоваться с другими редакторами для принятия решений.

18.6. Редакционная коллегия журнала «Новости науки и технологий» при рассмотрении статьи на основании рекомендации Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь может произвести проверку материала с помощью системы «Антиплагиат».

18.7. Неопубликованные материалы, находящиеся в предоставленной статье, не должны быть использованы в собственном исследовании научного редактора и рецензентов без специального письменного разрешения автора.

18.8. Рецензенты должны идентифицировать опубликованную работу, которая не была процитирована автором. Любое утверждение, что наблюдения, происхождение либо аргумент ранее были сообщены, необходимо сопровождать соответствующей ссылкой. Рецензент также должен донести до сведения редакции о любой существенной схожести или частичном совпадении между рукописью, которая рецензируется, и другой уже опубликованной работой, которая ему знакома.

18.9. Приватная информация или идеи, возникшие в процессе рецензирования, должны остаться конфиденциальными и не могут быть использованы в личных интересах. Рецензент не должен рассматривать рукопись, если имеет место конфликт интересов в результате его конкурентных, партнерских либо других отношений или связей с кем-либо из авторов, компаний или организаций, связанных с материалом публикаций.

18.10. Рецензенты или кто-либо из сотрудников штата редакции не должны разглашать никакую информацию о предоставленной рукописи кому-либо, кроме самого автора, рецензентов, потенциальных рецензентов, других редакционных советников и издателя, поскольку она является конфиденциальной.

**Материалы в редакцию следует направлять по адресу:
пр. Победителей, 7, 220004, г. Минск
ГУ «БелИСА» (журнал «Новости науки и технологий»)
Тел.: (+375 17) 203-41-23, 306-09-46,
факс: (+375 17) 226-63-25**

УСИЛИТЕЛИ МОЩНОСТИ

Предназначены для работы в качестве передающих ВЧ- и СВЧ-модулей в системах радиолокации, радиосвязи, радиоэлектронного подавления, в составе фазированных антенных решеток.



ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Диапазон рабочих частот, ГГц	0,15–0,17	3,0–3,3	3,0–3,3	2–4	8–9
Коэффициент усиления, дБ	50	50	10	36	35
Выходная мощность, Вт	10	30	350	40	50
Дискрет изменения амплитуды, дБ	–	0,5	–	2	–
Диапазон изменения амплитуды, дБ	–	30	–	10	–
Дискрет изменения фазы, град.	–	5,6	–	5,6	–
Коэффициент полезного действия, %	30	20	60	30	40
Режим работы	непр./имп.	непр./имп.	имп. $Q \geq 8$	непр./имп.	непр./имп.
Диапазон рабочих температур, °С	от –40 до +80	от –40 до +80	от –40 до +80	от –40 до +80	от –40 до +80

Имеют внешний CAN-интерфейс и встроенную диагностику.

✳ Возможна разработка и изготовление по требованиям Заказчика.



Республика Беларусь, 220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1
Тел.: (+375 17) 311-05-69, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspb.com

