

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

**ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПАКТНОГО
ПОЛИГОНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫХ СИСТЕМ
ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ**

SPECIAL ASPECTS OF PRACTICAL USE OF COMPACT TESTING GROUND
FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF ANTENNA SYSTEMS
BY MEASUREMENTS IN THE NEAR ZONE

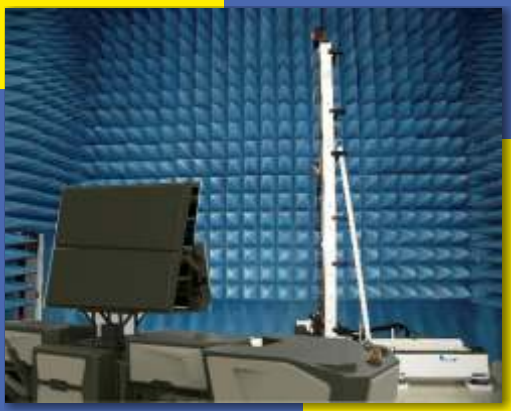
**СИНТЕЗ КОНФОРМНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ЗАДАННЫМ УРОВНЕМ
КРОССПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

SYNTHESIS OF CONFORMAL ARRAYS WITH A GIVEN LEVEL
OF CROSS-POLARIZATION RADIATION

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ
И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПО ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ**
COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE MODERNIZED AND EXISTING SYSTEMS
OF DIAGNOSING BY THEIR EFFICIENCY

Лабораторно-испытательный комплекс антенных измерений

Предназначен для проведения измерений характеристик и параметров антенн, а также отражающих свойств различных объектов.



СОСТАВ

- 1 Полубезэховая экранированная камера
- 2 Плоский сканер ближнего поля
- 3 Автоматизированный измерительный комплекс для измерений во временной области

1

ПОЛУБЕЗЭХОВАЯ ЭКРАНИРОВАННАЯ КАМЕРА

Обеспечивает подавление мощности внешних и внутренних помех при проведении измерений во временной и частотной области.

Основные технические характеристики:

Диапазон рабочих частот.....1,5–26 ГГц
Эффективность экранирования.....не менее 50 дБ
Коэффициент отражения по нормали к плоскости сканирования.....не хуже –30 дБ

2

ПЛОСКИЙ СКАНЕР БЛИЖНЕГО ПОЛЯ

Предназначен для проведения испытаний и высокоточных измерений радиотехнических характеристик и параметров крупноразмерных антенн радиотехнических систем различного назначения методом ближней зоны.

Обеспечивает:

- измерение законов распределения амплитуд и фаз электромагнитного поля на излучающей поверхности антенн
- расчет диаграмм направленности и основных параметров антенн высокой и средней направленности
- проведение коррекции и калибровки каналов фазированных антенных решеток;
- выполнение дефектоскопии антенн

Основные технические характеристики:

Диапазон рабочих частот.....1,5–14,0 ГГц
Максимальные размеры рабочей области сканера:
по горизонтали (ось X).....8300 мм
по вертикали (ось Y).....6180 мм
по нормали к плоскости сканирования (ось Z).....750 мм
Погрешность позиционирования зонда
(среднеквадратическое отклонение).....не более 0,2 мм по всем координатам
Минимальный шаг между
дискретными положениями зонда.....1 мм по всем координатам



Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью (НПООО) «ОКБ ТСП»

220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1, Республика Беларусь

Тел.: (+375 17) 311-05-69, 311-05-67, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspbels.com

НАУЧНО - ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

NEWS OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

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

Шумилин Александр Геннадьевич

д-р экон. наук, доцент, Председатель ГКНТ

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ

Гришук Виктор Михайлович

канд. техн. наук, доцент, директор ГУ «БелИСА», главный редактор

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Баханович Александр Геннадьевич

д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей», проректор БНТУ

Бойков Владимир Петрович

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

Ботеновская Екатерина Сергеевна

канд. экон. наук, специалист отдела экспортного контроля и внешнеэкономической деятельности НПООО «ОКБ ТСП»

Володько Владимир Фёдорович

д-р пед. наук, профессор, зав. кафедрой менеджмента 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, зав. кафедрой «Экономика и логистика» БНТУ, научный редактор

Коробкин Владимир Андреевич

д-р техн. наук

Косовский Андрей Аркадьевич

канд. экон. наук, доцент, Первый заместитель Председателя ГКНТ

Листопад Николай Измаилович

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

Савенко Сергей Александрович

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

Щербаков Сергей Сергеевич

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

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

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

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

№ 2 (53) 2020 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 работала:

О. М. Сенкевич, Е. В. Судилковская.

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. 5,43.

Гарнитура Minion.

Подписано в печать 29.06.2020 г.

Тираж 100 экз. Заказ № 4.

Отпечатано в издательско-полиграфическом
отделе ГУ «БелИСА».

Лиц. 02330/485 от 14.09.2018.

В НОМЕРЕ:

НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

Особенности практического использования компактного полигона для определения характеристик антенных систем по измерениям в ближней зоне

А. Г. Будай, А. П. Гринчук, А. В. Громыко

Special Aspects of Practical Use of Compact Testing Ground for Determining the Characteristics of Antenna Systems by Measurements in the Near Zone 3

A. Budai, A. Grinchuk, A. Hramyka

Синтез конформных антенных решеток с заданным уровнем кроссполяризационного излучения

М. О. Бусел, А. А. Калинин, А. Г. Романович, Д. Г. Буянов

Synthesis of Conformal Arrays With a Given Level of Cross-Polarization Radiation 12

M. Busel, A. Kalinin, A. Romanovich, D. Bujanov

Сравнительная оценка модернизированной и существующей систем диагностирования по их эффективности

И. А. Осадчий, В. А. Липницкий

Comparative Assessment of the Modernized and Existing Systems of Diagnosing by Their Efficiency 20

I. Osadchij, V. Lipnitsky

Исследования надежности автомобилей в процессе их технической эксплуатации

И. В. Матвиенко, В. С. Ивашко

Research of Reliability of Cars in the Process of Their Technical Operation 30

I. Matvienko, V. Ivashko

Анализ международного рейтинга стран по уровню развития социального предпринимательства

Д. В. Диковицкая

Analysis of International Experience in the Development of Social Entrepreneurship 38

D. Dikovitskaya

Индексный анализ условий инновационного развития стран с малой экономикой

Е. С. Ботеновская

Index Analysis of the Conditions of Innovative Development of Countries with a Small Economy 46

E. Botenovskaya

НА ЗАМЕТКУ

Правила для авторов 59

УДК 621.396.677.494

ОСОБЕННОСТИ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПАКТНОГО ПОЛИГОНА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК АНТЕННЫХ СИСТЕМ ПО ИЗМЕРЕНИЯМ В БЛИЖНЕЙ ЗОНЕ

SPECIAL ASPECTS OF PRACTICAL USE OF COMPACT TESTING GROUND FOR DETERMINING THE CHARACTERISTICS OF ANTENNA SYSTEMS BY MEASUREMENTS IN THE NEAR ZONE

А. Г. Будай,

зав. лабораторией прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ, канд. техн. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

А. П. Гринчук,

ст. научный сотрудник лаборатории прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ,
канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

А. В. Громыко,

ст. научный сотрудник лаборатории прикладной электродинамики НИИПФП им. А. Н. Севченко БГУ,
г. Минск, Республика Беларусь

A. Budai,

Head of Applied Electrodynamics Laboratory, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems,
Belarusian State University, PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Grinchuk,

Senior Research Associate, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University,
PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Hramyka,

Senior Research Associate, A. N. Sevchenko Research Institute of Applied Physical Problems, Belarusian State University,
Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 23.02.2020 г.

На примерах практического применения экспериментальных образцов измерительных комплексов с планарным и сферическим сканированием в ближней зоне показаны возможности восстановления структуры поля излучения антенных систем на любых расстояниях от излучающей апертуры.

Practical applications of experimental samples of measuring complexes with planar and spherical scanning in the near zone show the possibilities of restoring the radiation field structure of antenna systems at any distance from the radiating aperture.

Ключевые слова: антенная система, диаграмма направленности, ближняя зона, измерительный комплекс.

Keywords: antenna system, directional pattern, near zone, measuring complex.

Введение.

Основной характеристикой антенны как излучающего и приемного устройства является диаграмма направленности (ДН), определяющая структуру поля излучения антенны на значительном расстоянии от антенны — в дальней зоне. Физический смысл понятия дальне зоны состоит в том, что на рассматриваемом расстоянии поле излучения имеет характер плоской волны. Это значит,

что если исследуемая антенна работает в режиме приема, то падающая волна должна иметь одинаковую амплитуду и фазу в любой точке апертуры исследуемой антенны. В зависимости от способа формирования этого условия различают два основных метода измерения ДН: измерения в дальней зоне и измерения в ближней зоне.

Измерения в дальней зоне предполагают использование исследуемой и зондовой

антенн, установленных на соответствующих поворотных устройствах, расстояние L между которыми определяется критерием дальней зоны:

$$L \geq 2D^2/\lambda,$$

где D — максимальный линейный размер апертуры исследуемой антенны, λ — длина волны, на которой проводится измерение.

Как правило, в качестве зондовой антенны используются слабонаправленные антенны, а измеряемая ДН инвариантна по отношению к тому, в каком режиме (прием или передача) работает измеряемая антенна. При значительных электрических размерах апертур исследуемых антенн (отношение D/λ определяет электрические или волновые размеры апертуры) расстояние L может достигать десятков и сотен метров. Поэтому такие измерения проводятся на антенных полигонах, представляющих собой специально оборудованные площадки с вышками для установки измеряемой и зондовой антенн, а также необходимой измерительной аппаратуры. Кроме того, на полигонах принимаются специальные меры для минимизации мешающих отражений от посторонних предметов и сооружений. Измерения в дальней зоне являются прямым методом, достаточно просты, не требуют сложной аппаратуры, могут использоваться для измерения ДН любых типов антенн, однако обладают рядом недостатков:

- значительными расстояниями между исследуемой и зондовой антенной, что предполагает проведение измерений вне помещений;
- существенным влиянием подстилающей поверхности;
- зависимостью от погодных условий;
- невозможностью обеспечения скрытности измерений;
- невозможностью измерения пространственной ДН (как правило, измеряют некоторые сечения).

Измерения в ближней зоне свободны от этих недостатков. Методологической основой этих измерений являются синтезирова-

ние участка фронта плоской волны за счет последовательного помещения слабонаправленной антенны в узловые точки, расположенные на некоторой поверхности вблизи исследуемой антенны и измерения амплитуды и фазы поля излучения в этих точках. В дальнейшем полученная информация обрабатывается, и путем математических расчетов вычисляются требуемые характеристики. Этот метод называется радиоголографическим или амплифазометрическим. Так как интенсивность поля излучения антенной системы и его структура на различных расстояниях от излучающей апертуры однозначно математически связаны, то по измеренному полю на некотором расстоянии возможно расчетным путем восстановить структуру поля на любом расстоянии от антенны. Структура поля на значительном расстоянии от антенны (в дальней зоне) определяет диаграмму направленности, а на малых расстояниях позволяет проанализировать влияние отдельных конструктивных и диаграммообразующих элементов.

Общие преимущества ближнезонных измерений заключаются в том, что измерения проводятся в помещении на небольших расстояниях. Для минимизации побочных воздействий и обеспечения скрытности измерений исследуемая антенна и измерительная аппаратура располагаются в безэховых камерах, представляющих собой экранированные помещения, все поверхности которых покрыты радиопоглощающим материалом, обеспечивающим уровень отражения падающей волны не ниже -60 дБ.

Теоретические основы такого подхода заложены в классических работах по электродинамике и теории антенн [1, 2], а их практическое приложение непосредственно к антенным измерениям началось в конце прошлого века [3, 4, 5]. Теоретически было показано, что измерения поля излучения антенн в ближней зоне возможны на нескольких типах поверхностей: плоской, цилиндрической и сферической. Для каждого типа поверхности были предложены уравнения, связывающие

структуру полей в ближней и дальней зонах. Выбор той или иной поверхности при этом определялся конструкцией антенны и структурой поля излучения [6].

Большинство практических применений ближнезонных методов были ориентированы на измерение диаграмм направленности антенн [6, 7, 8, 9], а попытки анализа структуры полей не содержали каких-либо специальных методов обработки [8, 10]. Целью нашей работы является разработка новых методов обработки экспериментальных результатов, позволяющих решать задачи анализа структуры полей, оптимизации, диагностики, дефектоскопии сложных антенных систем, возможно, и новых методов измерения некоторых параметров антенн. В отличие от большинства работ по чисто математическому моделированию разрабатываемые методы должны опираться на результаты эксперимента. Для получения этих результатов требуется измерительный инструмент с максимально широкими возможностями. В качестве такого инструмента был разработан компактный полигон. Показать его возможности можно только на результатах практического применения, что и является предметом данной статьи.

Описание компактного полигона.

В лаборатории прикладной электродинамики НИИ «Прикладных физических проблем Белорусского государственного университета» в течение ряда лет разрабатывались аппаратно-программные комплексы для определения характеристик антенн по измерениям в ближней зоне. Работы проводились последовательно: от создания концепции [11] до практической реализации конкретных экспериментальных образцов измерительных радиоголографических комплексов с планарным и сферическим сканированием [12, 13]. Выбор этих систем сканирования обусловлен тем, что каждая из них имеет свои достоинства и недостатки и оптимально подходит для измерения параметров отдельных типов антенных систем. Каждый

комплекс, кроме соответствующей аппаратной реализации, имеет и свое программное обеспечение для расчета структуры амплитудно-фазового распределения (АФР) полей на различных расстояниях от апертуры исследуемой антенны. Как правило, предприятия и организации реализуют один тип измерительных комплексов в зависимости от разрабатываемых или используемых типов антенн. Авторы реализовали два типа радиоголографических комплексов, которые методологически объединены в компактный полигон для определения характеристик широкого круга антенных систем по измерениям в ближней зоне. Следует отметить, что комплекс со сферическим сканированием в Республике Беларусь практически реализован впервые.

Исторически первые радиоголографические измерительно-вычислительные комплексы (ИВК) реализовывали планарное сканирование. Это было обусловлено достаточно простой механикой и несложными вычислениями, позволяющими использовать алгоритмы быстрого преобразования Фурье. Последнее было достаточно важным в силу ограниченных вычислительных возможностей используемых в то время ЭВМ. В настоящее время это преимущество не играет существенной роли, однако и теперь подавляющее большинство измерительных комплексов в России, разрабатываемых и поставляемых некоторыми предприятиями (например, ООО «Научно-производственное предприятие ТРИМ», компания «РАДИОЛАЙН») имеют планарную систему сканирования. Об измерениях по другим типам поверхностей (в частности, сфере) только упоминается. В публикациях практически отсутствуют результаты экспериментальных измерений. К сожалению, в Республике Беларусь, при наличии серьезных разработок в области связанных и радиолокационных систем, имеется лишь один измерительный комплекс с планарным сканированием [10].

Основным недостатком ИВК с планарным сканированием является требование

значительного спада амплитуды поля на краях области измерения (как правило, не менее -40 дБ относительно максимального значения). В этом случае краевые эффекты незначительно сказываются на соответствии результатов вычисления реальным характеристикам. Указанные комплексы оптимально подходят для исследования антенн с плоской излучающей апертурой и достаточно высоким коэффициентом усиления. Если же антенны имеют широкие диаграммы направленности или конструктивные особенности, не позволяющие разместить плоскость измерения близко к излучающей апертуре (например, зеркальные антенны с вынесенным облучателем или системы «антенна — обтекатель со значительным удлинением»), то выполнение вышеуказанного требования приводит к значительному увеличению размеров области сканирования (десятки квадратных метров) и, как следствие, к увеличению времени измерения и количества обрабатываемой информации. В этом случае также увеличивается влияние различных погрешностей, в частности дрейфовой компоненты, влияние канализирующих линий и т. д.

Свободными от этого недостатка являются комплексы со сферическим сканированием. При реализуемом секторе сканирования по азимуту и углу места не менее $0-180^\circ$ комплексы могут использоваться для измерения и восстановления характеристик многих типов антенн. Как показала практика, при этом радиус сферы сканирования может превышать максимальные линейные размеры исследуемой антенны всего на несколько длин волн для минимизации взаимного влияния исследуемой антенны и измерительного зонда. Таким образом, использование сферического сканирования позволяет создавать компактные измерительные комплексы. Наиболее явно, по сравнению с планарным сканированием, это преимущество проявляется при измерениях как раз тех систем, для которых планарное сканирование не является оптимальным. Следствием компактности являются сравнительно небольшие объемы

информации и минимизация влияния различных составляющих погрешностей. К недостаткам (скорее, некоторым усложнениям) можно отнести необходимость точной юстировки поворотных устройств для совпадения центров вращения при измерениях систем различных конструкций и обязательную необходимость измерения на двух поляризациях.

Для оценки точностных характеристик измерительных комплексов разработана методика [11], основанная на наиболее общих положениях статистической теории антенн, в силу чего она применима для измерительных комплексов с любой формой сканирования. Методика основана только на обработке экспериментальных результатов, полученных на данном измерительном комплексе и позволяет учитывать влияние широкого круга погрешностей, имеющих недетерминированный характер (погрешности сканирующих устройств, измерительной аппаратуры, в том числе дрейфовые компоненты, влияние канализирующих линий). Обработка результатов большого количества тестовых измерений показала достаточно хорошие метрологические параметры обоих комплексов антенного полигона.

Сравнительные измерения характеристик различных типов антенн.

Располагая двумя комплексами с различными системами сканирования, целесообразно провести сравнительные измерения характеристик различных типов антенн в целях практического выявления преимуществ и ограничений каждого из них в зависимости от формы излучающей апертуры и вида диаграммы направленности. Для этого были выбраны различные типы антенн: открытые концы прямоугольного и круглого волноводов, рупорные антенны, печатный вибратор, линейки на основе печатных вибраторов и монополей, апертурные антенны. Для каждой антенны проведена серия измерений на комплексах с плоским и сферическим сканированием, что позволило рассчитать их

пространственные ДН, а также измерены главные сечения ДН прямыми измерениями в дальней зоне.

Слабонаправленные антенны. На рис. 1 приведены картографические изображения

распределений полей: амплитудного (*a*, *b*) и фазового (*c*, *d*) на основной поляризации и то же на кросс-поляризации для открытого конца прямоугольного волновода, измеренные на комплексах с планарной и сферической

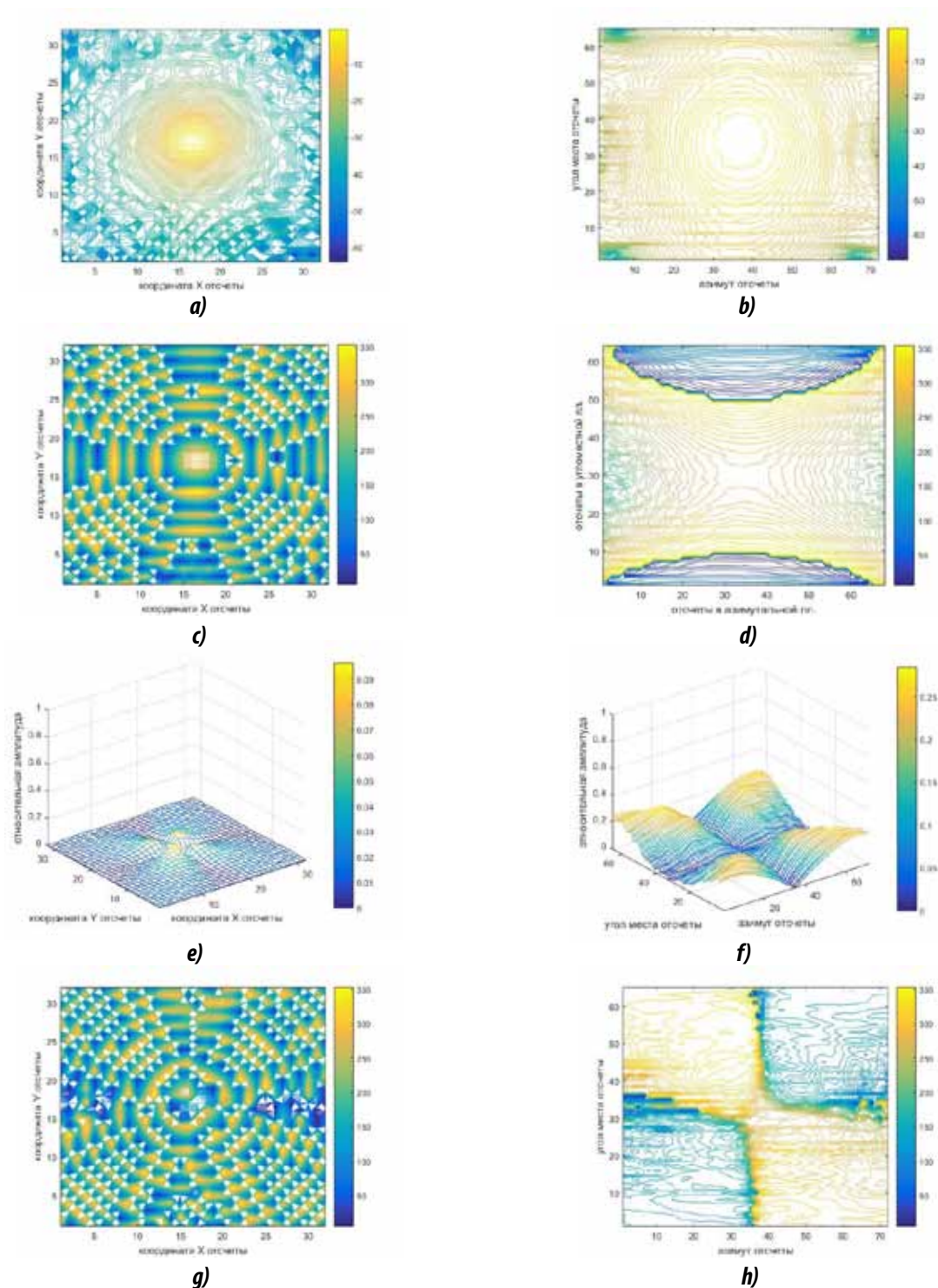


Рис. 1. Картографические изображения распределения амплитудного и фазового полей на основной и кросс-поляризации при сканировании по плоскости (*a*, *c*, *e*, *g*) и сфере (*b*, *d*, *f*, *h*)

системах сканирования. Распределение амплитудных полей на кросс-поляризации представлено в относительных единицах, полученных при нормировке к максимуму амплитуды соответствующего поля на основной поляризации.

На рис. 2 представлены пространственные ДН открытого конца прямоугольного волновода на основной и кросс-поляризации, рассчитанные по результатам сферического сканирования, а на рис. 3 — главные сечения этих ДН.

Аналогичные результаты получены и для других типов слабонаправленных антенн.

Апертурные антенны. К таким антеннам из нашего набора относятся рупоры, линейки излучателей и апертурные антенны. Как указывалось выше, для всех антенн проведены полные циклы измерений и расчетов. Ниже приведены некоторые результаты.

Из полученных результатов следует, что до уровня от -30 до -25 дБ совпадение рассчитанных ДН достаточно хорошее.

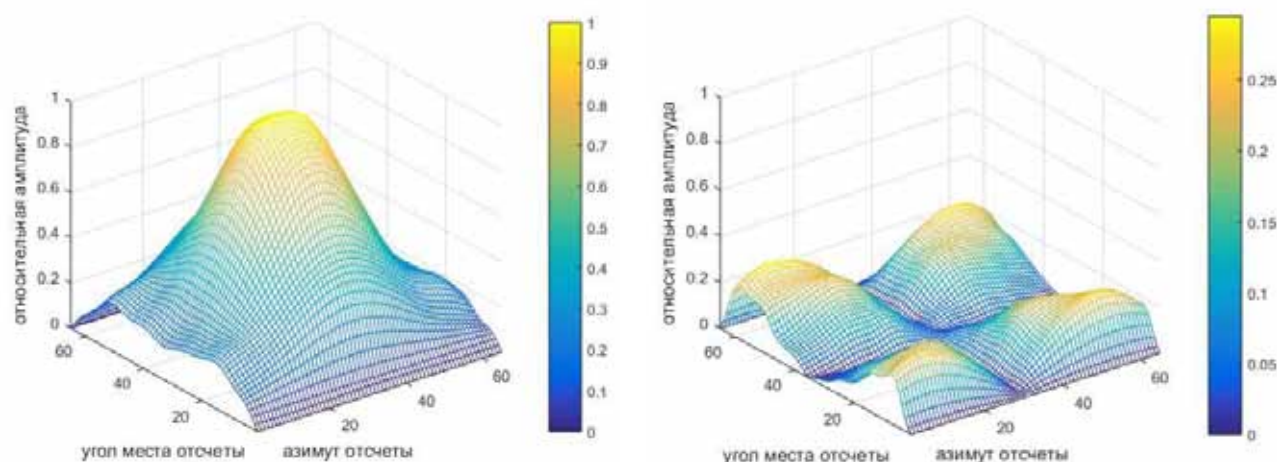


Рис. 2. Пространственные диаграммы направленности открытого конца прямоугольного волновода на основной и кросс-поляризации, рассчитанные по результатам сферического сканирования

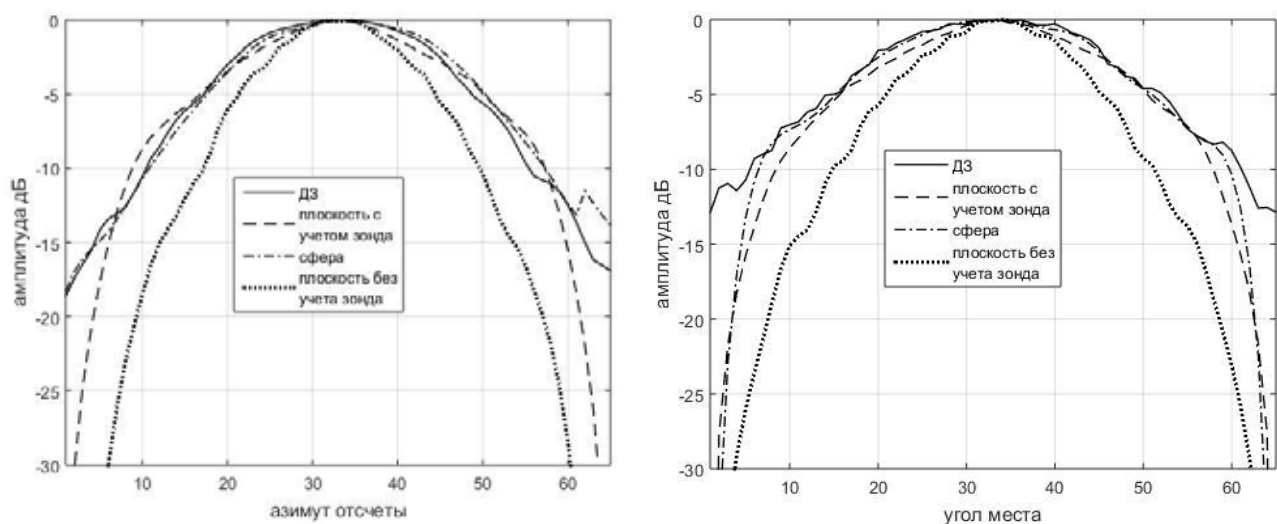


Рис. 3. Главные сечения диаграмм направленности открытого конца прямоугольного волновода на основной поляризации в Н- и Е-плоскостях

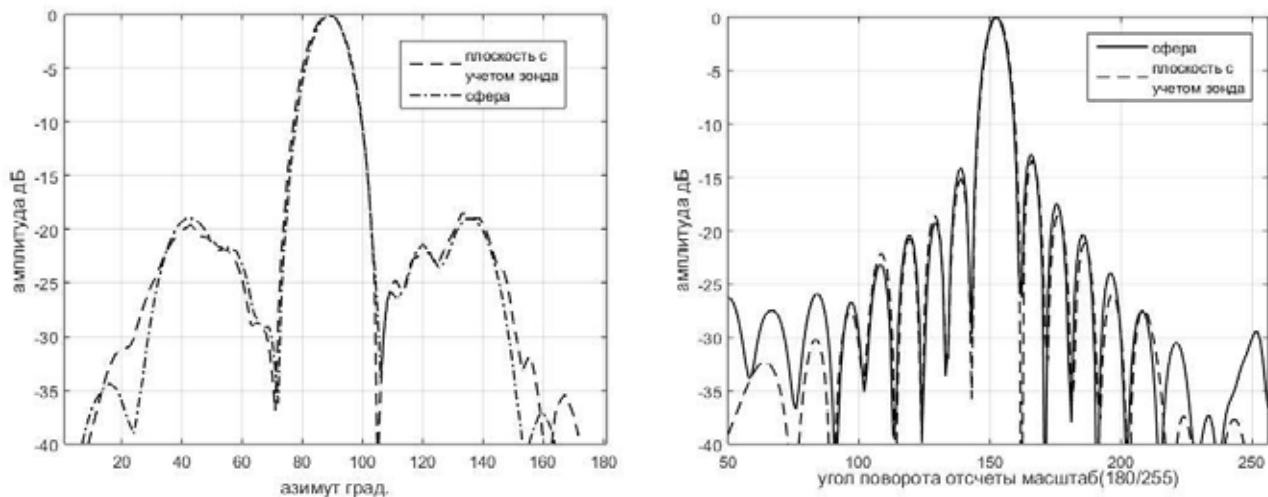


Рис. 4. Сечения пространственных диаграмм направленности апертурных антенн

Результаты измерения подтвердили, что комплексы со сферическим сканированием являются наиболее универсальными, позволяющими при меньших габаритах измерять и рассчитывать характеристики любых типов антенн.

Учет влияния характеристик зонда при расчете пространственных диаграмм направленности по результатам измерений на плоскости.

В процессе перемещения зонда при сканировании по плоскости постоянно меняется взаимное угловое положение виртуальной линии, соединяющей фазовые центры исследуемой антенны и зонда. Со стороны зонда это приводит к тому, что рассчитанная ДН измеряемой антенны в дальней зоне представляет собой произведение истинной ДН антенны и ДН зонда. Физически зонд выступает как пространственный фильтр, у которого частотная характеристика описывается ДН. Для восстановления истинной диаграммы необходимо измеренную диаграмму разделить на ДН зонда. Эта процедура известна и описана в литературе [5, 6]. Однако приводимые примеры ограничивались только главными сечениями диаграмм, поскольку получить пространственную диаграмму зонда без использования сферического сканирования было достаточно сложно. Авторы практически измерили и рассчитали про-

странственные характеристики зонда, а также разработали ПО для корректировки рассчитанных пространственных характеристик измеряемых антенн по данным планарного сканирования. Результаты такой коррекции приведены на рис. 3, 4.

Расчет АФР поля на промежуточных расстояниях от излучающей апертуры.

Решение этой задачи заложено в интегральных уравнениях, лежащих в основе радиолографических методов измерения. По данным, измеренным на некотором расстоянии от антенны, возможно математически рассчитать распределение поля как в сторону распространения волны с увеличением расстояния от антенны, так и в сторону уменьшения этого расстояния (обратно к излучающей апертуре), при этом сохраняется форма поверхности, на которой выполнены измерения, то есть плоскость — плоскость, сфера — сфера.

В качестве примеров восстановления АФР поля вблизи излучающей апертуры на рис. 5 приведены сечения амплитудных распределений полей излучающих объектов, измеренных на плоскости на расстоянии 3–4 λ от апертуры и пересчитанных обратно на это расстояние в сторону апертуры. Очевидно, что поля локализируются, более четко очерчивая границы излучающих объектов.

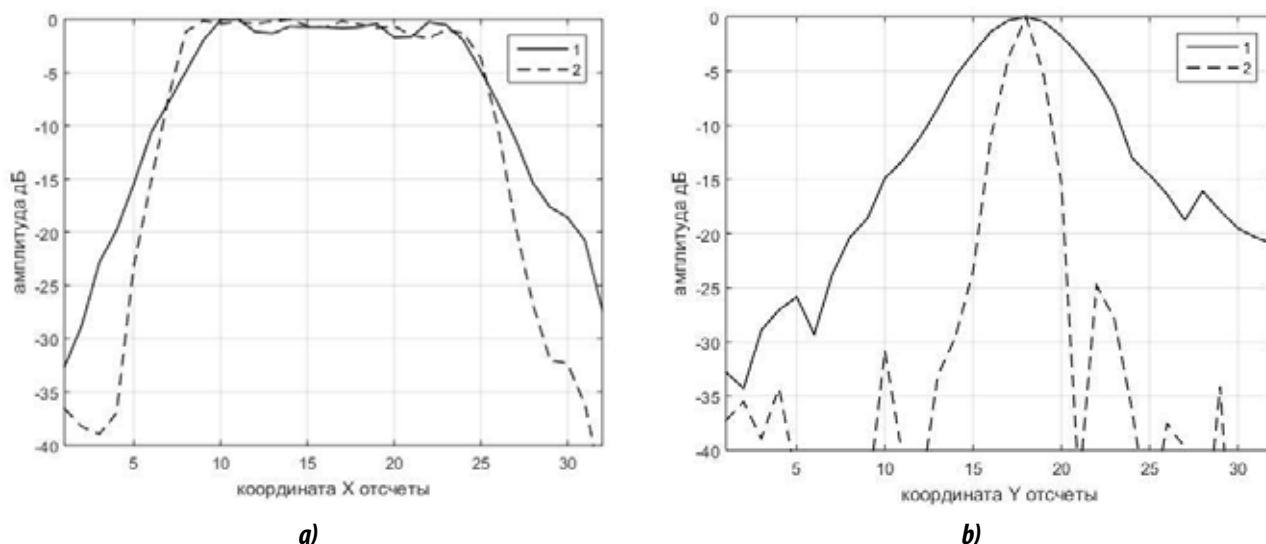


Рис. 5. Сечения амплитудных распределений полей линейки 16 синфазных излучателей по строке (а) и столбцу (б): кривые 1 — измеренные на плоскости; кривые 2 — пересчитанные в апертуру

Несколько другие результаты получаются при применении методики локализации при сферическом сканировании. Дело в том, что при решении этой задачи для сферических измерений пересчет распределений поля проводится также для сферической поверхности, но меньшего диаметра. Физически диаметр такой сферы не может быть меньше максимальных геометрических размеров объекта, а значит, для объектов с плоской излучающей апертурой в этом случае невозможно получить распределение поля непосредственно в апертуре. При приближении к объекту поле заполняет больший угловой сектор. Это объясняется тем, что геометрическая проекция апертуры исследуемой антенны на сферу меньшего диаметра стягивается дугой больших угловых размеров, а отсчеты поля берутся в точках дуги, отстоящих друг от друга на угловой дискрет. В этом случае количество угловых отсчетов, приходящееся на область значительного уровня поля излучения антенны, увеличивается, позволяя тем самым более детально его изучить. Ниже (рис. 6) приведены результаты пересчета распределений полей со сферической поверхности диаметром $15,8 \lambda$ (поверхность измерения) на сферическую поверхность диаметром 1λ для откры-

того конца прямоугольного волновода и диаметром 10λ для линейки из 16 синфазных излучателей.

Заключение.

Анализ большого количества экспериментальных результатов измерений и расчетов характеристик излучения различных антенных систем показал, что создан эффективный измерительный инструмент в виде компактного полигона, который может быть использован для решения широкого круга задач по измерениям и расчетам амплитудно-фазовых распределений полей излучения.

В дальнейшем разработанные методы измерения и обработки результатов будут использоваться для анализа характеристик и параметров различных типов антенных систем, в том числе для анализа и дефектоскопии сложных апертурных антенн и излучающих систем.

Литература:

1. Кюн, Р. Микроволновые антенны / Р. Кюн. — Л.: Наука, 1967. — 518 с.
2. Никольский, В. В. Электродинамика и распространение радиоволн / В. В. Никольский. — М.: Наука, 1978. — 544 с.
3. Johnson, R. C., Ecker, H. A., Hollis, J. S. Determination of Far-Field Antenna Patterns from Near-Field Measurements. IEEE Trans. Antennas Propagat. Vol. 20. — 1973. — Pp. 1668–1694.

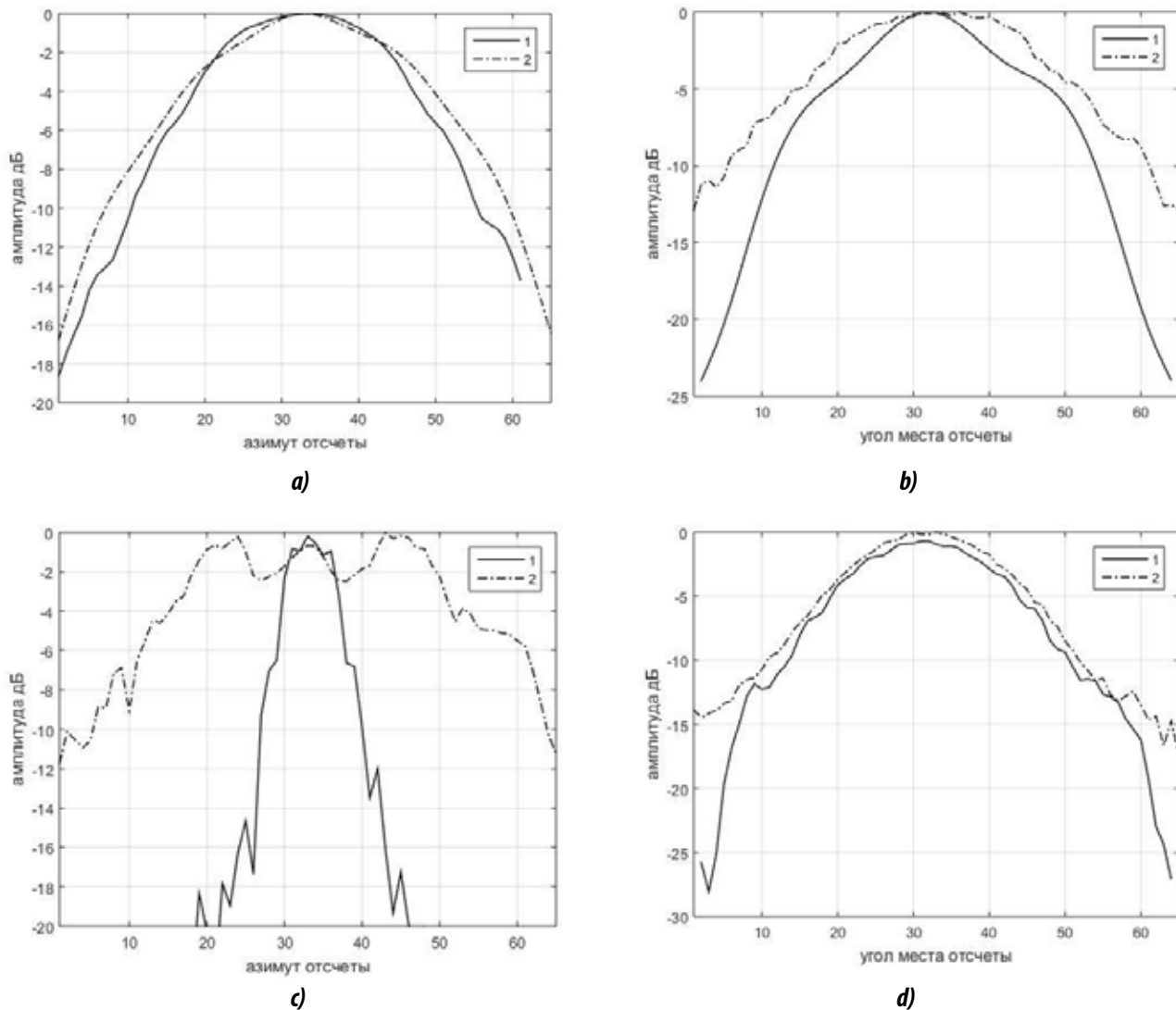


Рис. 6. Сечения АР полей в Е- и Н-плоскостях: *a, b* — для открытого конца волновода (кривые 1 — измеренных на сфере радиуса 50 см, кривые 2 — пересчитанных на сферу радиуса диаметром 30 см); *c, d* — для линейки из 16 синфазных излучателей (кривые 1 — измеренных на сфере радиуса 50 см, кривые 2 — пересчитанных на сферу диаметром 30 см)

4. Захарьев, Л. Н. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / Л. Н. Захарьев, В. И. Турчин, Н. М. Цейтлин и др. — М., 1985. — 368 с.

5. Бахрах, Л. Д. Методы измерения параметров излучающих систем в ближней зоне / Л. Д. Бахрах, С. Д. Кременецкий, А. П. Курочкин. — Л.: Наука, 1985. — 272 с.

6. Курочкин, А. П. Теория и техника антенных измерений / А. П. Курочкин // Антенны. — 2009. — № 7. — С. 39–45.

7. Виноградов, А. Д. Методика антенных измерений, их современное применение и автоматизация / А. Д. Виноградов // Антенны. — 2010. — № 5. — С. 15–21.

8. Васендин, С. В. Исследование антенн и характеристик рассеяния радиолокационных объектов по планарным измерениям в ближней зоне /

С. В. Васендин, А. В. Кирпанев // Успехи современной радиоэлектроники. — 2013. — № 2. — С. 63–68.

9. Орехов, Ю. И. Автоматизированный комплекс для измерения амплитудно-фазовых распределений диэлектрических излучателей в ближней зоне / Ю. И. Орехов, Н. А. Макарычев, Е. Ю. Гайнулина, А. Б. Тихонов, Д. Н. Кравцов // Антенны. — 2010. — № 7.

10. Калинин, А. А. Использование плоского сканера ближнего поля для измерения крупноапертурных антенн / А. А. Калинин, А. Р. Пархоменко, Д. А. Солонович, П. И. Крупский // Новости науки и технологий. — 2016. — № 3. — С. 24–29.

11. Будаев, А. Г. Разработка концепции построения аппаратно-программного комплекса модульной конструкции для определения характеристик антенных систем по измерениям в ближней зоне /

А. Г. Будаи, А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Приборы и методы измерений. — 2017. — № 2. — С. 151–159.

12. Будаи, А. Г. Практическая реализация аппаратно-программного комплекса для планарных измерений характеристик антенн в ближней зоне / А. Г. Будаи, А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Приборы и методы измерений. — 2017. — № 4. — С. 334–343.

13. Будаи, А. Г. Практическая реализация радиоголографического аппаратно-программного комплекса со сферическим сканированием / А. Г. Будаи,

А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Материалы 11-й Международной научно-технической конференции «Приборостроение-2018», Минск, 14–16 ноября 2018 г. — 123–124.

14. Будаи, А. Г. Применение статистических методов для оценки метрологических характеристик голографических измерительных комплексов / А. Г. Будаи, А. П. Гринчук, А. В. Громыко // Приборы и методы измерений. — 2018. — Т. 9. — № 2. — С. 151–159.

УДК 621.396.677

СИНТЕЗ КОНФОРМНЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТОК С ЗАДАНЫМ УРОВНЕМ КРОССПОЛЯРИЗАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

SYNTHESIS OF CONFORMAL ARRAYS WITH A GIVEN LEVEL OF CROSS-POLARIZATION RADIATION

М. О. Бусел,

инженер кафедры информационно-вычислительных систем Военной академии Республики Беларусь, канд. техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

А. А. Калинин,

начальник сектора СКБ-4 НПООО «ТСП», канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

А. Г. Романович,

доцент кафедры информационных радиотехнологий БГУИР, канд. техн. наук, доцент, г. Минск, Республика Беларусь

Д. Г. Буянов,

преподаватель кафедры авиационной техники и вооружения Военной академии Республики Беларусь, магистр техн. наук, г. Минск, Республика Беларусь

M. Busel,

Engineer of Chair of Information and Computing Systems of the Military Academy of the Republic of Belarus, PhD, Minsk, Republic of Belarus

A. Kalinin,

Head of Scientific Research Sector SKB-4 of the SPLLC “OKB TSP”, PhD, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

A. Romanovich,

Associate Professor of the Department of Information Radio Technologies of the BSUIR, PhD, Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

D. Bujanov,

Teacher of the Department of Aviation Equipment and Weapons of the Military Academy of the Republic of Belarus, master of technical Sciences, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 20.03.2020 г.

В статье проводится численное моделирование конформных антенных решеток с учетом поляризационных свойств излучателей двух конструкций: цилиндрической и конической соответственно. В качестве результатов представлены диаграммы направленности антенных решеток по двум взаимно ортогональным компонентам поля излучения. Показано, что кроссполяризационные диаграммы направленности конформных антенных решеток имеют достаточно большой уровень излучения. Проводится синтез рассмотренных антенных решеток с пониженным уровнем кроссполяризационного излучения. Рассматривается формирование диаграммы направленности конформных антенных решеток с требуемыми уровнями кроссполяризационной составляющей и боковых лепестков, а также шириной главного лепестка на основной составляющей поля излучения.

The article presents a numerical simulation of conformal arrays taking into account the polarization properties of emitters of two designs: cylindrical and conical, respectively. As the results, we present directional diagrams of arrays for two mutually orthogonal components of the radiation field. It is shown that the cross-polarizing radiation patterns of conformal arrays have a sufficiently high level of radiation. The synthesis of the considered arrays with a reduced level of cross-polarization radiation is carried out. We consider the formation of a directional diagram of conformal arrays with the required levels of the cross-polarizing component and side lobes, as well as the width of the main lobe on the main component of the radiation field.

Ключевые слова: кроссполяризация, цилиндрическая антенная решетка, коническая антенная решетка, конформная антенная решетка.

Keywords: crosspolarization, cylindrical array, conical array, conformal array.

Введение.

Одним из актуальных направлений совершенствования радиолокационной техники является развитие теории и техники антенных систем [1, 2, 3]. Применительно к радарам большой дальности обнаружения и сопровождения воздушных объектов на повестке дня стоит переход от линейных и плоских решеток к освоению антенных решеток с выпуклой конфигурацией: цилиндрических, конических и сферических. Этим обеспечивается широкоугольное электронное сканирование луча в одной или в двух ортогональных плоскостях при сохранении его основных параметров: ширины главного лепестка, уровня бокового излучения и т. п. В свою очередь сохранение параметров диаграммы направленности (ДН) при широкоугольном сканировании приводит к инвариантности характеристик радиолокационного наблюдения независимо от направления излучения (приема) сигналов. Однако при широкоугольном сканировании помимо неизменности параметров луча на основной поляризации важно обеспечить заданный (достаточно малый) уровень паразитной, кроссовой поляризации [1–3, 4, 5, 6]. Для решения этой сложной задачи необходимо использовать в качестве элементов конформных антенных решеток (КАР) пары излучателей, создающих взаимно ортогональное линейно поляризованное поле. В качестве таких излучателей могут использовать возбуждаемые по двум входам пирамидальные рупоры, микрополосковые и турникетные антенны [5]. Работа [4] посвящена методу синтеза конформных антенных решеток с заданным уровнем кроссполяризационного излучения. В качестве выпуклой антенной решетки исследовалась сферическая антенная решетка, учитывающая поляризационные свойства излучателей. Следовательно, в данной статье рассматриваются две другие наиболее распространенные КАР: цилиндрическая и коническая.

Математическая модель конформных антенных решеток с учетом поляризационных свойств излучателей.

Конструкции цилиндрической (рис. 1, а) и конической (рис. 1, б) антенных решеток описываются следующими параметрами: R — волновой радиус цилиндрической антенной решетки, малый R_M и большой R_B — волновые радиусы конической антенной решетки, H — высота антенной решетки, Δl — волновое расстояние между элементами, Nl — количество элементов в решетке, N — количество элементов в активной области решетки. При моделировании использовалось равномерное амплитудное распределение и фазовое распределение, учитывающее кривизну конформной поверхности. В исследуемых КАР задавалось квазигексагональное размещение излучающих элементов ($\Delta l \approx 0,6 \lambda$), основная поляризация — линейная вертикальная, следовательно, паразитная (кроссполяризационная) поляризация — линейная горизонтальная. Для конической и цилиндрической антенных решеток использованы следующие конструктивные параметры: одинаковая высота $H = 18 \lambda$, а радиусы соответственно $R_B = 14 \lambda$, $R_M = 5 \lambda$ и $R = 9 \lambda$. Общее количество излучающих

элементов в активной области антенных решеток составило: для цилиндрической — $N = 847$; для конической — $N = 824$. Во всех КАР при этом задавалась одинаковая активная область (телесный угол), ограниченная углами — $2\theta_{\text{обл}} = 130^\circ$ и $2\varphi_{\text{обл}} = 130^\circ$.

Математическая модель КАР, учитывающая поляризационные свойства излучающих элементов, описывается следующими выражениями:

$$\dot{F}^\theta(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \dot{A}_n F_1^\theta(\theta, \varphi) e^{i O_n(\theta, \varphi)}, \quad (1)$$

$$\dot{F}^\varphi(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \dot{A}_n F_1^\varphi(\theta, \varphi) e^{i O_n(\theta, \varphi)}, \quad (2)$$

где $\dot{A}_n$ — комплексная амплитуда возбуждения n -го излучателя КАР; $\dot{F}^\theta(\theta, \varphi)$ ($\dot{F}^\varphi(\theta, \varphi)$) — θ -я (φ -я) составляющая ДН n -го излучателя [5]; $O_n(\theta, \varphi)$ — набег фазы поля n -го излучателя при распространении волны до точки дальней зоны [4].

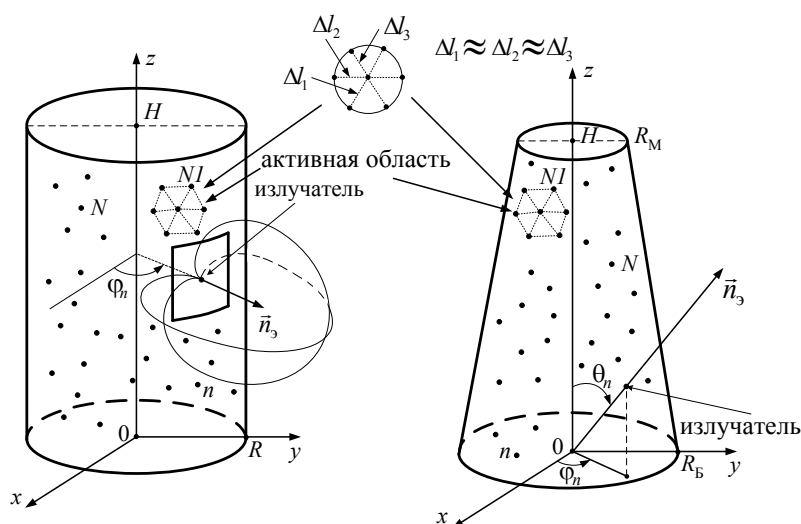


Рис. 1. Конструкция антенных решеток: а — цилиндрической; б — конической

используется метод синтеза КАР с заданным уровнем кроссполяризационного излучения, описанный в [4].

Метод синтеза цилиндрической и конической антенных решеток с заданным уровнем кроссполяризационного излучения.

Суть данного метода синтеза заключается в представлении векторной комплексной трехмерной ДН КАР $\vec{F}_{\text{ТР}}(\theta, \varphi)$ в виде разложения в ряд Фурье по системе базисных функций:

$$\vec{F}_{\text{ТР}}(\theta, \varphi) = \sum_{s=0}^S \sum_{l=0}^L \left\{ \left(\dot{a}_{l,s}^{\text{ОСН}} + \dot{a}_{l,s}^{\text{КОМП}} \right) \left(\dot{Z}_{l,s}^{\text{ОСН}}(\theta, \varphi) + \dot{Z}_{l,s}^{\text{КОМП}}(\theta, \varphi) \right) + \left(\dot{b}_{l,s}^{\text{ОСН}} + \dot{b}_{l,s}^{\text{КОМП}} \right) \left(\dot{Z}_{l,s}^{\text{ОСН}}(\theta, \varphi) + \dot{Z}_{l,s}^{\text{КОМП}}(\theta, \varphi) \right) \right\}, \quad (3)$$

где L и S — конечное число членов ряда Фурье [4]; $\dot{a}_{l,s}^{\text{ОСН}}$ ($\dot{a}_{l,s}^{\text{КОМП}}$) и $\dot{b}_{l,s}^{\text{ОСН}}$ ($\dot{b}_{l,s}^{\text{КОМП}}$) — комплексные коэффициенты разложения [4]; $\dot{Z}_{l,s}^{\text{ОСН}}(\theta, \varphi)$ ($\dot{Z}_{l,s}^{\text{КОМП}}(\theta, \varphi)$), $\dot{Z}_{l,s}^{\text{ОСН}}(\theta, \varphi)$ ($\dot{Z}_{l,s}^{\text{КОМП}}(\theta, \varphi)$) — базисные функции для основного (компенсационного) входа n -го излучателя [4]:

ДН КАР по двум взаимно ортогональным компонентам поля излучения (рис. 2, 3), полученные на основе математической модели цилиндрической и конической антенных решеток с учетом поляризационных свойств излучателей, показывают необходимость снижения уровня кроссполяризационного излучения в главном лепестке ДН по основной компоненте поля излучения. Для оценки возможности снижения уровня кроссовой ДН антенны ис-

$$\dot{Z}_{l,s}^{\text{оч}}(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{F_{1\theta n}^{\text{оч}}(\theta, \varphi)(p_n^{\theta}(\theta, \varphi) + p_n^{\varphi}(\theta, \varphi)) S_{l,s}[\theta_n, \varphi_n] e^{-iO_n(\theta, \varphi)}\}; \quad (4)$$

$$\dot{Z}_{l,s}^{\text{оч}}(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{F_{1\theta n}^{\text{оч}}(\theta, \varphi)(p_n^{\theta}(\theta, \varphi) + p_n^{\varphi}(\theta, \varphi)) C_{l,s}[\theta_n, \varphi_n] e^{-iO_n(\theta, \varphi)}\}; \quad (5)$$

$$\dot{Z}_{l,s}^{\text{комп}}(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{F_{1\theta n}^{\text{комп}}(\theta, \varphi)(p_n^{\theta}(\theta, \varphi) + p_n^{\varphi}(\theta, \varphi)) S_{l,s}[\theta_n, \varphi_n] e^{-iO_n(\theta, \varphi)}\}; \quad (6)$$

$$\dot{Z}_{l,s}^{\text{комп}}(\theta, \varphi) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N \{F_{1\theta n}^{\text{комп}}(\theta, \varphi)(p_n^{\theta}(\theta, \varphi) + p_n^{\varphi}(\theta, \varphi)) C_{l,s}[\theta_n, \varphi_n] e^{-iO_n(\theta, \varphi)}\}, \quad (7)$$

где $F_{1\theta n}^{\text{оч}}(\theta, \varphi)$ ($F_{1\theta n}^{\text{комп}}(\theta, \varphi)$) — ДН основного (компенсационного) входа n -го излучателя [4]; $p_n^{\theta}(\theta, \varphi)$ ($p_n^{\varphi}(\theta, \varphi)$) — проекции поляризационного вектора n -го излучателя на θ -ю (φ -ю) компоненты соответственно; $S_{l,s}[\theta_n, \varphi_n]$ и $C_{l,s}[\theta_n, \varphi_n]$ — функции разложения [4].

Выражение (3) показывает необходимость использования излучателя, имеющего два взаимно ортогональных (основной и компенсационный) входа [5], причем основные входы предлагаемых излучателей антенной решетки формируют ДН по основной компоненте поля излучения. Однако различная пространственная ориентация излучателей на конформной поверхности антенной решетки приведет к излучению не только по основной компоненте, но и по взаимно ортогональной (паразитной). Для снижения негативной компоненты поля излучения антенны необходимо возбуждение компенсационных входов излучателей антенной решетки, при этом данные входы излучателей антенны должны не только снижать уровень паразитного излучения, но и не искажать ДН по основной компоненте поля излучения КАР, формируемую основными входами. Следовательно, излучатель антенной решетки должен обладать требуемыми значениями параметров поляризации. Наиболее важными параметрами двухвходового излучателя являются заданные вид поляризации и угол наклона плоскости преимущественной поляризации. В данной работе используется элементарный излучатель выпуклой антенной решетки с линейной вертикальной поляризацией [5, 7].

Результаты численного моделирования конформных антенных решеток, учитывающих поляризационные свойства излучателей.

Объемные ДН цилиндрической и конической антенных решеток по двум взаимно ортогональным составляющим поля излучения представлены на рис. 2, 3.

При анализе ДН цилиндрической антенной решетки (рис. 2, а) виден достаточно большой уровень бокового излучения, который составляет –15 и –18 дБ для плоскости θ и φ соответственно. Различная пространственная ориентация излучателей на поверхности цилиндрической антенной решетки позволила получить меньший уровень бокового излучения, в сравнении с плоскими и линейными антенными решетками. ДН конической антенной решетки по основной компоненте поля (рис. 3, а) показывает достаточно большой уровень боковых лепестков, который составляет –18 и –19 дБ для плоскости θ и φ соответственно. Уровень бокового излучения меньше, чем для плоских и линейных антенных решеток, это можно объяснить различной ориентацией излучателей на поверхности КАР.

ДН цилиндрической и конической антенных решеток по основной компоненте поля излучения имеют достаточно большой уровень боковых лепестков. Данный факт является

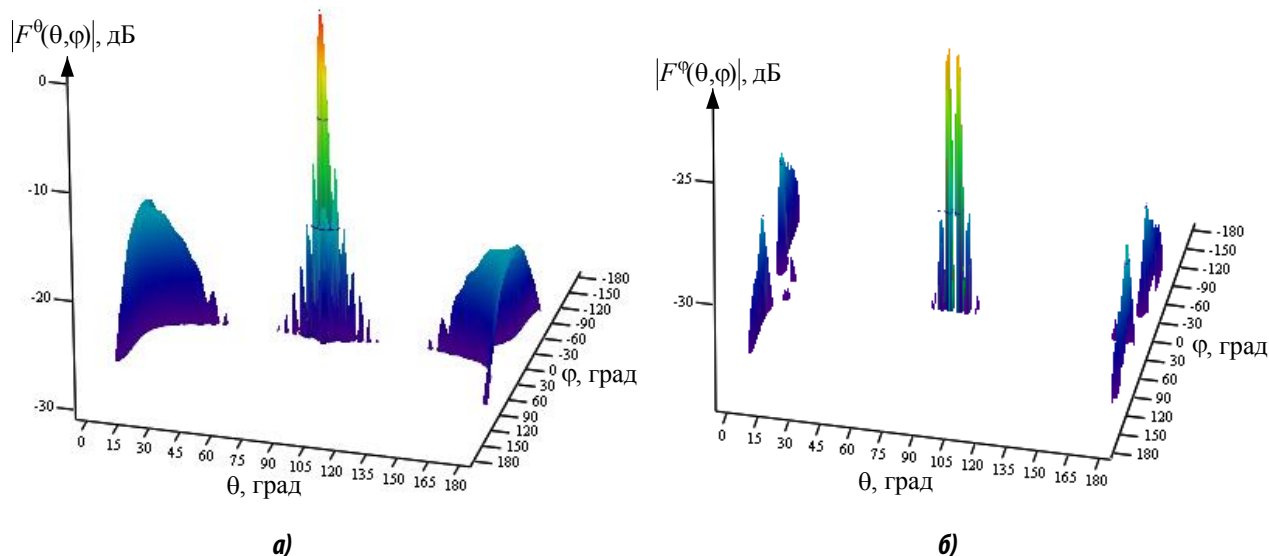


Рис. 2. Объемные диаграммы направленности цилиндрической антенной решетки: *а* — график поверхности по θ -й компоненте (основная компонента); *б* — график поверхности по ϕ -й компоненте (кроссполаризационная компонента)

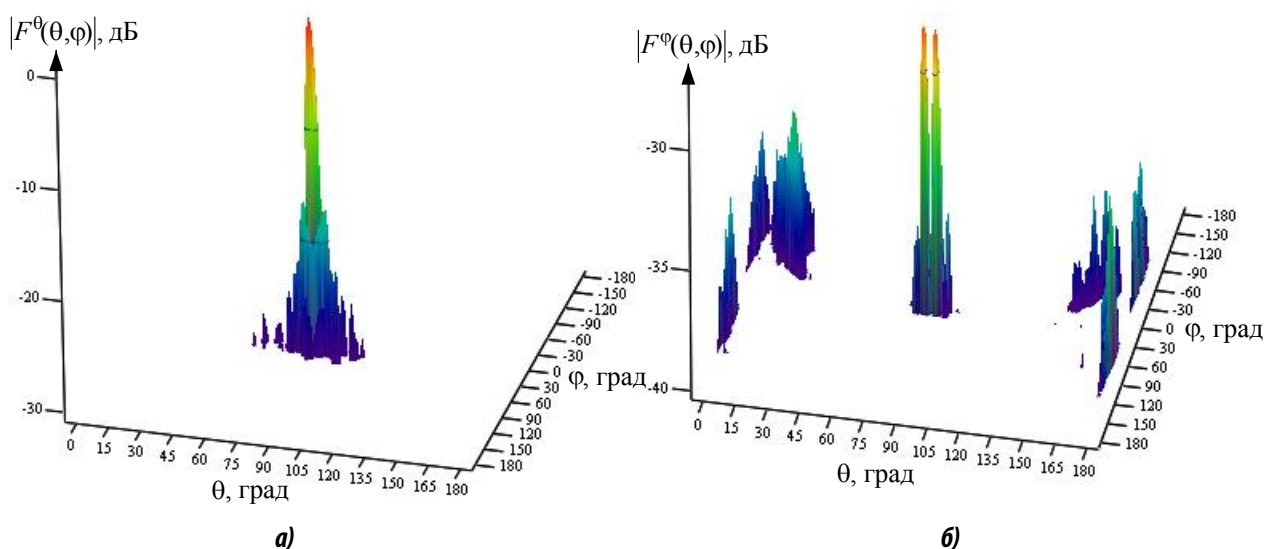


Рис. 3. Объемные диаграммы направленности конической антенной решетки: *а* — график поверхности по θ -й компоненте; *б* — график поверхности по ϕ -й компоненте

следствием возбуждения излучателей активной области антенной решетки равномерным амплитудным распределением. Уменьшение уровня бокового излучения выпуклых антенных решеток возможно путем формирования специального амплитудно-фазового распределения, рассчитанного на основании метода [4].

Кроссполаризационные диаграммы направленности имеют достаточно большой уровень паразитного излучения: -23 дБ для цилиндрической и -28 дБ для конической антенных решеток соответственно (рис. 2, б; 3, б). Направления максимумов кроссполаризационных лепестков лежат в главном лепестке ДН по основной компоненте поля излучения решеток. В связи этим может наблюдаться ряд негативных факторов, например снижение мощности излучения по основной компоненте поля излучения и др.

Оценка возможности синтеза цилиндрической и конической антенных решеток с заданным уровнем кроссполяризационного излучения.

Для двух антенных решеток, рассмотренных ранее, произведен синтез ДН с заданным уровнем кроссполяризационного излучения по требованиям к двум взаимно ортогональным компонентам поля излучения. Диаграмма направленности по основной компоненте имела следующие требования: уровень боковых лепестков $F_B = F_{\phi B} = F_{\theta B} = -25$ дБ; ширина главного лепестка ДН по уровню половинной мощности $2\theta_{0,5} = 7^\circ$; $2\phi_{0,5} = 7^\circ$. Кроссполяризационная ДН — $K^{\text{КРОСС}}(\theta, \phi) = -35$ дБ. Основной компонентой поля излучения принята θ -я компонента (линейная вертикальная), кроссполяризационной — ϕ -я компонента.

Объемные ДН цилиндрической антенной решетки с заданным уровнем кроссполяризационного излучения представлены на рис. 4. Такие ДН удобно использовать для визуального наблюдения, а также для оценки уровня паразитного излучения. При оценке уровня бокового излучения и ширины главного лепестка ДН на основной составляющей поля удобны плоскостные ДН (рис. 5).

Объемные ДН цилиндрической антенной решетки, представленные на рис. 4, показывают практически полное выполнение требований по уровню паразитного излучения. Плоскостные ДН цилиндрической антенной решетки приведенные на рис. 5: кривая 1 — требуемая ДН, кривая 2 — результат синтеза ДН цилиндрической антенной решетки, кривая 3 — кроссполяризационная ДН при равномерном амплитудном распределении и фазовом распределении, учитывающем кривизну цилиндрической поверхности при возбуждении только одного (основного) входа n -го излучателя [5]. Представленные кривые свидетельствуют о незначительном расширении главного лепестка (менее 2 %) по уровню половинной мощности и повышении уровня бокового излучения ДН (менее 2 дБ) по основной компоненте. Метод синтеза КАР с заданным уровнем кроссполяризационного излучения [4] на примере цилиндрической антенной решетки с учетом поляризационных свойств излучателей позволил снизить уровень паразитного излучения в направлении главного лепестка ДН не менее чем 25 дБ, о чем свидетельствуют кривая 2 относительно кривой 3 (рис. 5). ДН по основной компоненте поля относительно требуемой ДН цилиндрической антенной решетки имеет небольшое среднеквадратическое отклонение и составляет $\sigma_2 \approx 1,5 \times 10^{-3}$.

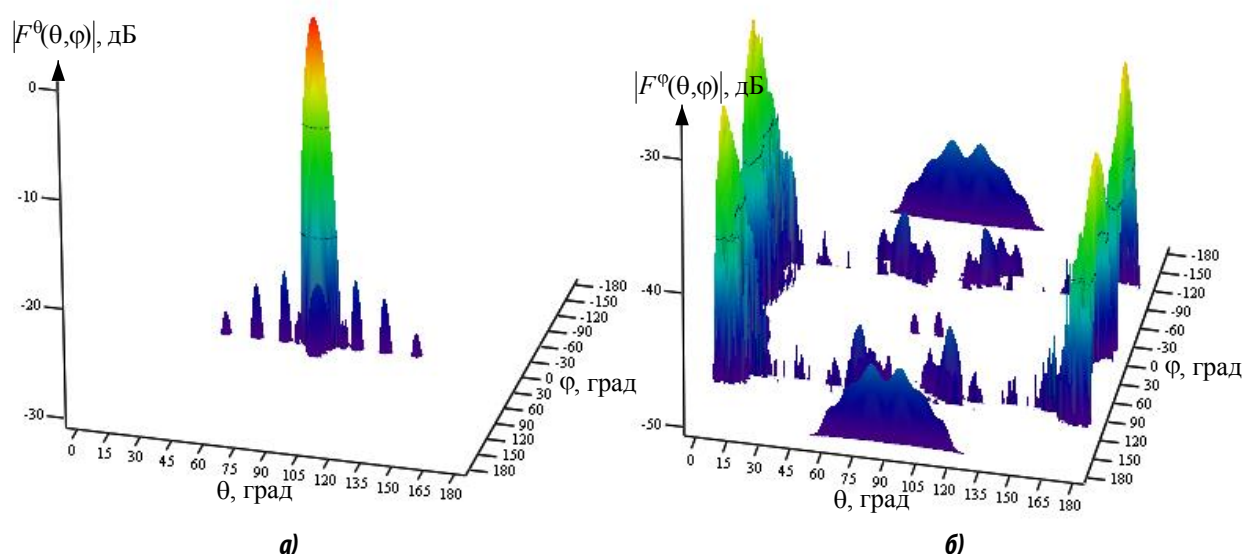


Рис. 4. Объемные диаграммы направленности цилиндрической антенной решетки: а — график поверхности по θ -й компоненте; б — график поверхности по ϕ -й компоненте

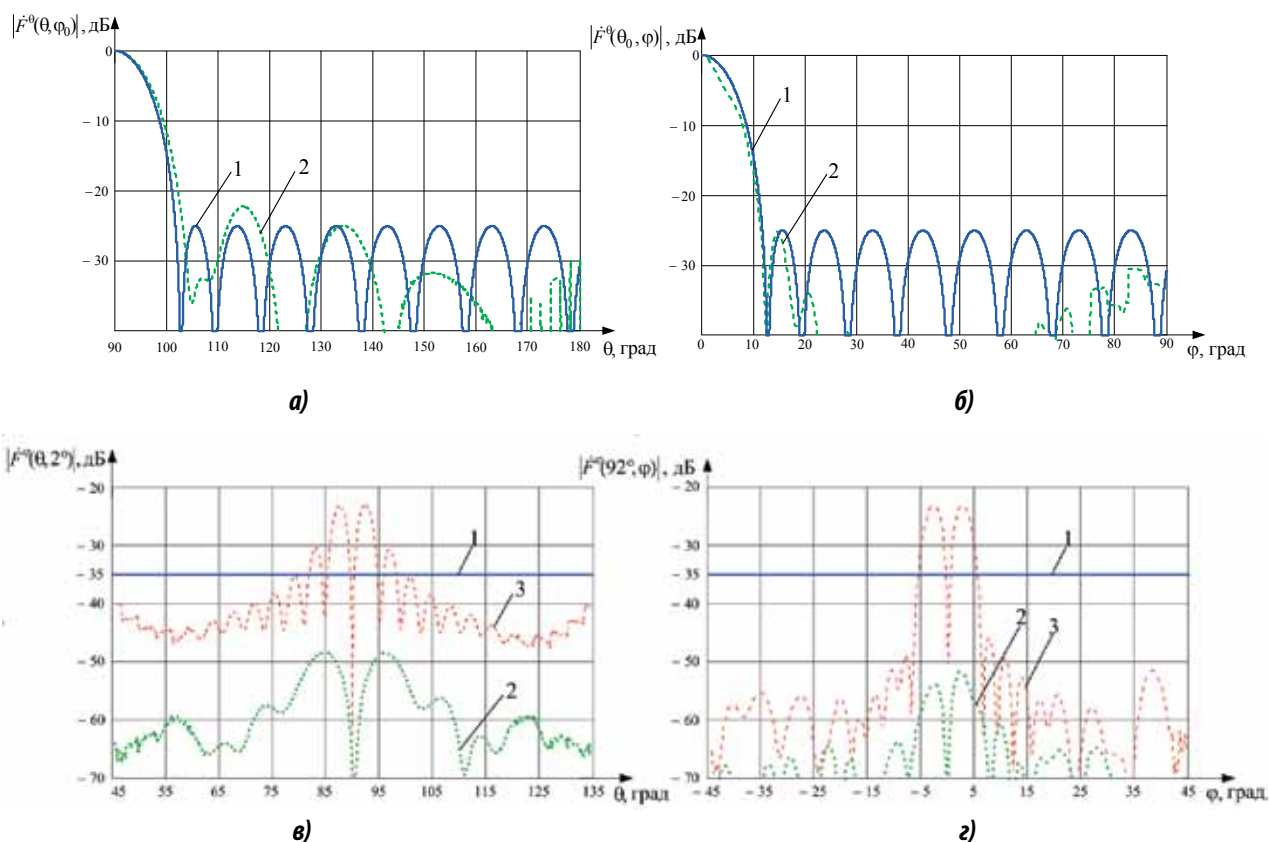


Рис. 5. Плоскостные диаграммы направленности цилиндрической антенной решетки: а, в — плоскость $\theta F^0(\theta, \varphi_0)$, $F^0(\theta, \varphi_0)$; б, г — плоскость $\varphi F^0(\theta_0, \varphi)$, $F^0(\theta_0, \varphi)$

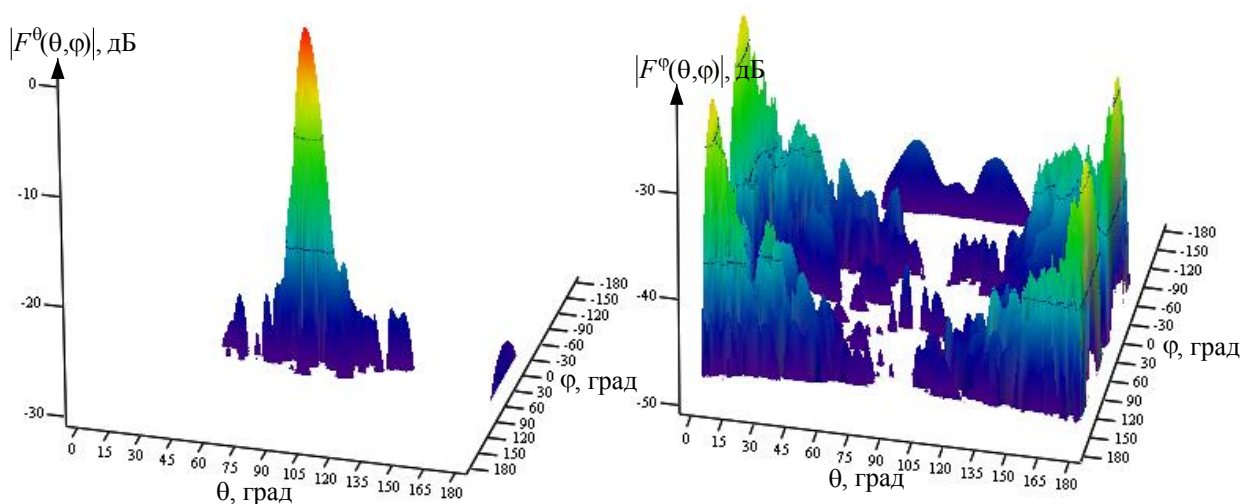


Рис. 6. Объемные диаграммы направленности конической антенной решетки: а — график поверхности по θ -й компоненте; б — график поверхности по φ -й компоненте

Представленные графики (рис. 6 и 7) свидетельствуют о незначительном расширении главного лепестка диаграммы направленности (менее 2 %) и повышении уровня бокового излучения ДН (менее 2 дБ) конической антенной решетки по основной компоненте, а также полное выполнение требования по наибольшему уровню кроссполяризации

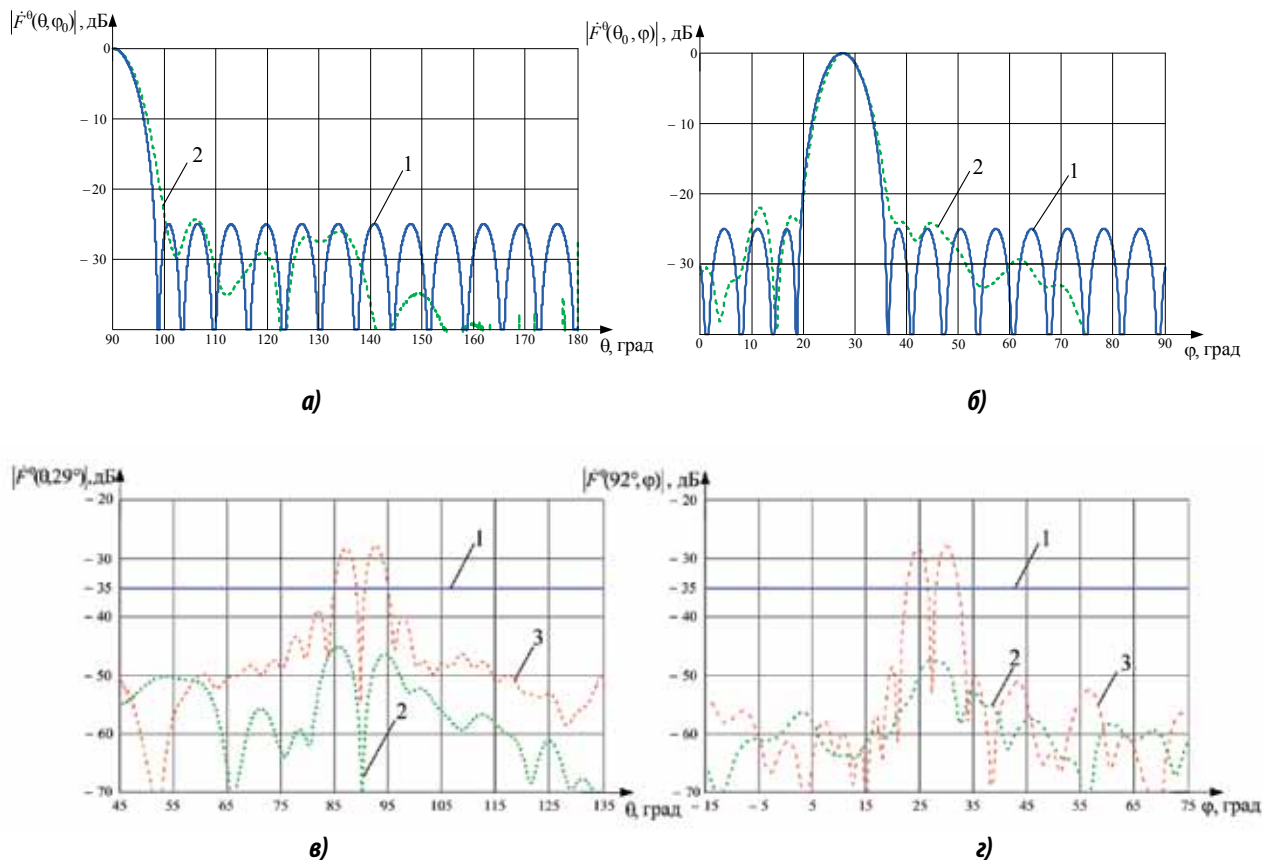


Рис. 7. Плоскостные диаграммы направленности конической антенной решетки: а, в — плоскость $\theta F^0(\theta, \phi_0)$, $F^0(\theta, \phi_0)$; б, г — плоскость $\phi F^0(\theta_0, \phi)$, $F^0(\theta_0, \phi)$

компоненты поля излучения. Для основной компоненты ДН конической антенной решетки относительно требуемой ДН среднеквадратическая мера близости — $\sigma_2 \approx 3,1 \times 10^{-3}$. Для конической антенной решетки метод синтеза КАР с заданным уровнем кроссполяризованного излучения позволил снизить уровень кроссовой составляющей в направлении главного лепестка не менее чем на 17 дБ, о чем свидетельствуют кривая 2 относительно кривой 3 (рис. 7). Отклонения требуемых и синтезируемых ДН можно объяснить неравномерностью разбиения поверхности КАР на гексагональную сетку при $(\Delta l \approx 0,6 \lambda)$, так как ошибки разбиения оказывают наибольшее влияние на форму и параметры ДН [8].

Заключение.

1. Получены ДН КАР по двум взаимно ортогональным компонентам поля излучения двух типов: цилиндрической и конической, с помощью математической модели КАР, учитывающей поляризационные свойства излучателей. Для цилиндрической антенной решетки уровень кроссполяризованного излучения составил — 23 дБ, для конической антенной решетки — -28 дБ.

2. Проведен синтез КАР с заданным уровнем кроссполяризованного излучения для цилиндрической и конической антенных решеток. Параметры требуемой ДН на основной и кроссовой составляющих для двух антенных решеток задавались одинаковые. Метод синтеза [4] позволил получить практически полное выполнение требований по кроссполяризованной ДН при незначительном ухудшении параметров ДН по основной компоненте поля

излучения КАР. Так, уровень паразитного излучения в направлении главного лепестка снижается не менее чем на 25 дБ для цилиндрической решетки и не менее чем на 17 дБ для конической решетки в сравнении с антенными решетками, имеющими равномерное амплитудное распределение и фазовое распределение, учитывающее кривизну конформной поверхности.

3. Метод синтеза [4] позволил сформировать ДН по двум взаимно ортогональным компонентам поля излучения для наиболее распространенных конформных поверхностей: цилиндрической, конической, сферической. Сферическая антенная решетка является наиболее сложной конформной поверхностью и позволяет перейти к наиболее простым поверхностям, например, цилиндрической, конической и др. [1]. Следовательно, можно утверждать, что предложенный метод синтеза [4] целесообразно использовать для синтеза антенных решеток с любой формой конформной поверхности.

Литература:

1. Josefsson, L. Conformal array antenna theory and design / L. Josefsson, P. Persson. — New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, 2006. — 488 p.
2. Воскресенский, Д. И. Выпуклые сканирующие антенны / Д. И. Воскресенский, Л. И. Пономарев, В. С. Филиппов. — М.: Сов. радио, 1978. — 304 с.
3. Хансен, Р. С. Фазированные антенные решетки / Р. С. Хансен. — М.: Техносфера, 2012. — 560 с.
4. Бусел, М. О. Метод синтеза конформной антенной решетки с учетом поляризационных свойств излучателей / М. О. Бусел // Доклады БГУИР. — 2017. — № 5 (107). — С. 5–12.
5. Бусел, М. О. Результаты численных исследований конформных антенных решеток с пониженным уровнем кроссполяризационной составляющей поля / М. О. Бусел, А. А. Калинин, А. Г. Романович // Наука и военная безопасность. — 2018. — № 1. — С. 50–54.
6. Бусел, М. О. Диаграммы направленности цилиндрических антенных решеток, синтезированных различными методами / М. О. Бусел, А. А. Калинин, А. Г. Романович // Новости науки и технологий. — 2019. — № 1(48). — С. 49–56.
7. Бусел, М. О. Математическая модель излучателя конформной антенной решетки с учетом его поляризационных свойств / М. О. Бусел, А. А. Калинин, А. Г. Романович // Сборн. науч. стат. Воен. акад. Респ. Бел. — 2016. — № 30. — С. 86–95.
8. Романович, А. Г. Влияние неидентичностей излучающих модулей на характеристики и параметры кольцевых антенных решеток / А. Г. Романович, А. А. Калинин // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. — 2010. — № 4. — С. 66–72.

УДК 62.799

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МОДЕРНИЗИРОВАННОЙ И СУЩЕСТВУЮЩЕЙ СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПО ИХ ЭФФЕКТИВНОСТИ

COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE MODERNIZED AND EXISTING SYSTEMS OF DIAGNOSING BY THEIR EFFICIENCY

И. А. Осадчий,

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

В. А. Липницкий,

зав. кафедрой высшей математики Военной академии Республики Беларусь, доктор техн. наук, профессор,
г. Минск, Республика Беларусь

I. Osadchiy,

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

V. Lipnitsky,

Head of the Department of Higher Mathematics of the Military Academy of the Republic of Belarus,
Doctor of Technical Sciences, Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 20.03.2020 г.

В статье дано определение эффективности системы диагностирования. Дана классификация эффективности по критериям ее количественной оценки. Предложена формула для расчета технической эффективности модернизируемой системы диагностирования и контроля. Показаны ее адекватность, информативность и универсальность на примерах различных образцов вооружения.

The article defines the effectiveness of the diagnostic system. The classification of effectiveness of criteria for it quantitative assessment are given. Formula for calculation the technic efficiency of the upgraded diagnostics and control system is proposed. Its adequacy, informational content and universality on examples of various samples of arms are shown.

Ключевые слова: эффективность системы диагностирования, классификация эффективности, расчет технической эффективности, критерии эффективности, класс эффективности, показатели технического диагностирования.

Keywords: system effectiveness of diagnosing, classification of efficiency, calculation of technical efficiency, criteria of efficiency, efficiency class, indicators of technical diagnosing.

Введение.

С развитием вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) совершенствуются методы и средства технической диагностики и контроля. При этом возрастают требования к качеству диагностирования и контроля технического состояния объекта. С переходом от планово-предупредительной системы технического обслуживания ВВСТ к системе его технического обслуживания по фактическому состоянию вопрос модернизации существующих и разработки новых методов и средств технической диагностики и контроля становится особенно актуальным [1]. В связи с этим возникает необходимость в сравнительной оценке модернизированной и существующей систем диагностирования.

Показатели качества и эффективности системы диагностирования.

Под диагностированием понимается процесс определения технического состояния объекта [2]. Согласно ГОСТ 20911 система диагностирования (контроля) — это совокупность средств, объекта и исполнителей, необходимая для проведения диагностирования (контроля) по правилам, уста-

новленным в технической документации [2]. Из данного определения следует, что методы диагностирования, продолжительность и периодичность диагностирования относятся к правилам, установленным в технической документации. Это означает, что система диагностирования (СД) индивидуальна для каждого объекта. Однако сущность применяемых методов диагностирования и контроля (ДК) не изменяется, а уточняется с учетом отличительных особенностей объекта, поэтому для разных изделий могут применяться средства и методы ДК, основанные на одних и тех же принципах.

Совершенствование средств и методов ДК основывается на улучшении их качественных показателей. Основными показателями качества СД, по мнению авторов работы [3], являются эффективность, достоверность и точность, производительность, ресурс, стоимость и объем контроля, а также количество и квалификация обслуживающего персонала. В ГОСТ 20911 и ГОСТ 27518 установлены следующие показатели технического диагностирования [2, 4]:

1. Продолжительность диагностирования (контроля).

2. Достоверность диагностирования (контроля).
 3. Полнота диагностирования (контроля).
 4. Глубина поиска места отказа (неисправности).
 5. Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности).
 6. Условная вероятность ложного отказа (неисправности).
 7. Условная вероятность необнаруженного отказа (неисправности) в данном элементе.
 8. Условная вероятность ложного отказа (неисправности) в данном элементе.
 9. Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого параметра.
 10. Среднеквадратическое отклонение прогнозируемого остаточного ресурса.
 11. Вероятность безотказной работы (показатели изменения прогнозируемого диагностического параметра).
 12. Доверительная вероятность безотказной работы.
 13. Удельные затраты на диагностирование.
 14. Средняя оперативная трудоемкость диагностирования.
 15. Средняя оперативная продолжительность диагностирования.
 16. Периодичность диагностирования.
- В ГОСТ 26656 установлены общие требования к обеспечению контролепригодности, в частности к их приспособленности к диагностированию [5]. Здесь же приведены

показатели приспособленности изделий к диагностированию, которые также определяют качество СД: коэффициент безразборного диагностирования и средняя оперативная трудоемкость данного вида диагностирования.

Показатели технического диагностирования, приведенные в названных ГОСТах, характеризуют различные свойства СД (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что эффективность СД может быть оценена по совокупности всех показателей диагностирования (контроля), что делает это свойство обобщенной и всеобъемлющей характеристикой СД. В зависимости от целей диагностирования набор показателей эффективности СД может быть изменен. В нормативных документах не приводятся понятие эффективности СД, ее показатели и расчетные формулы. Поэтому целью данной работы является формулировка понятия эффективности СД, а также решение задачи по сравнительной оценке модернизированной и существующей систем диагностирования по их эффективности.

Анализ существующих подходов к оценке эффективности системы диагностирования.

В научных и учебных изданиях существует множество интерпретаций понятия эффективности, а также формул и критериев ее оценки [1, 6–18].

Так, в [11] предложено оценивать экономическую и информационную эффективности

Таблица 1

Свойства системы диагностирования и соответствующие им показатели

Основные свойства системы диагностирования	Показатели
Эффективность	1–16
Качество	2–12
Достоверность и точность	2, 5–10, 12
Производительность	1, 15
Ресурс	11
Стоимость и объем контроля	3, 4, 13, 14, 16
Количество и квалификация обслуживающего персонала	1, 14, 15

диагностирования с использованием как абсолютных, так и относительных единиц, при этом не указано, для каких объектов какую эффективность рассчитывать, не поясняется цель такого деления эффективности.

В [12] А. П. Калинов и О. В. Браташ предложили оценивать эффективность применения методов вибродиагностики асинхронных двигателей по максимальной сумме баллов за следующие критерии: объем входной информации для постановки диагноза, информативность, уровень программного обеспечения и аппаратной реализации, временные затраты на проведение операций вибродиагностики. Данные критерии позволяют отразить опыт применения методов вибродиагностики, однако балльная оценка является несколько субъективной, поскольку в статье [12] не приведены расчетные формулы и статистические данные для оценки по каждому критерию.

А. В. Алексеев в работе [13] предложил для обобщенной оценки эффективности диагностирования использовать критерий вероятности правильной постановки диагноза. Предложенная в работе [13] формула для расчета эффективности включает вероятностные показатели надежности средств технического диагностирования и достоверность диагностирования, при этом не учитываются другие весьма немаловажные показатели диагностирования, указанные в ГОСТ 20911, ГОСТ 27518.

В статье [1] для количественной оценки эффективности СД предложено использовать показатель эффективности объекта диагностики $\Phi(t)$:

$$\Phi(t) = F(a_i k_i(t)), i = 1 \dots n, \quad (1)$$

где n — число принятых к рассмотрению составляющих характеристик эффективности; $k_i(t)$ — показатели характеристик эффективности объекта в системе диагностирования; a_i — весовые коэффициенты соответствующих характеристик.

Согласно формуле (1) расчет эффективности объекта производится по показателям $k_i(t)$, которые могут в той или иной степени зависеть от СД. Степень зависимости $\Phi(t)$ от соответствующего i -го параметра $k(t)$ определена весовыми коэффициентами a_i . Порядок расчета принятых к рассмотрению показателей $k_i(t)$ характеристик эффективности объекта в статье [1] не рассматривается. Кроме того, в условиях ограниченной информации о характеристиках средств и методов ДК не все, принятые к рассмотрению показатели $k_i(t)$, могут быть определены.

Выражение для расчета относительной эффективности СД $K_3^*(t)$ имеет вид [1]:

$$K_3^*(t) = \frac{\Phi_d(t) - \Phi_o(t)}{\Phi_o(t)}, t \geq bT_d, \quad (2)$$

где $\Phi_o(t)$ и $\Phi_d(t)$ — показатели эффективности объекта диагностики без системы диагностирования и с системой диагностирования соответственно; T_d — период диагностирования; b — число циклов диагностирования, проведенных к моменту времени оценки эффективности объекта.

При расчете эффективности СД объекта по формуле (2) следует учитывать, что показатель $\Phi_o(t)$ не может быть равен 0, иначе выражение (2) теряет смысл, собственно как и производство самого объекта. Показатель $\Phi_o(t)$ также всегда будет больше нуля, поскольку он определяется в основном надежностью и качеством функционирования объекта. Таким образом, оценка эффективности СД по формуле (2) может быть ограничена сложностью расчета показателей $k_i(t)$, в том числе в условиях неполноты сведений о характеристиках средств и методов ДК.

Основные принципы оценки эффективности систем диагностирования.

Из анализа, проведенного по различным источникам, выявлено, что понятие эффективности может быть использовано только применительно к операциям или действиям.

Когда идет речь об эффективности объекта подразумевается эффективность его работы при определенных условиях. Таким образом, под эффективностью следует понимать характеристику результата выполнения операций (действий), отражающую степень достижения цели в определенных условиях [15].

Часто эффективность ложно отождествляют с качеством, в то время (см. табл. 1) понятие эффективности шире и включает в себя показатели качества. Любую операцию можно выполнять качественно, но долго, или качественно, но дорого. Понятие эффективности, в отличие от качества, учитывает затраты временных и материальных ресурсов. Поэтому вместо встречающейся в литературе фразы «эффективность — стоимость» следует использовать фразу «качество — стоимость».

Подавляющее большинство существующих подходов к оценке эффективности основано на двух критериях: 1) минимум экономических затрат; 2) максимум технического соответствия результата выполнения операции желаемому. Первый критерий будем называть критерием ресурса, а второй — техническим критерием. Тогда эффективность, рассчитанная по критерию ресурса, будет определять экономический эффект, а эффективность, рассчитанная по техническому критерию, — технический.

В зависимости от важности объекта диагностирования и допустимых последствий выхода его из строя такое разделение понятия эффективности достаточно удобно, однако исключительно экономическая и исключительно техническая эффективности не в полной мере отражают цели существующих подходов ее оценки.

В целях формирования единого понимания эффективности СД и единого подхода к ее оценке выработаны следующие положения.

1. Эффективность Э СД — это степень достижения цели диагностирования (контроля) в определенных условиях:

$$\mathcal{E} = K_t K_p, \quad (3)$$

где K_t — коэффициент, определяющий степень соответствия технических характеристик, параметров и свойств СД желаемым; K_p — коэффициент, определяющий затраты ресурсов на достижение цели создания СД.

Коэффициенты K_t , K_p могут принимать значения от 0 до 1 и рассчитываются по техническому критерию и критерию ресурса соответственно. Названные коэффициенты фактически отражают экономическую и техническую составляющие эффективности.

2. Предложенное понятие эффективности СД может быть уточнено, дополнено и конкретизировано в соответствии с отраслевыми особенностями.

3. Для отражения сущности различных подходов к оценке эффективности предлагается их классифицировать по признаку значимости технического критерия и критерия ресурса. Используя полный набор сочетаний названных критериев можно выделить четыре класса эффективности СД, представленные в табл. 2.

Предложенная классификация эффективности позволяет получить представление о главных целях создания СД и значимости возможных последствий при ее использовании в составе объекта техники.

В монографии [14] выделяются виды (градации) эффективности, с которыми можно провести некоторые аналогии относительно предложенной классификации:

- «прагматическая эффективность» — аналог СД 1-го класса эффективности;
- «специфическая эффективность» — аналог СД 4-го класса эффективности;
- «специфически-экономическая эффективность» — аналог СД 2-го и 3-го классов эффективности;
- «социальная эффективность» (согласно предложенной классификации степень влияния на социум) как отдельный критерий не рассматривается.

Из табл. 2 следует, что для большинства объектов военной техники наиболее приемлемыми являются СД 1-го и 2-го классов

Таблица 2

Характеристика классов эффективности систем диагностирования и контроля

Класс эффективности	Характеристика систем диагностирования	Расчетные формулы	Применимость
1 (СД-1)	СД, построенные только по техническому критерию, когда допустимы любые затраты ресурсов	$\Theta_1 = K_t, K_p = 1$	Для решения задач ДК («любой ценой») объектов стратегического уровня, отказ (неисправность) которых может привести к серьезным последствиям в масштабах государства
2 (СД-2)	СД, построенные по критерию минимума затрат ресурсов с ограничением по величине коэффициента K_t	$\Theta_3 = K_t K_p$ ($K_t \leq K_{t\text{доп}}$)	Для решения задач ДК объектов на уровне не хуже заданного при наименьших затратах ресурсов
3 (СД-3)	СД, построенные по критерию максимума технического эффекта при ограниченных затратах ресурсов	$\Theta_2 = K_t K_p$ ($K_p \leq K_{p\text{доп}}$)	Для решения перечня экономически наиболее выгодных задач ДК объектов
4 (СД-4)	СД, построенные только по критерию ресурса	$\Theta_4 = K_p, K_t = 1$	Для решения задач ДК объектов, отказ (неисправность) которых не приводит к экономической нецелесообразности их производства

эффективности. К 1-му классу эффективности отнесены СД объектов военной техники, внезапный выход из строя которых категорически недопустим ввиду ответственности решаемых ими задач. Поэтому затрачиваемые ресурсы не ограничены и коэффициент K_p принимается равным 1.

Классическая формула оценки эффективности объекта и ее модернизация для оценки эффективности системы диагностирования.

Конечной целью использования СД-1 является обеспечение максимума времени использования образца вооружения в исправном (работоспособном) состоянии, за вычетом времени планового обслуживания или ремонта. Данное заключение находит подтверждение в справочнике «Надежность и эффективность в технике» [15]. В данном справочнике, так же как и в статье [1], для оценки эффективности ДК предложено использовать коэффициент эффективности объекта K , а в [15] приведена конкретная функциональная зависимость:

$$K = \frac{T_{\Theta} - T_n}{T_{\Theta}}, \quad (4)$$

где T_{Θ} — рассматриваемый интервал времени эксплуатации объекта; T_n — время, в течение которого объект находился в неработоспособном состоянии.

В общем случае время нахождения объекта в неработоспособном состоянии определяют как сумму [15]:

$$T_n = T_{\text{нр}} + \tau_d + T_{\text{уд}} + T_{\text{ро}}, \quad (5)$$

где $T_{\text{нр}}$ — суммарное время нахождения объекта в неработоспособном состоянии до начала диагностирования; τ_d — суммарное время диагностирования; $T_{\text{уд}}$ — суммарное время устранения дефектов; $T_{\text{ро}}$ — время, затраченное на проведение технического обслуживания.

Несложно показать, что рассматриваемые временные величины в той или иной степени определяют качество СД.

Из выражения (5) видно, что время нахождения объекта в неработоспособном состоянии T_n можно снизить за счет сокращения:

– времени нахождения объекта в неработоспособном состоянии до начала диагно-

стирования $T_{\text{нр}}$ за счет раннего обнаружения изменений в техническом состоянии объекта и своевременного принятия соответствующих мер;

- времени диагностирования τ_d за счет улучшения применяемых методов и средств диагностирования;

- времени устранения дефектов $T_{\text{уд}}$ путем повышения информативности методов и средств ДК и получения за счет этого дополнительной информации для устранения дефектов;

- времени проведения технического обслуживания $T_{\text{ро}}$ за счет использования методов и средств технического диагностирования и контроля, а также улучшения их качественных показателей.

Вышеназванные временные величины могут содержать долю времени, не зависящую от качества СД, поэтому введем коэффициенты:

$V_{T_{\text{нр}}}$ — коэффициент, исключаяющий влияние на время $T_{\text{нр}}$ временных затрат на выполнение административных процедур (оформление заявок, ведение журналов учета), подготовку к транспортировке и транспортировку объекта к месту проведения его диагностирования, ожидание диагностирования (приемка объекта ремонтным органом, ожидание очереди диагностирования) и т. п.;

$V_{T_{\text{уд}}}$ — коэффициент, исключаяющий влияние на время $T_{\text{уд}}$ временных затрат на выполнение операций по устранению дефектов без использования методов и средств технического диагностирования и контроля;

$V_{T_{\text{ро}}}$ — коэффициент, исключаяющий влияние на время $T_{\text{ро}}$ временных затрат на выполнение операций технического обслуживания без использования методов и средств технического диагностирования и контроля.

Введенные коэффициенты приводят к изменению времени $T_{\text{н}}$, поэтому формула (5) примет вид:

$$T_{\text{н}} = T_{\text{нр}} V_{T_{\text{нр}}} + \tau_d + T_{\text{уд}} V_{T_{\text{уд}}} + T_{\text{ро}} V_{T_{\text{ро}}}. \quad (6)$$

В выражениях (4), (6) не учитываются стоимостные показатели диагностирования (контроля). Поэтому выражение (4) можно использовать для расчета коэффициента $K_{\text{р}}$, что является критерием эффективности для СД-1. Тогда для существующей и модернизированной СД можно записать:

$$K_{\text{ТС}} = 1 - \frac{T_{\text{НС}}}{T_{\text{ЭС}}}, \quad K_{\text{ТМ}} = 1 - \frac{T_{\text{НМ}}}{T_{\text{ЭМ}}}, \quad (7)$$

где $K_{\text{ТС}}$, $K_{\text{ТМ}}$ — коэффициенты эффективности существующей и модернизированной СД; $T_{\text{НМ}}$, $T_{\text{НС}}$ — время, в течение которого объект находился в неработоспособном состоянии с применением модернизированной и существующей СД соответственно; $T_{\text{ЭМ}}$, $T_{\text{ЭС}}$ — интервал времени эксплуатации объекта с применением модернизированной и существующей СД соответственно.

Количественная сравнительная оценка модернизированной и существующей системы диагностирования 1-го класса по эффективности.

Для количественного сравнения абсолютных значений коэффициентов эффективности (7) введем показатель коэффициента эффективности $\Pi_{\text{кэ}}$:

$$\Pi_{\text{кэ}} = K_{\text{ТМ}} - K_{\text{ТС}} = \frac{T_{\text{ЭМ}} - T_{\text{НМ}}}{T_{\text{ЭМ}}} - \frac{T_{\text{ЭС}} - T_{\text{НС}}}{T_{\text{ЭС}}} = \frac{T_{\text{ЭМ}} T_{\text{НС}} - T_{\text{ЭС}} T_{\text{НМ}}}{T_{\text{ЭС}} T_{\text{ЭМ}}}. \quad (8)$$

Рассмотрим, в каких пределах может изменяться показатель $\Pi_{\text{кэ}}$ при замене (модернизации) СД.

Обозначим время T_0 как рассматриваемый промежуток времени эксплуатации и времени неработоспособного состоянии образца вооружения:

$$T_0 = T_{\text{э}} + T_{\text{н}}. \quad (9)$$

Учитывая общемировую практику в требованиях к точности, коэффициенту готов-

ности, значению вероятности свершения желаемого события, требования по величине коэффициента K эффективности образца вооружения не может составлять меньше 0,9. Тогда, считая $T_0 = 100\%$ из формулы (7) с учетом (9) для коэффициента $K_{\text{ТС}}$, получим $T_{\text{ЭС}}$:

$$K_{\text{ТС}} = \frac{T_{\text{ЭС}} - (T_0 - T_{\text{ЭС}})}{T_{\text{ЭС}}},$$

отсюда:

$$T_{\text{ЭС}} = \frac{T_0}{2 - K_{\text{ТС}}} \Rightarrow T_{\text{ЭС}} \approx 0,91T_0. \quad (10)$$

Тогда из выражения (9) с учетом (10) $T_{\text{НС}}$ составит $0,09T_0$.

В случае идеальной модернизированной СД-1 образца вооружения время $T_{\text{НМ}}$ будет стремиться к нулю. В этом случае из выражений (7) следует, что коэффициент $K_{\text{ТМ}}$ будет равен 1. Тогда показатель коэффициента эффективности $\Pi_{\text{кэ}}$ по формуле (8) будет равен 0,1. Отсюда следует, что СД могут быть оценены по «шкале эффективности» от 0 до 0,1, для рассмотренного случая, или от 0 до $(1-K)$ в общем случае. Такая «шкала эффективности» не является унифицированной для различных ВВСТ и не является удобной для восприятия. Поэтому формулы (7), (8) для сравнительной оценки эффективности СД-1 использовать можно, но информативность такой оценки будет довольно низкая. Предлагается вместо абсолютного показателя $\Pi_{\text{кэ}}$ ввести относительный коэффициент эффективности $K_{\text{ЭД}}$:

$$K_{\text{ЭД}} = \frac{K_{\text{ТМ}} - K_{\text{ТС}}}{1 - K_{\text{ТС}}} 100\%. \quad (11)$$

Коэффициент $K_{\text{ЭД}}$ является нормированным к максимальному значению эффективности модернизированной СД-1 и выражается в процентах. При расчете коэффициента $K_{\text{ЭД}}$ по формуле (11) может быть получено как положительное, так и отрицательное число. Положительное значение $K_{\text{ЭД}}$ характе-

ризует модернизированную СД-1 как более эффективную, чем существующая. Отрицательное значение $K_{\text{ЭД}}$ следует рассматривать как ухудшение эффективности модернизированной СД-1 по отношению к существующей. Очевидно, что в последнем случае замена (модернизация) СД-1 нецелесообразна.

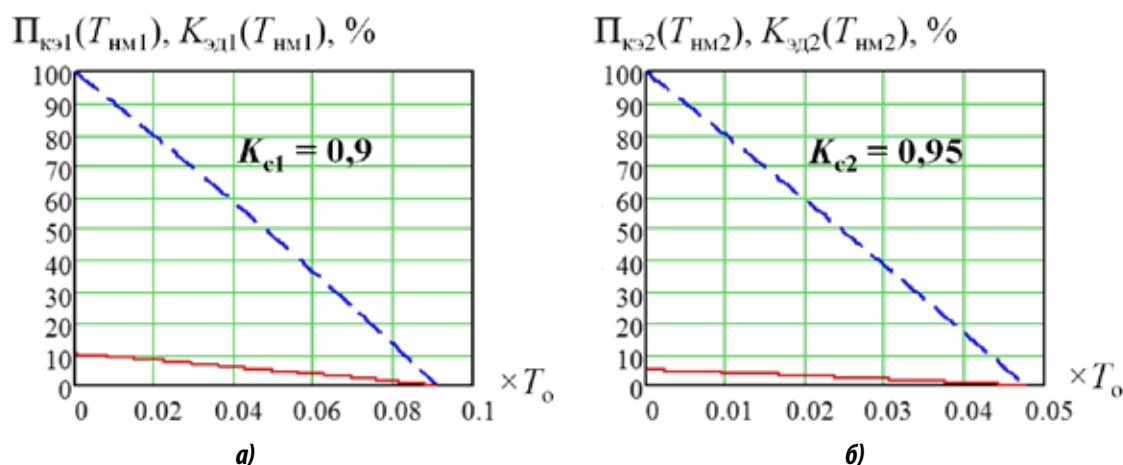
Формулу (11) с учетом выражений (7) можно привести к виду:

$$K_{\text{ЭД}} = \left(1 - \frac{T_{\text{ЭС}} T_{\text{НМ}}}{T_{\text{ЭМ}} T_{\text{НС}}} \right) 100\%. \quad (12)$$

Относительный коэффициент $K_{\text{ЭД}}$, рассчитываемый по формулам (11) и (12), является более информативной количественной оценкой для сравнения эффективности двух СД-1, чем абсолютный показатель $\Pi_{\text{кэ}}$, рассчитываемый по формуле (8). Докажем это.

В литературе [19] дано понятие информативного параметра при индивидуальном прогнозе надежности: информативными называют параметры, изменение которых приводит к изменению показателя надежности. Количественно информативность определяет степень влияния параметра на показатель надежности [19]. Применим это понятие информативности к показателю $\Pi_{\text{кэ}}$ коэффициента эффективности эксплуатации объекта и к относительному коэффициенту $K_{\text{ЭД}}$ эффективности диагностирования (контроля) объекта. В качестве информативного параметра выберем время $T_{\text{Н}}$, поскольку его составляющие наиболее очевидным образом могут быть сокращены за счет улучшения СД. Время $T_{\text{НС}}$ заложено еще на этапе проектирования образца техники, поэтому выберем время $T_{\text{НМ}}$. То, что время $T_{\text{НМ}}$ является информативным параметром, следует из выражений (8), (12).

Для наглядного сравнения информативности $\Pi_{\text{кэ}}$ и $K_{\text{ЭД}}$ построены графики зависимостей $\Pi_{\text{кэ}}(T_{\text{НМ}})$, $K_{\text{ЭД}}(T_{\text{НМ}})$ для двух образцов вооружения с эффективностями СД-1 $K_{\text{с1}} = 0,9$ (см. рисунок, а) и $K_{\text{с2}} = 0,95$ (см. рисунок, б).



Зависимость показателя P_{k3} (сплошная линия) и коэффициента K_{3d} (пунктир) при изменении времени T_{nm}

На рисунке, а, видно, что максимальная эффективность СД по коэффициенту K_{3d1} и показателю P_{k31} достигается при $T_{nm1} = 0$, что вполне справедливо для выражений (8), (12). При этом величина $K_{3d1} = 100\%$, а $P_{k31} = 10\%$. Это подтверждает большую информативность коэффициента K_{3d} . Увеличение времен T_{nm1} приводит к снижению показателя P_{k31} и коэффициента K_{3d1} . Из графиков на рисунке, а, следует, что крутизна зависимости $K_{3d1}(T_{nm1})$ выше крутизны зависимости $P_{k31}(T_{nm1})$, поэтому величина K_{3d1} при изменении T_{nm1} изменяется резче. Это подтверждает большую чувствительность коэффициента K_{3d} . При дальнейшем увеличении времени T_{nm1} зависимости $P_{k31}(T_{nm1})$ и $K_{3d1}(T_{nm1})$ сходятся в точке с нулевой эффективностью, что также справедливо для выражений (8), (12) и подтверждает адекватность предложенного коэффициента K_{3d} .

На рисунке, б, показаны зависимости $P_{k32}(T_{nm2})$ и $K_{3d2}(T_{nm2})$ при заданном $K_c = 0,95$. Сравнение хода зависимостей на рисунках, а, б, показывает, что максимальное значение показателя P_{k3} снизилось. Это можно объяснить тем, что второй образец вооружения имеет более высокую надежность, которая обеспечивается в большей степени не за счет его СД. Этот факт также можно объяснить отсутствием унификации (стабильности) «шкалы эффективности» абсолютного показателя P_{k3} при сравнении одинаковых

СД в образцах вооружения с различными исходными значениями K_c .

Чтобы рассчитать коэффициент эффективности для разрабатываемой (новой, проектируемой) СД-1 образца вооружения, достаточно в формуле (11) заменить K_c на K_{3p} , а K_n на $K_{3ж}$:

$$K_{3др} = \frac{K_{3p} - K_{3ж}}{1 - K_{3ж}} 100\%, \quad (13)$$

где K_{3p} — расчетный коэффициент эффективности СД-1; $K_{3ж}$ — желаемый коэффициент эффективности СД-1.

Из формулы (13) видно, что если коэффициент $K_{3др}$ равен 0, то эффективность разработанной СД-1 соответствует заданному (желаемому) заказчиком коэффициенту эффективности $K_{3ж}$, а если коэффициент $K_{3др}$ меньше или больше 0, то эффективность разработанной СД-1 отличается от заданной в худшую или лучшую сторону соответственно. Возможность получения формулы (13) путем простой замены обозначений характеризует универсальность предложенной формулы для расчета относительного коэффициента $K_{3д}$.

Заключение.

1. В работе показано, что существующие подходы к оценке эффективности имеют ограниченное применение ввиду их узкой

специализации, в основном, из-за отсутствия единого понимания сути эффективности.

2. Предложено понятие эффективности СД, имеющее математическое описание (представление) (3) и отличающееся конкретизацией его формулировки.

3. Предложена классификация эффективности операций по признаку значимости ее экономической и технической составляющих. Данная классификация показана на примере СД (табл. 2) и может быть использована при разработке и модернизации объектов военного и гражданского назначения. Особенности предложенной классификации является ее гибкость и высокая степень унификации к различным отраслям.

4. Предложена формула для расчета относительного коэффициента технической (целевой) эффективности СД 1-го класса, которая позволяет получить количественную сравнительную оценку эффективности модернизированной СД-1 взамен существующей (формула (12)). Предложенная формула применима к различным объектам техники и является адекватной, информативной, унифицированной и универсальной. На основе формулы (12) предложена формула (13), которая позволяет получить количественную оценку соответствия эффективности разработанной и желаемой СД-1 образца вооружения.

Литература:

1. Ахметханов, Р. С. Некоторые аспекты оценки эффективности диагностических систем / Р. С. Ахметханов, Е. Ф. Дубинин, В. И. Куксова // Вестник научно-технического развития. — 2016. — № 4 (104). — С. 3–18.
2. ГОСТ 20911-89 «Техническая диагностика. Термины и определения».
3. Контроль и диагностика измерительно-вычислительных комплексов: учеб. пособие / Ю. П. Иванов, В. Г. Никитин, В. Ю. Чернов / СПб.: СПбГУАП, 2004. — 98 с.
4. ГОСТ 26656-85 «Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования».
5. ГОСТ 27518-87 «Диагностирование изделий. Общие требования» / переизд. Стандартиформ. — М., 2009.
6. Переверзев, Е. С. Оценка эффективности применения метода акустической эмиссии при выявлении трещиноподобных дефектов сварки топливных емкостей / Е. С. Переверзев, Г. А. Бигус, Д. Г. Борщевская, В. Г. Тихий // Техн. механика сложных систем. — 1987. — № 1. — С. 15–19.
7. Бочкарев, С. В. Методика комплексной оценки показателей эффективности систем технического диагностирования и мониторинга. / С.В. Бочкарев, А. А. Лыков, Д. С. Марков // Развитие элементной базы и совершенствование методов построения устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: сб. науч. трудов / под ред. В. В. Сапожникова. — СПб.: ФГБОУ ВПО ПГУПС. — 2014. — С. 14–22.
8. Якимов, А. В. Повышение эффективности технической диагностики металлических конструкций грузоподъемных машин. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / А. В. Якимов. — Братск, 2013. — 23 с.
9. Стальная, М. И. Экономическая эффективность технической диагностики УЧПУ / М. И. Стальная, Т. Б. Радченко, А. М. Головачев // Ползуновский Альманах. — 2004. — № 3. — С. 50–51.
10. Гуменюк, В. М. Надежность и диагностика электротехнических систем: учеб. пособие для вузов. — Владивосток: изд-во Дальневост. гос. техн. ун-та, 2010. — 218 с.
11. Техническая диагностика: учеб. пособие / Ю. В. Малышенко, Л. Ф. Стыцюра, Ю. Л. Саяпин; под общ. ред. Ю. В. Малышенко. — Владивосток: изд-во ВГУЭС, 2010. — 302 с.
12. Калинов, А. П. Анализ методов вибродиагностики асинхронных двигателей / А. П. Калинов, О. В. Браташ // Известия высших учебных заведений и энергетических объединений СНГ. Энергетика. — 2012. — № 5. — С. 44–52.
13. Алексеев, А. В. Об эффективности технической диагностики устройств ЖАТ // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2007. — № 4(13). — С. 17–27.
14. Губинский, А. И. Надежность и качество функционирования энергетических систем / А. И. Губинский. — Ленинград: Наука, Ленинградское отделение, 1982. — 268 с.
15. Надежность и эффективность в технике: Справочник. В 10 т. / ред. совет: В. С. Авдусевский и др.; Т. 9. Техническая диагностика / под общ. ред. В. В. Клюева, П. П. Пархоменко. — М.: Машиностроение, 1987. — 352 с.
16. Мунин В. А. Повышение эффективности технического диагностирования систем электроспецооборудования и автоматики бронетанковой техники. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Омск. — 2012. — 21 с.
17. Колодяжный, В. В. Подход к оценке эффективности противовоздушной обороны войск

и объектов в современных условиях. / В. В. Колодяжный, В. Р. Драгун, А. А. Посудевский, А. Н. Пальцев // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. — 2017. — № 2(55). — С. 34–40.

18. Булойчик, В. М. Сравнительная оценка эффективности математических моделей, включаемых

в состав разрабатываемой системы моделирования военных действий / В. М. Булойчик // Сб. науч. ст. Воен. акад. Респ. Беларусь. — 2015. — № 28. — С. 3–7.

19. Беляев, Ю. К. Статистические методы в теории надежности / Ю. К. Беляев. — М., Знание, 1978. — 66 с.

УДК 629.3.016; 629.017

ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

RESEARCH OF RELIABILITY OF CARS IN THE PROCESS OF THEIR TECHNICAL OPERATION

И. В. Матвиенко,

начальник информационно-аналитического отдела Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь, г. Минск, Республика Беларусь

В. С. Ивашко,

кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» Белорусского национального технического университета, д-р техн. наук, профессор, г. Минск, Республика Беларусь

I. Matvienko,

Head of Department, State Committee on Science and Technology of the Republic of Belarus, Minsk, Republic of Belarus

V. Ivashko,

Belarusian National Technical University, Doctor of Technical Science, Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 06.04.2020 г.

Проведен анализ эксплуатационных и экономических показателей функционирования транспортного комплекса на примере автомобильного транспорта, выполняющего международные перевозки грузов. Определена необходимость проведения исследований эксплуатационной надежности автомобильного грузового транспорта в реальных условиях его использования.

The analysis of operational and economic indicators of the functioning of the transport complex on the example of road transport performing international transportation of goods. The need for research on the operational reliability of road freight transport in real conditions of its use is determined.

Ключевые слова: парк грузовых автомобилей, экономические показатели, технико-эксплуатационные показатели, надежность.

Keywords: truck fleet, economic indicators, technical and operational indicators, reliability.

Введение.

Автомобильный транспортный комплекс используется во всех отраслях экономики Республики Беларусь. Эксплуатация автомобильного транспорта, гарантирующая достижение эффективных показателей транспортной деятельности, возможна только при условии обеспечения высокого уров-

ня его надежности, как эксплуатационной, так конструкционной и технологической.

В целях сбалансированного государственного регулирования отечественного рынка автотранспортных средств, предназначенных как для международных, так и для внутриреспубликанских грузовых авто-

перевозок, учитывающего интересы как отечественных перевозчиков, так и отечественного производителя, необходимо на системной основе обеспечивать разработку и реализацию мероприятий, направленных на повышение уровня эксплуатационной надежности грузовых автомобилей.

Таким образом, в настоящее время проблема обеспечения исправного состояния автомобилей на этапах эксплуатации, технического обслуживания, ремонта и хранения остается актуальной.

Исследования неисправностей, отказов автомобилей и оценка показателей эксплуатационной надежности.

Уникальным качеством и важным достоинством автомобильного транспортного комплекса, обеспечивающими его постоянное развитие, являются мобильность и точность перевозки грузов по принципу «от двери до двери», соблюдение сроков доставки грузов точно в срок. Обеспечение реализации качеств в определяющей степени зависит от уровня работоспособности и технического состояния парка подвижного состава автомобильного транспортного комплекса, которые, в свою очередь, закладываются надежностью конструкции транспортных средств, реализуемых мероприятий по поддержанию их работоспособности в процессе эксплуатации, а также от самих условий эксплуатации транспорта.

Обеспечение требуемого уровня эксплуатационной надежности грузовых транспортных средств имеет важное значение как с экономического аспекта, так и оказывающих непосредственное влияние на уровень безопасности дорожного движения.

Согласно результатам проводимого анализа состояния автомобильного парка государств — членов ЕЭК в Республики Беларусь эксплуатируется около 411,7 тыс. зарегистрированных единиц грузовых автомобилей [1]. Беларусь при этом является единственной страной ЕАЭС, в которой преобладает грузовой транспорт со сроком эксплу-

атации до 10 лет. Наибольшая часть парка грузового транспорта эксплуатируется организациями и составляет около 64 %. В сфере автомобильного транспорта функционируют около 8,9 тыс. организаций различных форм собственности.

С 2011 по 2019 гг. в республике количество грузового транспорта (по данным Национального статистического комитета Республики Беларусь) имело тенденцию как роста с 396 461 ед. в 2011 г. до 421 188 ед. в 2014 г., так и снижения. В результате его количество в 2019 г. составило 411 658 ед. и по сравнению с 2011 г. возросло на 15 197 ед., или 3,7 % (рис. 1).

Из общего количества транспорта, принадлежащего организациям, в 2019 г. грузовые транспортные средства составили 262 504 ед. (снижение по сравнению с 2011 г. составило 12 824 ед.). Основная доля грузовых автомобилей сосредоточена в ведомственных организациях Министерства сельского хозяйства и продовольствия, Министерства транспорта и коммуникаций, Министерства промышленности, Министерства энергетики, Министерства архитектуры и строительства, Белкоопсоюза.

Парк транспорта белорусских организаций, оказывающих услуги в сфере международных автомобильных перевозок грузов, по данным формы государственной статистической отчетности 4-тр (международные) (Минтранс) «Отчет о международных автомобильных перевозках», по состоянию на конец 2018 г. составлял 19 454 ед. [2] Парк грузового транспорта, выполняющего международные перевозки, увеличился за год более чем на 1250 ед., или на 6,6 % (рис. 2).

По состоянию на 01.01.2019 парк подвижного состава белорусских автоперевозчиков, выполняющих международные грузоперевозки по системе МДП, составил 12 209 автомобилей. Количество автомобилей экологического класса Евро-6 при этом составило 921 ед.; Евро-5 — 6818 ед.; Евро-4 — 424 ед.; Евро-3 — 841 ед.; прочие — 3205 ед. Удельный вес автомобилей Евро-5

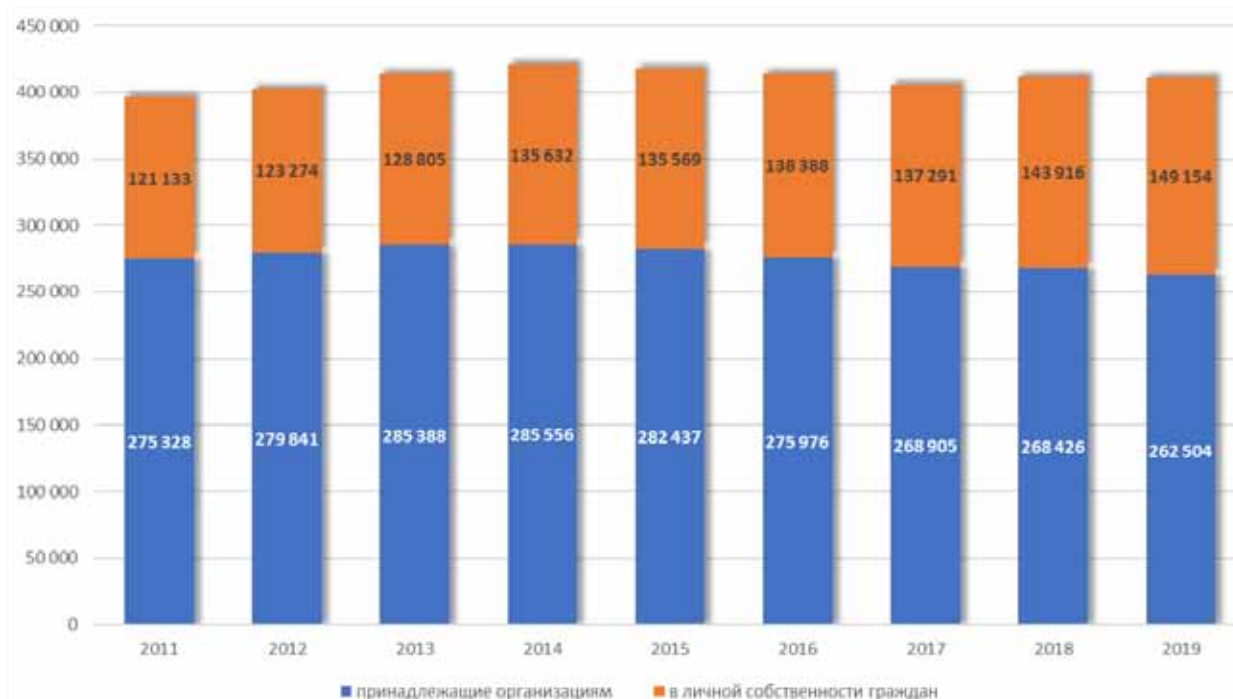


Рис. 1. Наличие грузовых транспортных средств в Республике Беларусь на конец года, ед.

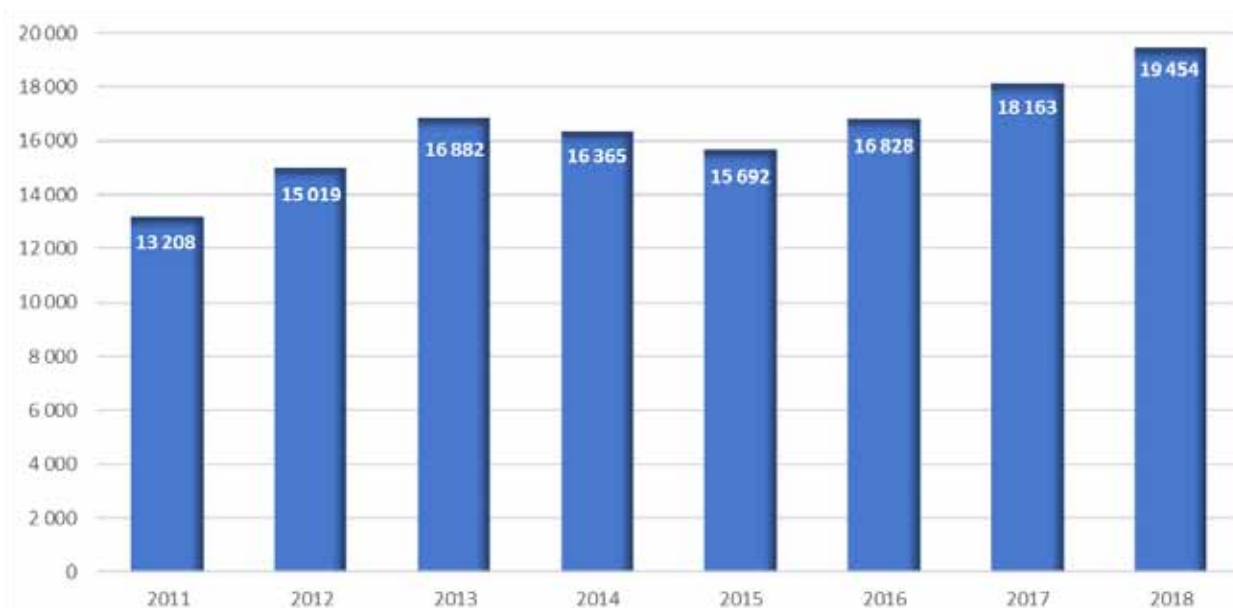


Рис. 2. Динамика изменения парка транспорта Республики Беларусь, выполняющих международные перевозки грузов, ед.

и Евро-6 в общем объеме автомобилей, используемых при перевозках по системе МДП, только за последние 3 года увеличился на 5,6 %: с 6425 в 2016 г. до 7739 в 2018 г.

В условиях рыночной экономики к автомобильному транспортному комплексу по-

стоянно повышаются требования в части производительности подвижного состава, его эксплуатационной надежности, а также к снижению уровня материальных затрат на его эксплуатацию и обслуживание. В целях обеспечения достижения предъявляемых

требований к автомобильному транспорту на постоянной основе реализуются мероприятия по изысканию возможностей экономии ресурсов (как финансовых, так трудовых и материальных), а также механизмов повышения долговечности и работоспособности деталей, узлов и агрегатов транспортных средств.

В соответствии с результатами проводимых анализов себестоимости продукции определено, что доля транспортных издержек в них составляет от 12 до 15 % [3], при этом величина себестоимости грузовых автомобильных перевозок в современном состоянии достаточно значительна и в процессе эксплуатации транспортных средств повышается в 2–3 раза, в то время как показатели технической готовности подвижного состава уменьшаются в 3–4 раза к пробегу 500 тыс. км.

Результаты проводимых научных теоретических и экспериментальных исследований эксплуатационной надежности транспортных средств указывают, что они реализуются в значительной степени применительно к отдельным элементам, узлам и агрегатам. Так, проводимые исследования технического состояния кузова легкового автомобиля позволили определить эмпирическую зависимость обобщенного критерия технического состояния кузова в зависимости от наработки с начала эксплуатации и срока службы, сформировать классификационную таблицу кузовов с однородным техническим состоянием, что в дальнейшем сделало возможным с достаточной степенью точности производить оценку технического состояния кузова в любой период его эксплуатации [4]. Работы, посвященные исследованию надежности редукторов мотор-колес автомобилей БелАЗ в реальных условиях эксплуатации, основанные на анализе показателей используемых смазочных материалов, позволили определить закономерности процессов изнашивания сопрягаемых деталей узлов трения и старения масла, разработать математические модели изнашивания деталей мотор-

колес, определить формулы для расчета закономерностей осадкообразования в системе смазки редукторов, что в конечном итоге позволило выполнить оценку показателей надежности редукторов в реальных условиях эксплуатации [5]. Работы по исследованию комплексной оценки качества и надежности электрооборудования легковых автомобилей определили эмпирические модели надежности электрооборудования, модели оценки ремонтпригодности через показатели надежности, обосновали рациональную периодичность технического обслуживания элементов системы электрооборудования [6, 7]. Исследования и анализ процессов смазки автотракторных дизелей (на примере двигателей КамАЗ) позволили обосновать условия разрыва масляного потока к шатунным подшипникам в зависимости от конструктивных, режимных факторов и в процессе эксплуатации, обосновать основные этапы развития проворачивания вкладышей как закономерного процесса, разработать систему диагностирования шатунных вкладышей, методы и средства контроля расхода и неразрывности потока масла к подшипникам, что в конечном итоге позволяет обеспечить повышение надежности шатунных подшипников, цилиндропоршневой группы, коленчатого вала, турбокомпрессора двигателя [8]. Исследования и анализ изменения технического состояния коробки передач в процессе эксплуатации (на примере автомобилей КамАЗ), изучение взаимного влияния технического состояния и отказов ее основных элементов позволили определить зависимости значений показателей ее технического состояния от наработки, разработать структуры эксплуатационно-ремонтного цикла коробки передач с использованием обоснованных технологий предупредительного ремонта и восстановления деталей [9].

Результаты проводимых научных исследований содержат методики оценки уровня эксплуатационной надежности транспортных средств, возможные методы обеспечения его повышения, в том числе за счет

снижения затрат материальных, трудовых и финансовых ресурсов, повышения уровня производительности и показателей транспортной работы, улучшения конструкции автомобилей, обеспечения их ремонтной технологичности, при этом комплексная оценка уровня эксплуатационной надежности транспортных средств является трудоемким процессом, требующим значительных трудовых ресурсов.

Следствием указанной особенности является то, что наблюдения за эксплуатационной надежностью современного отечественного грузового транспорта организуется лишь в сервисных центрах и главным образом в целях планирования объемов и номенклатуры оборотного фонда агрегатов и узлов.

Согласно названным результатам затраты на проведение технического обслуживания и ремонта грузовых транспортных средств составляют от 35 до 38 % от общих затрат на перевозку грузов [10]. Трудовые затраты на проведение технического обслуживания и ремонта грузового транспорта при этом достигают 86,8 %, на проведение капитального ремонта — 8,5 %, в то время как трудовые затраты на производство автомобилей — лишь 4,7 %. Указанная структура трудовых затрат свидетельствует о значимости задачи по снижению уровня затрат на проведение технического обслуживания и ремонта грузового транспорта, одним из основных решений которой является обеспечение повышения уровня его эксплуатационной надежности.

Согласно общепринятому методическому обеспечению по организации проведения исследований эксплуатационной надежности, учитывавшему комплекс стандартов Системы технического обслуживания и ремонта, значительное внимание уделяется классификации отказов [11, 12, 13]. В соответствии с результатами анализа проводимых исследований неисправностей и отказов грузового транспорта грузоподъемностью 8 т при их технической эксплуатации в реальных условиях на пробегах до 100 тыс. км, с учетом

внешних признаков проявления, отказы распределены в следующих долях от всего объема выявленных неисправностей:

- износы — 40 %;
- разрушения и пластические деформации — 20 %;
- усталостные разрушения — 18 %;
- температурные разрушения — 12 %.

Проводимые исследования эксплуатационной надежности грузового транспорта в реальных условиях определили, что при активной его эксплуатации показатели годовой производительности в конце срока использования (при полной амортизации) уменьшаются в 1,5–2,0 раза от установленных первоначальных значений. В конце срока эксплуатации автомобиля затраты на проведение технического обслуживания и ремонта превышают стоимость его приобретения в 5–7 раз, а затраты труда на производство транспортного средства составляют только долю от 2 до 5 % в суммарных затратах, включающих проведение технического обслуживания и текущего ремонта.

Поддержание требуемого уровня параметров технического состояния транспорта за счет повышения значений показателей его эксплуатационной надежности обеспечивает необходимую производительность автомобиля и оказывает непосредственное влияние на себестоимость перевозок. С учетом этого исследование причин и закономерностей изменения технического состояния транспортного средства, его узлов и агрегатов в конечном результате обеспечивает оптимальное управление эксплуатационными свойствами автомобиля и повышение его технико-эксплуатационных показателей.

Результатами наблюдений за эксплуатационной надежностью грузового транспорта определено, что показатели их безотказности значительно ухудшаются с увеличением периода их эксплуатации: наработка на отказ уменьшается более чем в 3 раза; удельная трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта увеличивается в 3 раза; расход запасных частей на поддержание

технически исправного состояния автомобиля увеличивается более чем в 23 раза [11] (см. таблицу).

В результатах исследований учтены также результаты исследований TÜV (Technischer Überwachungsverein — Ассоциация технического надзора) о надежности автомобильных транспортных средств.

Приведенные в таблице результаты свидетельствуют о значительном повышении рисков, связанных с безопасностью дорожного движения по критерию технического состояния транспорта, при увеличении срока его эксплуатации.

Анализ полученных результатов наблюдений за эксплуатационной надежностью грузового транспорта позволяет обосновать вывод о том, что заданный показатель надежности автомобиля необходимо изучать во взаимосвязи с фактическим его пробегом [14]. Для реализации данного вывода необходима прежде всего организация всесторонних экспериментальных исследований, позволяющих определить группы деталей, лимитирующих эксплуатационную надежность транспортного средства.

Согласно результатам работ, проводимых по изучению способов повышения безотказности транспортных средств, при реализации которых рассчитана разностойкость сопряжений узлов и агрегатов автомобиля, наименее стойкие из которых соответственно требуют периодического обслуживания и ремонта, определено, что средняя наработка агрегата грузового транспорта грузоподъемностью 5 т на одну замену составила [15]:

- для карданной передачи — 11,1 тыс. км;
- сцепления — 1,2 тыс. км;
- редуктора ведущего моста — 17,0 тыс. км;
- коробки передач — 24,0 тыс. км;
- двигателя — 97 тыс. км.

С учетом изложенного, в целях снижения трудовых и материальных затрат на поддержание в исправном и работоспособном состоянии АТС, необходима реализация комплекса мероприятий по увеличению показателей эксплуатационной надежности и, следовательно, снижению количества простоев подвижного состава в техническом обслуживании и ремонте.

Таким образом, надежность автомобильного транспортного средства — это комплекс-

Изменение основных показателей безотказности грузового транспорта в относительном выражении в зависимости от срока их службы

Год эксплуатации	Показатели в процентах относительно первого года эксплуатации		
	Наработка на отказ	Удельная трудоемкость поддержания работоспособности (чел.-час/1000 км пробега)	Удельный расход запасных частей (руб./1000 км пробега)
1	100	100	100
2	94	125	173
3	88	150	258
4	80	165	453
5	74	172	845
6	68	180	972
7	62	190	1108
8	55	205	1253
9	48	225	1484
10	41	245	1695
11	45	270	1964
12	30	300	2365

ное свойство, имеющее не только техническую, но и экономическую составляющую.

Вместе с тем выработка конкретных практических предложений и рекомендаций по улучшению конструкции транспортного средства, процесса его производства и эксплуатации в реальных условиях является результатом многоаспектного теоретического исследования и анализа физико-химических процессов, влияющих на интенсивность износа деталей и их отказов. Одним из инструментов организации проведения подобных исследований является осуществление систематических наблюдений за основными технико-эксплуатационными показателями работы транспортных средств в течение гарантийного и постгарантийного периода эксплуатации в реальных условиях. В целях реализации подобного мониторинга показателей транспорта в эксплуатации, а также для разработки обоснованных нормативов по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей, соответствующим конкретным условиям эксплуатации, организуется опытная эксплуатация подконтрольной партии автомобилей в опорных автотранспортных предприятиях.

Широко распространенные подходы к методологии оценки уровня эксплуатационной надежности транспорта основываются на результатах разнообразных испытаний, которые хотя и характеризуются универсальными принципами и характером, но при этом обладают рядом очевидных недостатков, требующих в том числе изготовления проектируемого механизма (конструкции) и проведения длительных испытаний. Вместе с тем существующие методы расчета значений параметров эксплуатационной надежности автомобилей, базирующиеся на вероятностно-статистических моделях, редко применяются из-за их недостаточной достоверности (точности). Принимая во внимание указанное, а также учитывая современную стадию развития теории и практики определения уровня эксплуатационной надежности сложных механических

систем, основная задача заключается в создании и освоении достоверных и точных методов расчета параметров и значений эксплуатационной надежности.

Заключение.

Организация комплексных работ по наблюдению за показателями эксплуатационной надежности грузовых транспортных средств имеет важнейшее значение при решении вопросов повышения их безотказности.

Анализ и организация учета в деятельности автотранспортных предприятий результатов проводимых исследований эксплуатационной надежности транспортных средств в зависимости от наработки с начала их эксплуатации позволят обеспечить повышение эффективности использования грузовых коммерческих автомобилей. Применение научно обоснованных методов организации «Системы технического обслуживания и ремонта техники» позволят обеспечить ее эксплуатационную надежность, безотказную транспортную работу, снижение простоев в техническом обслуживании и ремонте в условиях автотранспортных предприятий.

Достижение поставленной цели возможно в том числе за счет обеспечения решения следующих задач:

- разработки и внедрения в автотранспортных предприятиях локальных методических документов по организации наблюдения показателей эксплуатационной надежности транспортных средств в реальных условиях эксплуатации;
- определения критериев безотказной работы и технико-эксплуатационных показателей транспортных средств;
- анализа данных причин отказов, повреждений и неисправностей деталей и узлов автомобилей;
- определения группы деталей, лимитирующих надежность транспортного средства в целом, а также его узлов и систем;
- разработки комплекса мероприятий по повышению уровня эксплуатационной

надежности грузовых коммерческих автомобилей.

Обеспечение эффективного функционирования транспортного комплекса Беларуси обеспечит наращивание экспорта транспортных услуг за счет автомобильного транспорта, реализовав транзитные возможности Беларуси и потенциал одной из узловых точек китайской инициативы «Один пояс и один путь».

Литература:

1. Беларусь в цифрах. Статистический справочник. 2020 / Национальный статистический комитет Республики Беларусь; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. — Минск: Национальный статистический комитет Республики Беларусь, 2020. — 72 с.
2. Статистические данные о международных перевозках за 2018 г. // Сводные статистические данные [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.mintrans.gov.by/ru/svodnye-statisticheskie-dannye/>. — Дата доступа: 09.05.2020.
3. Носов, А. О. Повышение эффективности эксплуатации автотракторных дизелей совершенствованием профилактики смазочной системы: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.20.03). Носов Антон Олегович; ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова». — Саратов, 2013. — 18 с.
4. Важкий, А. В. Методика определения технического состояния кузова легкового автомобиля: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10). Важкий Алексей Вячеславович; Московский автомобильно-дорожный институт (Государственный технический университет). — Москва, 2002. — 24 с.
5. Власов, Ю. А. Повышение надежности редукторов мотор-колес автомобилей БелАЗ в условиях эксплуатации: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10). Власов Юрий Алексеевич; Сибирский автомобильно-дорожный институт им. В.В. Куйбышева. — Омск, 1997. — 23 с.
6. Заятров, А. В. Комплексная оценка качества и надежности электрооборудования легкового автомобиля: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.09.03). Заятров Алексей Викторович; ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет». — Самара, 2013. — 19 с.
7. Сидорин, Е. С. Совершенствование организации технического обслуживания элементов системы электрооборудования легковых автомобилей: дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10). Сидорин Евгений Сергеевич; ФГБОУ УВО «Оренбургский государственный университет». — Оренбург, 2015. — 148 с.
8. Кулаков, А. Т. Повышение надежности автотракторных дизелей путем совершенствования процессов смазки, очистки и технологии ремонта основных элементов: автореф. дис. на соиск. учен. степ. доктора техн. наук: (05.20.03). Кулаков Александр Тихонович; ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет». — Саратов, 2007. — 40 с.
9. Туркеев, Г. Г. Разработка рациональной структуры эксплуатационно-ремонтного цикла коробки передач автомобилей КамАЗ: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (05.22.10). Туркеев Геннадий Генадьевич; ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет». — Волгоград, 2009. — 16 с.
10. Власов, Ю. А. Методология диагностики агрегатов автомобилей электрофизическими методами контроля параметров работающего масла: дис. на соиск. учен. степ. доктора техн. наук: 05.22.10. Власов Юрий Алексеевич; ФГБОУ ВПО «Томский государственный архитектурно-строительный университет». — Томск, 2015. — 368 с.
11. Андрианов, Ю. В. Мониторинг безотказности транспортных средств в эксплуатации в течение их жизненного цикла / Ю. В. Андрианов // Научный вестник автомобильного транспорта. — 2013. — Январь-февраль. — С. 5–9.
12. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. — Введ. 1990-07-01. — 2008. — 36 с.
13. Методы испытаний на надежность // Прогнозирование надежности автомобилей [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://motorzlib.ru/books/item/f00/s00/z0000043/st002.shtml>. — Дата доступа: 06.01.2020.
14. Надежность автомобиля и ее основные характеристики [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ustroistvo-avtomobilya.ru/bez-rubriki/nadezhnost-avtomobilya-i-ee-osnovny-e-harakteristiki/>. — Дата доступа: 06.01.2020.
15. Григоров, В. И. Повышение безотказности транспортных средств при использовании в сельском хозяйстве за счет диагностирования подвески (на примере автомобиля КамАЗ): дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: 05.20.03. Григоров Виктор Иванович; ФГБОУ ВПО «Волгоградская государственная сельскохозяйственная академия». — Волгоград, 2010. — 180 с.

АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО РЕЙТИНГА СТРАН ПО УРОВНЮ РАЗВИТИЯ СОЦИАЛЬНОГО ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА

ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE IN THE DEVELOPMENT OF SOCIAL ENTREPRENEURSHIP

Д. В. Диковицкая,

аспирант ГУО «Республиканский институт высшей школы», г. Минск, Республика Беларусь

D. Dikovitskaya,

Graduate Student of the State Institution "Republican Institute of Higher Education", Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 06.04.2020 г.

В статье рассмотрен международный рейтинг стран по уровню развития социального предпринимательства, включающий в себя оценку условий ведения социального предпринимательства на примере 45 ведущих экономик мира. Рейтинг стран по уровню развития социального предпринимательства составлен на основании проведенных в 2016 и 2019 гг. исследований, касающихся правовой, экономической, нормативно-культурной среды. Сделан вывод об условиях развития социального предпринимательства и его динамике.

The article studies the international rating of the development of social entrepreneurship, which includes an assessment of the conditions for conducting social entrepreneurship using the example of 45 leading economies of the world. The rating of countries is based on studies conducted in 2016 and 2019 related to the legal, economic, regulatory and cultural environment. The conclusion is made about the conditions for the development of social entrepreneurship and its dynamics.

Ключевые слова: социальное предпринимательство, рейтинг развития, доступность инвестиций.

Keywords: social entrepreneurship, development rating, investment accessibility.

Социальное предпринимательство активно развивается во всем мире: исследователи из разных стран отмечают стремительный рост данного сектора за последние 15 лет. В настоящее время программы обучения, касающиеся социального предпринимательства, разработаны в Европе, Азии и США. Их реализацией занимаются не только вузы, но и иные заинтересованные организации [1]. Изучение социального предпринимательства с научной точки зрения началось во второй половине XX в. Ранние стадии изучения сопровождаются бурным развитием и предложением множества определений и концептуальных подходов. «Разнообразие и множественность подходов к исследованию социального предпринимательства отличает допарадигмальную стадию развития науки», — отмечает А. Николс со ссылкой на Т. Куна [4]. Начиная с 2000-х гг.

изучением социального предпринимательства как экономической категории занимаются зарубежные ученые и исследователи, среди которых Г. Диз [3], С. Бак [5], Дж. Дефурни, М. Ниссенс [2], Т.Кун, А. Николс [4], Р. Мартин, С. Осберг [6], Н. Ф. Кадол, Ю. Н. Арай, Ю. Е. Благоев. Исследователи относятся к различным научным школам, которые используют собственные подходы к изучению социального предпринимательства. Социальное предпринимательство является междисциплинарным понятием, и, несмотря на широкое использование данного термина, его значение часто варьируется. Разница в трактовках связана с различными концепциями капитализма и ролью правительства в регулировании экономики. В рамках различных подходов ученые предлагают различные формулировки термина. Однако широкое разнообразие определений и известные противоречия

во взглядах исследователей не свидетельствуют о том, что наука мало продвинулась в понимании этого феномена. В настоящее время насчитывается более 200 определений социального предпринимательства, однако большинство определений следует рассматривать как дополнительные по отношению друг к другу. Сопоставляя определения, можно заметить: многие различаются тем, что каждое охватывает некоторую часть явления, фокусируясь на группе предприятий либо связанных с ними проблем, которые в его стране или в его сегменте исследования проявляют себя наиболее заметно. Тема социального предпринимательства достаточно хорошо изучена в работах зарубежных и отечественных авторов. Доказательством данного факта являются формулировки определений, предложенных исследователями.

Одни ученые трактуют социальное предпринимательство как «деятельность в социальном секторе, направленную: 1) на принятие миссии по созданию и поддержанию социальной ценности, 2) признание и неустанное использование новых возможностей для выполнения этой миссии, 3) участие в процессе непрерывных инноваций, адаптации и обучения» [3], другие — как «1) способ определения стабильного, но несправедливого равновесия, которое исключает, маргинализирует или причиняет страдания группе, которой не хватает средств для преобразования равновесия; 2) выявление возможности и разработка нового социального ценностного предложения, чтобы бросить вызов равновесию, и 3) формирование нового стабильного равновесия, чтобы облегчить страдания целевой группы путем имитации и создания стабильной экосистемы вокруг нового равновесия, чтобы обеспечить лучшее будущее для группы и общества» [6].

Исследователи предлагают трактовки категории, исходя из сферы и цели деятельности. Начиная с 2006 г., ученые указывают на связь между социальным предпринимательством и институтами, где институциональный подход считается подходящей теорети-

ческой основой для анализа факторов окружающей среды, которые влияют на создание новых социальных предприятий [4]. Однако существует очень мало исследований, в которых используется институциональный подход в области изучения социального предпринимательства и факторов, влияющих на социальную предпринимательскую деятельность. Ученые-институционалисты отмечают, что социальные предприятия отличаются от многих некоммерческих организаций своим предпринимательским подходом к стратегии достижения социальных целей [7].

После изучения множества дефиниций категории социального предпринимательства, предлагаемых учеными из разных стран, автором сформулировано собственное определение данного понятия: «социальное предпринимательство» — это деятельность, направленная на создание социальной и экономической ценности с целью выявления, определения и использования возможностей повышения социального благосостояния, решения социальных проблем путем объединения ресурсов новыми способами, создания новых предприятий, структур или управления существующими организациями, а также обеспечения скоординированности действий всех участников с использованием современных инновационных инструментов.

Основываясь на вышеуказанном определении, можно говорить о том, что социальное предпринимательство подразумевает возникновение социальной сети, включающей общую деятельность, и модификацию норм жизнедеятельности общества, где функционирует данное социальное предприятие. Социальные предприятия включены в многообразные горизонтальные связи с представителями бизнеса, государственными органами и общественными организациями. Для них характерно более тесное сотрудничество с государственными структурами для решения социальных проблем.

Несмотря на широкое изучение категории «социальное предпринимательство»

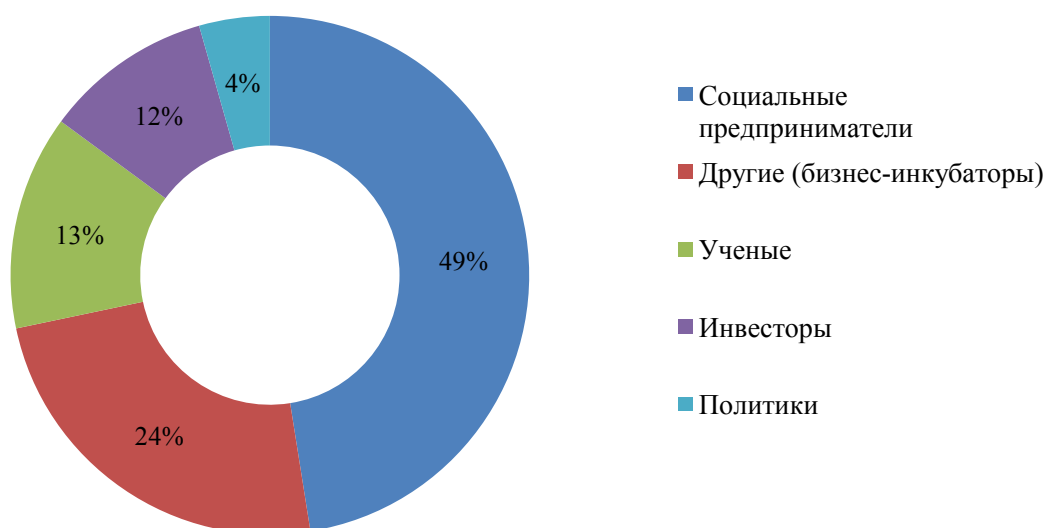
с научной точки зрения, деятельность социальных предпринимателей и предприятий на практике и в обществе не всегда видна и понятна, что препятствует развитию и расширению бизнеса, создаваемого для сглаживания наиболее важных проблем общества. Социальные предприниматели в разных странах сталкиваются с проблемами, связанными с ограничением доступа к инвестициям и взаимодействия бизнеса и государственных органов.

Американская компания Thomson Reuters провела исследование среди экспертов в 45 странах с крупнейшими экономиками мира по рейтингу Всемирного банка в целях формирования рейтинга стран, где созданы лучшие условия для работы социальных предпринимателей. В 44 странах сотрудники компании отобрали по 20 экспертов, специализирующихся на социальном предпринимательстве: ученые, социальные предприниматели, инвесторы, политики. Принятый размер выборки сочтен достаточным для проведения статистического исследования с низким пределом погрешности. В Иране не представлялось возможным отобрать необходимое число экспертов, по этой причине страна была исключена из исследования. Перечень экспертов сформирован во

взаимодействии с компанией UnLtd по итогам консультаций с основными международными организациями, объединяющими социальные предприятия в каждой стране, участвующей в опросе. В ходе составления проведения исследования учитывались поисковые запросы в Google о самых выдающихся социальных предпринимателей в конкретной стране и наиболее активные пользователи из сектора социального предпринимательства в Twitter и других социальных сетях. В ходе исследования было опрошено 880 экспертов, получено 619 ответов, что соответствует 70 % охвату. Среди респондентов 48 % являлись женщинами. Процентное соотношение респондентов, представлено на диаграмме.

В ходе опроса около 50 % респондентов назвали себя социальными предпринимателями. Другая часть респондентов состояла из экспертов. Такое деление является условным, поскольку им было разрешено выбрать более одного варианта для определения своей области знаний.

Компания Thomson Reuters проводила исследование в сотрудничестве с несколькими компаниями: StarMine, специализирующейся на построении моделей и аналитике, и UnLtd, британским фондом социальных



Соотношение респондентов, принимавших участие в опросе [8]

предпринимателей, при спонсорской поддержке DeutscheBank. По результатам опроса ученых, исследователей, социальных предпринимателей, инвесторов, государственных служащих компании удалось составить рейтинг стран с лучшими условиями для ведения социального предпринимательства.

Компания Thomson Reuters разработала и представила методологию для проведения опроса и подсчета результатов. Опрос в рамках исследования был проведен онлайн с 9 июня по 15 июля 2016 г., участниками которого, как указывалось ранее, стали ученые, социальные предприниматели, инвесторы, политики и структуры поддержки социального предпринимательства. Фонд стремился провести исследование с широко репрезентативной выборкой, основанной на сфере компетенции, но с учетом трудностей, возникающих при исследовании относительно новой и развивающейся области. В некоторых странах количества экспертов в области социального предпринимательства было недостаточно для обеспечения кворума респондентов. Доступность и качество телекоммуникационных систем, а также языковые барьеры сделали некоторые страны более открытыми для проведения опроса.

Критерием для выбора стран, эксперты из которых будут принимать участие в исследовании, касающемся развития социального предпринимательства, выбран рейтинг Всемирного банка по уровню ВВП. На момент проведения исследования последней доступной информацией был рейтинг за 2014 г. При проведении опроса было предложено определение, принятое UnLtd: «Социальные предприниматели — это люди, которые стремятся решить социальные проблемы с помощью предпринимательских решений».

В ходе исследования экспертам из 44 стран было предложено выразить свое отношение к утверждениям, касающимся правовой, экономической, нормативно-культурной среды развития социального предпринимательства. Ниже представлены данные утверждения.

1. В стране созданы благоприятные условия для предпринимателей, желающих начать и развивать свой социальный бизнес.

2. Государство оказывает поддержку социальным предпринимателям.

3. Социальные предприниматели легко могут получить грантовое финансирование.

4. Социальные предприниматели легко могут получить инвестирование.

5. Социальные предприниматели могут получить доступ к необходимой нефинансовой поддержке (например, юридическая и техническая консультация; доступ к рынкам и сетям; коучинг, наставничество и обучение)

6. Социальные предприниматели не имеют трудностей при реализации своих товаров, услуг, работ государству.

7. Социальные предприниматели не имеют трудностей при реализации своих товаров, услуг, работ бизнесу.

8. Социальные предприниматели не имеют трудностей при реализации своих товаров, услуг, работ физическим лицам.

9. Социальным предпринимателям легко привлечь на работу сотрудников с необходимыми навыками.

10. Общество понимает суть деятельности социальных предпринимателей.

11. Доходов, получаемых от деятельности, достаточно для обеспечения жизни социального предпринимателя.

Отдельно было предложено два утверждения для составления рейтинга стран и оценки возможности для женщин заниматься социальным предпринимательством.

1. Женщины представлены на руководящих должностях в социальных предприятиях.

2. Оплата труда женщин и мужчин при работе на социальных предприятиях одинакова.

Все ответы экспертов ранжированы с использованием шкалы Лайкерта. Каждому ответу присваивался весовой коэффициент с 5 баллами за лучший результат. На каждое утверждение было предложено 5 вариантов ответа с определенным количеством баллов

за каждый: 5 — «Полностью согласен»; 4 — «Согласен»; 3 — «Где-то посередине»; 2 — «Не согласен»; 1 — «Полностью не согласен» [8]. По каждому вопросу количество респондентов, ответивших «Не знаю / нет», вычиталось из первоначального числа респондентов. Затем использовалось обновленное количество для вычисления среднего значения. Первоначально рассчитана средняя оценка за вопрос в каждой стране. После определен средний балл для каждой страны. Методика определения среднего бала описана ниже.

На первом этапе создана шкала от 0 до 100. Все ответы сгруппированы таким образом, что страны, которые создают наилучшие условия для социальных предпринимателей, получили 100 баллов, минимальные условия — 0 баллов.

Таким образом, 100 баллов присваивалось за ответ «Полностью согласен» по каждому вопросу, 75 баллов — за ответ «Согласен», 50 баллов — за ответ «Нет», 25 баллов — за ответ «Не согласен», 0 баллов — за ответ «Категорически не согласен». Далее рассчитывалось среднее значение для каждого вопроса отдельно и для страны в целом. Индекс рассчитан так, чтобы предоставить метрику, которая была бы четкой, понятной для интерпретации и легко переводимой в качественные описания благоприятной для развития социального предпринимательства среды. Стоит отметить, что количественная оценка развития социального предпринимательства с научной точки зрения, охватывающая мировое сообщество, отсутствует. Уровень развития социального предпринимательства позволяют оценить полученные Thomson Reuters аналитические данные, на основании которых в 2016 г. сформирован рейтинг, представленный в таблице.

Республика Беларусь не вошла в указанный рейтинг. Из стран-соседей в данном рейтинге представлены две страны — Польша и Россия (единственный представитель из СНГ и стран бывшего СССР). Россия в рейтинге занимает 31-е место, уступая Таиланду и Египту, но опережая Китай, Норвегию,

Австрию и Японию. В списке стран с благоприятными условиями ведения социального предпринимательства женщинами Россия заняла 2-е место после Филиппин. Нижнюю строку занимает Турция (44-е место). В ходе подготовки к проведению опроса из списка стран был исключен Иран, поскольку исследователям не удалось найти необходимое количество экспертов в данной стране. Кроме того, наименее благоприятные условия для развития социального предпринимательства созданы в Бразилии, Японии, Венесуэле и Ирландии, которые занимают последние позиции в рейтинге. Основной причиной таких результатов является низкий уровень государственной поддержки.

Основными критериями оценки стран выступили поддержка социального предпринимательства со стороны государства, наличие возможности привлечения к работе высококвалифицированного персонала, доступность инвестиций, уровень знаний в обществе о социальном предпринимательстве, прибыльность бизнеса, темпы роста социального предпринимательства

По данным Thomson Reuters, наибольший показатель по критерию «Государственная поддержка» — в Южной Корее, на 2-м месте — Сингапур, на 3-м — Франция. Наиболее простые условия для привлечения сотрудников с необходимыми навыками — в США (1-е место), на 2-м месте — Франция, на 3-м месте — Германия. Наивысший показатель осведомленности общества о сути деятельности социальных предпринимателей — в Израиле, Чили и Венесуэле. Канадские предприниматели имеют больше возможностей заработать на жизнь с помощью социального предпринимательства. Меньше возможностей — в Великобритании (2-е место) и Индонезии (3-е место). По темпам роста социального предпринимательства также лидирует Канада, далее — США и Сингапур. В этих же странах менее ограничен доступ к инвестициям. В целом, по мнению экспертов, социальное предпринимательство активно развивается во всем мире.

Рейтинг стран по уровню развития социального предпринимательства в 2016 и 2019 гг.

Место в 2019 г.	Страна	Рейтинг в 2019 г.	Место в 2016 г.	Рейтинг в 2016 г.	Рост/падение
1-е	Канада	71.87	2	65.3	+1
2-е	Австралия	64.5	26	51	+24
3-е	Франция	63.77	10	58	+7
4-е	Бельгия	61.7	16	54.8	+12
5-е	Сингапур	59.72	4	59.9	-1
6-е	Дания	59.57	21	52.2	+15
7-е	Нидерланды	58.96	25	51.1	+18
8-е	Финляндия	58.6	24	51.8	+16
9-е	Индонезия	57.58	17	54	+8
10-е	Чили	57.12	6	59.2	-4
11-е	Израиль	57.02	5	59.4	-6
12-е	Объединенные Арабские Эмираты	56.64	19	52.6	+7
13-е	Великобритания	55.56	3	60.6	-10
14-е	Пакистан	55.43	32	47.7	+18
15-е	Южная Корея	55.33	7	58.9	-8
16-е	Швеция	54.59	23	51.9	+7
17-е	Швейцария	54.58	11	56.4	-6
18-е	Италия	54.01	12	55.9	-6
19-е	Гонконг	53.98	8	58.5	-11
20-е	Индия	53.86	14	55.4	-6
21-е	Германия	52.94	12	55.9	-9
22-е	Филиппины	52.84	20	552.3	-2
23-е	Россия	52.07	31	48.1	+8
24-е	Египет	51.83	30	59.1	+6
24-е	Таиланд	51.83	29	49.5	+5
26-е	Аргентина	51.07	27	50.2	+1
27-е	Австрия	50.52	38	44.5	+11
28-е	Греция	50.39	39	42.4	+11
29-е	Нигерия	50.17	33	47.6	+4
30-е	Малайзия	49.4	9	58.3	-21
31-е	Испания	48.71	35	46.9	+4
32-е	США	47.9	1	65.9	-31
33-е	Норвегия	47.74	36	46.7	+3
34-е	ЮАР	47.7	37	45.7	+3
35-е	Польша	44.97	18	53	-17
36-е	Ирландия	43.77	43	35.1	+7
37-е	Китай	43.75	34	47	-3
38-е	Бразилия	42.00	40	41.5	+2
39-е	Колумбия	41.71	14	55.4	-25
40-е	Венесуэла	40.48	42	39.6	+2
41-е	Япония	40.39	40	41.5	-1
42-е	Турция	38.13	44	31.3	+2
43-е	Мексика	36.43	28	49.8	-15

Около 85 % экспертов указали, что данный сектор растет. Однако 60 % респондентов отметили низкий уровень осведомленности общества о социальном бизнесе, а также имеющиеся ограничения доступа к инвестициям и проблемы с реализацией государственным учреждениям товаров и услуг.

В 2019 г. сотрудники Фонда Thomson Reuters провели повторное исследование в 45 странах с крупнейшими экономиками мира по рейтингу Всемирного банка, чтобы выяснить, какие страны создают лучшие условия для социальных предпринимателей и как эти условия изменились с момента опроса в 2016 г. Перечень Всемирного банка крупнейших экономик мира 2014 г. вновь был использован для прямого сравнения. В 2019 г. опрос проходил в 43 странах. Исследование проводилось по аналогичной методике, которая использовалась в 2016 г. Однако в Иране и Саудовской Аравии фонд Thomson Reuters не смог гарантировать необходимую выборку экспертов, поэтому данные страны были исключены из списка. Анкета составлялась фондом Thomson Reuters в сотрудничестве с Deutsche Bank и включала 12 вопросов, на которых был основан рейтинг и в 2016 г. Результаты опроса Фонда Thomson Reuters были основаны на ответах минимум 12 экспертов в каждой стране.

Список экспертов был составлен с использованием базы данных опроса 2016 г., обновленной в консультации с основными международными организациями предприятий, а также ключевые группы в каждой стране в опросе. В списке также отражены поисковые запросы Google, наиболее известные и значимые социальные предприниматели в каждой стране: фонд бы не смог опросить всех предыдущих респондентов, поскольку многие из них с тех пор покинули свою организацию или перешли на другие должности. Всего было опрошено около 900 экспертов с 664 ответами, что соответствует частоте ответов 74 %. Среди респондентов 44 % были женщины, в то время как 55 % были мужчины.

Фонд Thomson Reuters провел опрос онлайн и по телефону с 7 мая по 30 июля 2019 г. В 2019 г. около 57 % респондентов назвали себя социальными предпринимателями. Чтобы сравнить полученные данные с результатами 2016 г., которые были основаны на 45 крупнейших экономиках мира 2014 г., в 2019 г. были выбраны те же страны, что и в 2016-м, несмотря на то, что Греция и Венесуэла опустились ниже 45-го места в рейтинге Всемирного банка по объемам ВВП.

При проведении опроса использовались утверждения из анкеты 2016 г., однако было добавлено еще два, касающихся молодых людей до 25 лет, занимающихся социальным предпринимательством.

1. В стране возрастает число молодых людей в возрасте до 25 лет, которые проявляют интерес к работе на социальных предприятиях.

2. Привлечение молодых людей оказывает положительное влияние на сектор.

Добавлены также два утверждения для оценки осведомленности жителей стран о Целях устойчивого развития ООН.

1. Социальные предприятия ориентируются в своей деятельности на Цели устойчивого развития Организации Объединенных Наций (ЦУР).

2. Социальные предприятия должны играть ключевую роль для достижения ЦУР к 2030 г. [2].

Сравнение показателей, полученных в 2016 и 2019 гг., представлено выше (см. таблицу).

С начала XXI в. в мире наблюдается стремительный рост в развитии социального предпринимательства как с теоретической, так и с практической точки зрения. Отечественные и зарубежные ученые занимаются изучением социального предпринимательства, используя различные методы и подходы, предлагая трактовки термина, раскрывающие его сущность с разных сторон. Большинство предлагаемых дефиниций не противоречат друг другу, а дополняют, что дает возможность в дальнейшем сформулиро-

вать более полное определение данной категории, учитывающее все ее ключевые особенности. Параллельно с развитием теоретического знания в области социального предпринимательства развивается практическая деятельность в данной области. В статье рассмотрен рейтинг стран по уровню развития социального предпринимательства, составленный Фондом Thomson Reuters. Фонд провел масштабные исследования в 2016 и 2019 гг. в 45 странах с крупнейшими экономиками мира. Результаты исследования показали, что рейтинг стран в 2019 г. в области развития социального предпринимательства значительно изменился по сравнению с 2016 г. Такие страны, как Австралия, Франция, Сингапур, Нидерланды, Финляндия, Пакистан, Австрия и Греция, поднялись больше чем на 10 позиций, что свидетельствует о стремительном развитии социального предпринимательства в указанных странах. Рост позиций сигнализирует о том, что в указанных странах социальным предпринимателям стало легче получить доступ к инвестициям, необходимой им нефинансовой поддержке (например, финансовая, юридическая и техническая консультация; доступ к рынкам и сетям; коучинг, наставничество и обучение). Социальные предприниматели легко могут продавать свои товары, услуги, работы различным субъектам хозяйствования.

Заметное снижение позиций прослеживается для таких стран и территорий, как Великобритания, Гонконг, Малайзия, США, Колумбия и Мексика, их позиции в обновленном рейтинге на 10 и более пунктов ниже, чем в 2016 г.

Необходимо отметить, что уровень развития социального предпринимательства в Республике Беларусь не оценивался в указанном рейтинге, поскольку страна не входит в перечень первых 45 стран по уровню ВВП по данным Всемирного банка (по состоянию на 2014 г.). Однако предложенная методика исследования может быть использована в Республике Беларусь как на национальном,

так и региональном уровне для оценки доступности социальных предпринимателей к инструментам государственной поддержки, грантовому финансированию, инвестициям, нефинансовой поддержке, их возможностей в реализации своих товаров, услуг, работ государству (B2G), бизнесу (B2B), физическим лицам (B2C), привлечении необходимых работников. Проведение данного исследования в Республике Беларусь позволит оценить уровень развития социального предпринимательства и сформировать необходимые меры поддержки данного сектора на перспективу.

Литература:

1. Диковицкая, Д. В. Международный опыт обучения социальному предпринимательству / Д. В. Диковицкая. — Минск: Институт бизнеса БГУ, 2019. — С. 43–48.
2. Ниссенс, М. Концепция социальных предприятий в Европе и Соединенных Штатах: сближение и расхождение / М. Ниссенс // Журнал Международной летней школы EMES. — 2018. — № 4. — С. 14–25.
3. Диз, Г. Смысл социального предпринимательства / Г. Диз // Стэнфордский университет: отчет о деятельности Центра предпринимательства Каумена. — 2017. — 6 с.
4. Николс, А. Социальное предпринимательство: новые модели устойчивых социальных изменений / А. Николс. — Нью-Йорк: Издательство Оксфордского университета, 2010. — 240 с.
5. Бак, С. Многочисленные лица социального предпринимательства: обзор вопросов определения, основанных на географических и тематических критериях / С. Бак // Предпринимательство и региональное развитие (Специальный выпуск: Общественное, социальное и социальное предпринимательство). — 2009. — № 3. — С. 118–136.
6. Мартин, Р. Л., Осберг, С. Социальное предпринимательство: аргументы в пользу определения / Р. Л. Мартин, С. Осберг // Стэнфордский обзор социальных инноваций. — 2017. — С. 35.
7. Томсон, Дж., Доэрти, Б. Разнообразный мир социального предпринимательства / Дж. Томсон, Б. Доэрти // Международный журнал социальной экономики. — 2006. — № 33 (5/6). — С. 361–375.
8. Рейтинг стран по уровню развития социального предпринимательства [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://media.rspp.ru/document/1/9/f/9f8fdc4f4d8bd30cb0c31a29333cc835.pdf>. — Дата доступа: 19.03.2020.

ИНДЕКСНЫЙ АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ СТРАН С МАЛОЙ ЭКОНОМИКОЙ

INDEX ANALYSIS OF THE CONDITIONS OF INNOVATIVE DEVELOPMENT OF COUNTRIES WITH A SMALL ECONOMY

Е. С. Ботеновская,

доцент кафедры международных экономических отношений БГУ, канд. экон. наук, доцент,
г. Минск, Республика Беларусь

E. Botenovskaya,

Associate Professor, Department of International Economic Relations, BSU, PhD Econ. Sciences,
Associate Professor, Minsk, Republic of Belarus

Дата поступления в редакцию — 07.05.2020 г.

Представлен индексный анализ условий инновационного развития стран с малой экономикой. Приведены примеры ранжирования стран с позиций стратегического менеджмента, классифицирующие условия развития как «благоприятные», «посредственные», «неблагоприятные».

An index analysis of the conditions of innovation performance of countries with small economies is presented. Examples of ranking countries are given from the perspective of strategic management, classifying the development conditions as “favorable”, “mediocre”, “not favorable”.

Ключевые слова: инновации, рейтинг, инновационный потенциал, инновационные условия, страны с малой экономикой.

Keywords: : innovation, ranking, innovation potential, innovation conditions, countries with a small economy.

Введение.

В работе [1] приводится классификация международных стандартов — рейтингов для оценки эффективности инновационной деятельности стран, в первую очередь с малой экономикой. Показано, что комплексные рейтинговые оценки основаны на экспертном мониторинге базовых факторов, определяющих результативность инновационной сферы малых экономик, включая бизнес-процессные инновации. К ним отнесены производство товаров или услуг, распространение и логистика, маркетинг и продажи, информационно-коммуникационные системы, администрирование и управление, продуктивное развитие и развитие бизнес-процессов.

Приведенный опыт использования рейтинговых оценок в экономике позволяет корректно сформулировать задачу количественной индикации условий инновационного развития стран с малой экономикой с позиций

стратегического менеджмента в организационном управлении инновационными проектами развития. Актуальность сформулированной задачи обусловливается переходом к методологии управления проектами для достижения стратегических целей развития.

Выбор базовой и условно-ситуационной стратегии инновационного развития определяется двумя обобщенными параметрами: макроэкономическими условиями развития и макроэкономической конкурентоспособностью страны [2]. В настоящем исследовании рассмотрим возможность использования рейтинговой информации для количественной оценки условий инновационного развития на примере статистики для стран с малой экономикой.

С позиций стратегического менеджмента как механизма выбора в конкретной

ситуации стратегии развития на макроуровне условия инновационного развития в количественном отношении оцениваются соотношением «возможности/угрозы» [2]. Практически значимым эффективным механизмом стратегического развития, по опыту экономически развитых стран, выбирается методология управления инновационными целями и соответствующими проектами развития. В обобщенном параметре, определяющем условия реализации проекта, «возможности» обуславливают конкретную формулировку проектных целей развития, сбалансированных с имеющимися в стране ограниченными инновационными ресурсами. «Угрозы» характеризуют проектные инновационные риски развития.

На макроуровне (на уровне страны) в качестве индикаторов условий развития, количественно характеризующих соотношение «возможности/угрозы» в сравнительном отношении, целесообразно пользоваться апробированными международными стандартами в форме комплексных и частных рейтингов инновационного развития (см. рис. 1).

Как инструменты факторного анализа комплексные рейтинги определяются множеством групп факторов инновационного развития, частные рейтинги — конкретной функциональной группой специфических факторов развития.

Комплексные рейтинги учитывают следующие группы факторов инновационного развития:

- 1) инновационный потенциал;
- 2) институциональную инновационную среду;
- 3) инновационную инфраструктуру;
- 4) технологическую инновационную среду;
- 5) инновационные отрасли экономики;
- 6) информационные коммуникационные технологии.

Инновационный потенциал прежде всего определяется эффективностью воспроизводства знаний по отраслям науки: гуманитарная, естественно-научная, техническая.

Заметим, что инновационная экономика — экономика «знаний», инновационный менеджмент и инновационный маркетинг как системы организационного управления являются объектами исследований гуманитарной отрасли науки.

Инновационный потенциал структурно включает: интеллектуальный капитал, научный «склад» — пополняемый «архив» научных знаний и структурную научную логику информационных потоков, а также механизмы поддержки инновационной деятельности.

Качество *институциональной среды*, оцениваемое Глобальным индексом конкурентоспособности Всемирного экономического форума, определяется защитой прав интеллектуальной собственности, институтами собственности, доверием к государству, государственным регулированием, коррупцией, эффективностью законодательной базы, государственными расходами и др. [3]. В Глобальном инновационном индексе



Рис. 1. Индексы условий инновационного развития

институциональная среда характеризуется политической, бизнес-средой и качеством регулирования.

Институциональная инновационная среда приоритетно структурируется РЭНД-институтами развития («развитие через исследования»): университетами, государственными и частными корпоративными научными центрами, обуславливающими эффективность НИОКР по отраслям экономики и в организации общества (среда «генерации» технологических и организационных новшеств) [4].

Инновационная инфраструктура является поддерживающей средой трансформации новшеств в инновации по отраслям экономики и в общественном развитии с приоритетным использованием механизма государственно-частного партнерства (функциональный преобразователь «новшества — инновации»). Инновационная инфраструктура включает в себя национальную научную и техническую среду, механизмы, поддерживающие фундаментальные исследования и высшее образование, а также накопленные «запасы» технологических знаний, из которых новые идеи развиваются и коммерциализируются [5].

Технологическая инновационная среда преобразует технологические новшества в технологические инновации по стадиям жизненного цикла инновационного продукта с использованием высоких наукоемких технологий (приоритетно «искусственного интеллекта» и биотехнологий в технологическом инструментарии перехода от НИОКР к адаптивному производству), инженерного консалтинга и венчурной поддержки — «страховки» научных и технологических рисков [6].

Инновационные отрасли экономики коммерциализируют инновационный продукт, преобразуя его через отраслевые рынки в товар с добавленной стоимостью (номенклатурные преобразователи «инновационный продукт — инновационный товар») с использованием механизмов маркетинга, проектного менеджмента, баланса конкурентоспособности товара с силой рыночной конкуренции в

конкретных условиях рыночной конъюнктуры, товарной и финансовой логистики.

Информационные коммуникационные технологии лежат в основе механизмов воспроизводства и мониторинга научных знаний, инновационных разработок, принятия инновационных проектных решений, адаптации производства, рыночной конъюнктуры, товарной и финансовой логистики в технологическом и организационном управлении обществом, объектами и по отраслям экономики [7].

Факторы инновационного развития взаимосвязаны. Инновационный потенциал экономики зависит от наличия сильной национальной инновационной инфраструктуры, от более специфической инновационной среды в промышленных кластерах страны, от степени сотрудничества между ними и от других факторов, которые содействуют инновационности экономики.

Рассмотрим примеры рейтинговых оценок в качественном анализе условий инновационной деятельности.

Глобальный инновационный индекс. Общая характеристика индекса:

- носит комплексный характер;
- учитывает все группы факторов инновационного развития;
- 80 мониторинговых показателей, сгруппированных в два базовых блока:
 - а) располагаемые страной инновационные ресурсы (институты, человеческий капитал, исследователи, инфраструктура, инновационные бизнесы, инновационные рынки);
 - б) результаты использования РЭНД-технологий в создании условий инновационной деятельности.

Анализ количественных величин рейтингов Глобального индекса инноваций (табл. 1) позволяет выделить четыре группы стран по условиям инновационного развития:

1) *инновационные «лидеры»* (*innovation leaders*) — страны с высоким соотношением «возможности/угрозы» (отношением «инновационные проектные цели / инновационные проектные риски») — Швейцария, Нидер-

ланды, Швеция, Финляндия, Дания, Люксембург, Австрия, Бельгия (страны с «условно-ограниченными» ресурсами развития);

2) *инновационные «последователи»* — страны, результаты которых соответствуют ожидаемым результатам для данного уровня развития, страны с средним соотношением «возможности/угрозы» (отношением «цели/риски»): Чехия, Словения, Венгрия и Республика Беларусь (страны с «ограниченными» ресурсами развития); группа включает в себя 62 экономики;

3) *страны с высокими достижениями в области инноваций (innovation achievers)* — экономики, которые показывают опережающие результаты инновационного развития в сравнении с ВВП; среди европейских стран в данной группе представлены Молдова, Украина (страны с уровнем дохода ниже среднего), Черногория и Северная Македония (страны с уровнем дохода выше среднего); среди азиатских стран с малой экономикой — Вьетнам, Филиппины (страны с уровнем дохода ниже среднего), Таиланд (страны с уровнем дохода выше среднего);

4) *отстающие страны, результаты которых ниже ожидаемых результатов для данного уровня развития*, — страны с малым соотношением «возможности/угрозы» (от-

ношением «цели/риски») — страны с «существенно ограниченными» ресурсами развития); группа включает в себя 33 экономики.

При категорийном ранжировании стран (на «лидеров», «последователей», «стран с высокими инновационными достижениями», «отстающих стран») по рассматриваемому рейтингу принято следующее интервальное правило: страны ранжируются согласно индексу и отклонению от ожидаемой траектории развития.

1. Страны — инновационные «лидеры»: 24 экономики, с 1-го по 23-е и 25-е места в рейтинге. Все страны, за исключением Китая, относятся к странам с высоким уровнем дохода.

Отметим, что также выделяют топ-10 инновационных экономик (10 best-ranked economies) для каждого региона, а также для каждой из групп стран по уровню дохода (страны с высоким уровнем дохода, страны с уровнем дохода выше среднего, страны с уровнем дохода ниже среднего, страны с низким уровнем дохода).

Отдельно можно выделить страны, результаты которых выше ожидаемых результатов для данного уровня развития, — 34 экономики, среди которых инновационные лидеры и страны с высокими достижениями в области инноваций (представлены все группы

Таблица 1

Глобальный индекс инноваций европейских стран с малой экономикой

	Страна	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Инновационные «лидеры»	Швейцария	1	1	1	1	1
	Швеция	3	2	2	3	2
	Нидерланды	4	9	3	2	4
	Финляндия	6	5	8	7	6
	Дания	10	8	6	8	7
	Люксембург	9	12	12	15	18
	Австрия	18	20	20	21	21
	Бельгия	25	23	27	25	23
Инновационные «последователи»	Чехия	24	27	24	27	26
	Словения	28	32	32	30	31
	Венгрия	35	33	39	33	33
	Беларусь	53	79	88	86	72

Примечание: собственная разработка на основе [8, 9, 10].

по уровню дохода). Среди данных стран и инновационные лидеры, и страны с высокими достижениями в области инноваций.

2. Страны, результаты которых соответствуют ожидаемым результатам для данного уровня развития: 51 экономика, страны — инновационные «последователи».

3. Отстающие страны, результаты которых ниже ожидаемых результатов для данного уровня развития: 33 экономики, среди которых ОАЭ, Литва, Россия, Сальвадор, Йемен, страны — инновационные «аутсайдеры».

4. Страны с высокими достижениями в области инноваций: 18 экономик, выделены в отдельную группу и представлены среди разных групп стран по уровням дохода и разных регионов.

Таким образом, с точки зрения стратегического менеджмента, в странах первой группы созданы «благоприятные», в странах второй группы — «посредственные», в странах третьей группы — «неблагоприятные» условия для реализации проектов инновационного развития. Это означает, что для инновационных лидеров имеются условные предпосылки формулирования «высоких», для инновационных последователей — «средних», для инновационных аутсайдеров — «малых» целей инновационного развития.

Этот важнейший для стратегического планирования инновационного развития вывод обусловлен следующим:

– «благоприятные» условия означают большие ресурсные «возможности» и малые инновационные «риски», в противоположность этому, «неблагоприятным» условиям соответствуют малые ресурсы развития и большие «риски»;

– инновационные риски проектов развития требуют соответственно «малых», «средних», «больших» затрат из проектных бюджетов на эффективное обеспечение программ управления рисками;

– проектные цели, инновационные ресурсные возможности и риски развития должны быть динамически сбалансированы по стадиям реализации проектов развития;

– масштабность проектов развития на макроуровне требует ситуационного приоритетного управления инвестициями в инновационное развитие страны с учетом ограниченных бюджетных возможностей и вероятностей проявления инновационных рисков, что в системном отношении предъявляет высокие требования к эффективности принятия инновационных решений в функциональной области «финансовой» логики (к эффективности «инновационного» проекта инновационного развития).

Инновационный индекс Блумберга. Общая характеристика индекса:

- комплексный индекс;
- оценивается более 200 экономик и идентифицируются топ-60 лучших по принятым критериям инновационного развития.

Оценочные критерии эффективности инноваций:

- 1) затраты на НИОКР;
- 2) добавленная стоимость производства;
- 3) производительность;
- 4) эффективность образования;
- 5) концентрация высокотехнологичных компаний;
- 6) концентрация исследователей;
- 7) патентная активность.

Следовательно, индекс Блумберга приоритетно ориентирован на следующие системные факторы инновационного развития:

- а) РЭНД-технологии;
- б) адаптивное производство;
- в) гибкое предпринимательство и бизнес.

Из анализа данных табл. 2 следует рейтинговая классификация стран:

1) страны «лидеры» — Финляндия, Швейцария, Швеция, Дания, Австрия, Бельгия, Нидерланды, Словения (страны с «условно-ограниченными» ресурсами инновационного развития);

2) страны-«последователи» — Чехия, Венгрия, Люксембург, Эстония (страны с «ограниченными» ресурсами инновационного развития);

3) «догоняющие страны» — остальные страны, представленные в табл. 2 (страны

с «существенно ограниченными» ресурсами инновационного развития).

При ранжировании стран («лидеры», «последователи», «аутсайдеры») по этому рейтингу принято следующее интервальное правило:

- с 1-го по 22-е места в рейтинге (значение суммарного индекса более 73): страны — инновационные «лидеры»;
- с 23-е по 49-е места в рейтинге (значение суммарного индекса более 51,2 и менее 72): страны — инновационные «последователи»;
- с 50-го места и далее: инновационные «догоняющие страны».

Следовательно, в странах первой группы — «благоприятные», в странах второй группы — «посредственные», в странах третьей группы — «неблагоприятные» условия инновационного развития.

Европейский инновационный индекс. Общая характеристика индекса:

- рейтинг носит комплексный характер;
- ранжируемые экономики — экономики стран Европейского союза;

Базовые модули оцениваемых факторов — показателей инновационного развития:

- 1) условия для инноваций — человеческие ресурсы, РЭНД-технологии (привлекательные исследовательские системы), инновационный климат в стране;

- 2) инвестиции — государственное финансирование и поддержка, корпоративные инвестиции в венчурный капитал (в венчурные фонды);

- 3) характеристика инновационной деятельности:

- корпорации и предприятия-инноваторы, связи-коммуникации и логистика, интеллектуальная собственность;
- используемые критерии эффективности инновационного развития.

В качестве критериев эффективности инновационной деятельности приняты:

- а) мотивации занятости в наукоемком бизнесе;
- б) маркетинг высокотехнологичных товаров.

Таким образом, база данных Европейского инновационного индекса в оценке условий инновационного развития приоритетно ориентируется на характеристики инновационного климата в стране и на возможности использования информационно-коммуникационных технологий (табл. 3).

По табельной базе данных для стран рассчитываются:

- суммарный инновационный индекс;
- темп роста инновационной деятельности.

Анализ показателей рис. 2 позволяет классифицировать страны по категориям:

Таблица 2

Рейтинг европейских стран с малой экономикой в Инновационном индексе Блумберга за 2015–2020 гг.

Страна	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Финляндия	4	7	5	7	3	7
Швейцария	16	5	4	5	4	4
Швеция	7	3	2	2	7	5
Дания	11	9	8	8	11	8
Австрия	17	13	12	12	12	11
Бельгия	19	16	13	14	13	14
Нидерланды	20	18	15	16	15	13
Венгрия	32	30	27	27	32	28
Чехия	31	31	28	28	25	24
Люксембург	28	–	34	32	28	31
Словения	26	–	–	–	31	21

Примечание: собственная разработка на основе [11, 12].

Таблица 3

Показатели инновационного развития европейских стран с малой экономикой и суммарный показатель ЕС-28 по Европейскому инновационному индексу 2019 г.

Показатели инновационного развития	ЕС-28	Швейцария	Швеция	Финляндия	Дания	Нидерланды	Люксембург	Бельгия	Австрия	Чехия	Венгрия	Словения
1.1 Человеческие ресурсы												
1.1.1 Выпускники аспирантуры и докторантуры на 1000 чел. населения в возрасте 25–34 лет (2017)	2,1	3,4	2,7	2,6	3,2	2,2	1,2	2,0	2,2	1,7	1,0	1,9
1.1.2 Доля населения в возрасте 30–34 лет, имеющего законченное высшее образование, % (2018)	39,8	50,5	47,7	40,2	46,7	47,5	52,6	46,7	40,3	33,6	30,5	41,2
1.1.3 Доля обучающихся в течение всей жизни (2017)	10,9	31,2	30,4	27,4	26,83	19,1	17,2	8,5	15,8	9,8	6,2	12,0
1.2 Привлекательные исследовательские системы												
1.2.1 Международные научные совместные публикации, на 1 млн публикаций (2018)	1070	3492	2464	2100	2929	1990	2452	1835	1735	980	564	1492
1.2.2 Доля научных публикаций среди 10 % наиболее популярных публикаций (2016)	11,5	15,6	13,5	12,7	15,8	15,7	13,9	13,1	11,5	5,9	6,1	7,8
1.2.3 Доля студентов докторантуры не из ЕС среди всех студентов докторантуры, % (2017)	20,3	55,3	35,1	21,9	35,2	39,9	80,0	37,9	30,3	15,9	11,6	8,9
1.3 Благоприятный инновационный климат												
1.3.1 Широкополосный доступ компаний к сети Интернет (2018)	18,0	–	45,0	32,0	46,0	31,0	27,0	29,0	14,0	13,0	19,0	19,0
1.3.2 Предпринимательство, движимое наличием возможностей (2018)	3,6	6,4	7,4	9,7	11,1	7,0	4,5	1,6	2,7	2,7	2,6	2,4
2.1 Финансирование и поддержка												
2.1.1 Расходы на ИР в государственном секторе, % ВВП (2017)	0,68	0,93	0,97	0,94	1,07	0,82	0,58	0,83	0,92	0,66	0,35	0,47
2.1.2. Инвестиции в венчурный капитал, % ВВП (2018)	0,149	0,181	0,100	0,120	0,073	0,163	0,324	0,133	0,045	0,007	0,074	0,006
2.2 Инвестиции фирм												
2.2.1 Расходы на ИР бизнес-сектора, % ВВП (2017)	1,36	2,39	2,42	1,80	1,97	1,17	0,68	1,76	2,22	1,13	0,99	1,39
2.2.2 Расходы на инновации, не включающие ИР, % от оборота (2016)	0,86	2,01	0,77	0,74	0,35	0,16	0,23	0,49	0,53	0,74	0,91	0,69
2.2.3 Предприятия, предоставляющие подготовку по разработке или повышению квалификации навыков ИКТ для своего персонала, в общем числе предприятий, % (2018)	23,0	–	24,0	36,0	28,0	26,0	27,0	36,0	27,0	25,0	17,0	29,0

Окончание таблицы 3

Показатели инновационного развития	ЕС-28	Швейцария	Швеция	Финляндия	Дания	Нидерланды	Люксембург	Бельгия	Австрия	Чехия	Венгрия	Словения
3.1 Инноваторы												
3.1.1 Доля МСП с продуктовыми или процессными инновациями в общем числе МСП, % (2016)	34,3	44,8	38,3	54,2	33,3	48,5	40,4	47,3	45,0	33,0	18,0	25,9
3.1.2 Доля МСП с маркетинговыми или организационными инновациями в общем числе МСП, % (2016)	35,6	58,4	36,3	44,8	39,2	31,6	52,0	45,1	50,4	31,3	18,5	27,0
3.1.3 Доля МСП, внедряющих собственные инновации в общем числе МСП, % (2016)	28,1	36,9	33,5	48,5	23,6	35,0	35,1	39,8	38,3	30,6	14,5	22,4
3.2 Связи												
3.2.1 Доля МСП, участвующих в совместных инновационных проектах в общем числе МСП, % (2016)	11,8	9,7	13,2	21,3	12,9	14,5	9,8	22,1	22,1	12,6	5,9	12,2
3.2.2 Публично-частные совместные публикации, на 1 млн публикаций (2018)	81,7	388,5	251,4	162,5	267,6	150,6	104,7	120,0	200,5	60,3	50,0	95,3
3.2.3 Частное совместное финансирование общественных ИР, % к ВВП (2016)	0,05	0,09	0,04	0,05	0,03	0,08	0,01	0,08	0,05	0,03	0,02	0,04
3.3 Интеллектуальная собственность												
3.3.1 Количество заявок на патенты на 1 млрд ВВП (по ППС) (2016)	3,53	6,74	9,57	7,73	6,17	5,52	2,23	3,46	4,71	0,82	1,36	1,86
3.3.2 Количество приложений для товарных знаков на 1 млрд ВВП (по ППС) (2018)	7,85	18,51	11,33	11,88	12,55	9,64	35,49	8,31	13,27	5,13	4,23	10,79
3.3.3 Количество конструктивных приложений на 1 млрд ВВП (по ППС) (2018)	4,17	5,94	4,18	4,06	7,22	4,09	7,12	2,76	6,50	4,17	1,18	2,69
4.1 Воздействие на занятость												
4.1.1 Занятость в наукоемких видах деятельности (производство и услуги) к общей занятости, % (2017)	14,2	21,4	18,5	16,2	15,1	17,1	22,0	15,6	15,0	12,9	11,6	13,7
4.1.2 Занятость быстрорастущих фирм в инновационных секторах к общей занятости, % (2016)	5,2	3,2	6,2	2,8	4,9	5,1	4,7	2,8	2,1	7,2	8,5	3,9
4.2 Эффект продаж												
4.2.1 Доля экспорта средних и высоких технологий в общем объеме экспорта продукции, % (2018)	56,3	52,0	54,4	44,0	48,6	49,7	44,4	48,4	57,4	67,1	67,6	57,3
4.2.2 Доля экспорта услуг, основанных на знаниях в общем объеме экспорта услуг, % (2017)	68,4	69,7	71,5	71,7	74,9	78,0	92,3	68,7	43,7	42,7	47,7	36,5
4.2.3 Продажи новых для рынка и новых для фирмы инноваций как % от оборота (2016)	12,96	19,62	8,70	11,30	5,47	10,41	4,82	15,61	12,59	12,96	7,66	8,68

«лидеры», «последователи», «аутсайдеры» соответственно «благоприятными», «посредственными» и «неблагоприятными» условиями инновационного развития.

Инновационные «лидеры»: Швейцария, Швеция, Дания, Финляндия, Нидерланды.

Инновационные «последователи»: Люксембург, Бельгия, Австрия, Эстония.

Умеренные «инноваторы»: Чехия, Словения, Венгрия.

При ранжировании стран («лидеры», «последователи», «умеренные инноваторы», «скромные инноваторы») по рейтингу принят суммарный расчетный индекс по базе данных параметров, представленных в табл. 3.

Индекс цифровой экономики и общества.

Общая характеристика индекса:

- как индекс носит частный характер;
- рассчитывается для стран Европейского союза;

– рейтинговый инструмент для сравнения уровня развития цифровой экономики стран;

– характеризует степень цифровизации условий инновационного развития.

Из анализа рейтингов табл. 4 следует классификация стран по условиям цифровизации экономики и общественных отношений:

– инновационные «лидеры»: Финляндия, Швеция, Нидерланды, Дания (с «благоприятными» условиями инновационного развития по частному индексу цифровизации экономики и общества);

– инновационные «последователи»: Люксембург, Бельгия, Австрия («посредственные» условия цифровизации развития);

– «умеренные инноваторы»: Словения, Чехия, Венгрия («неблагоприятные» условия цифровизации развития).

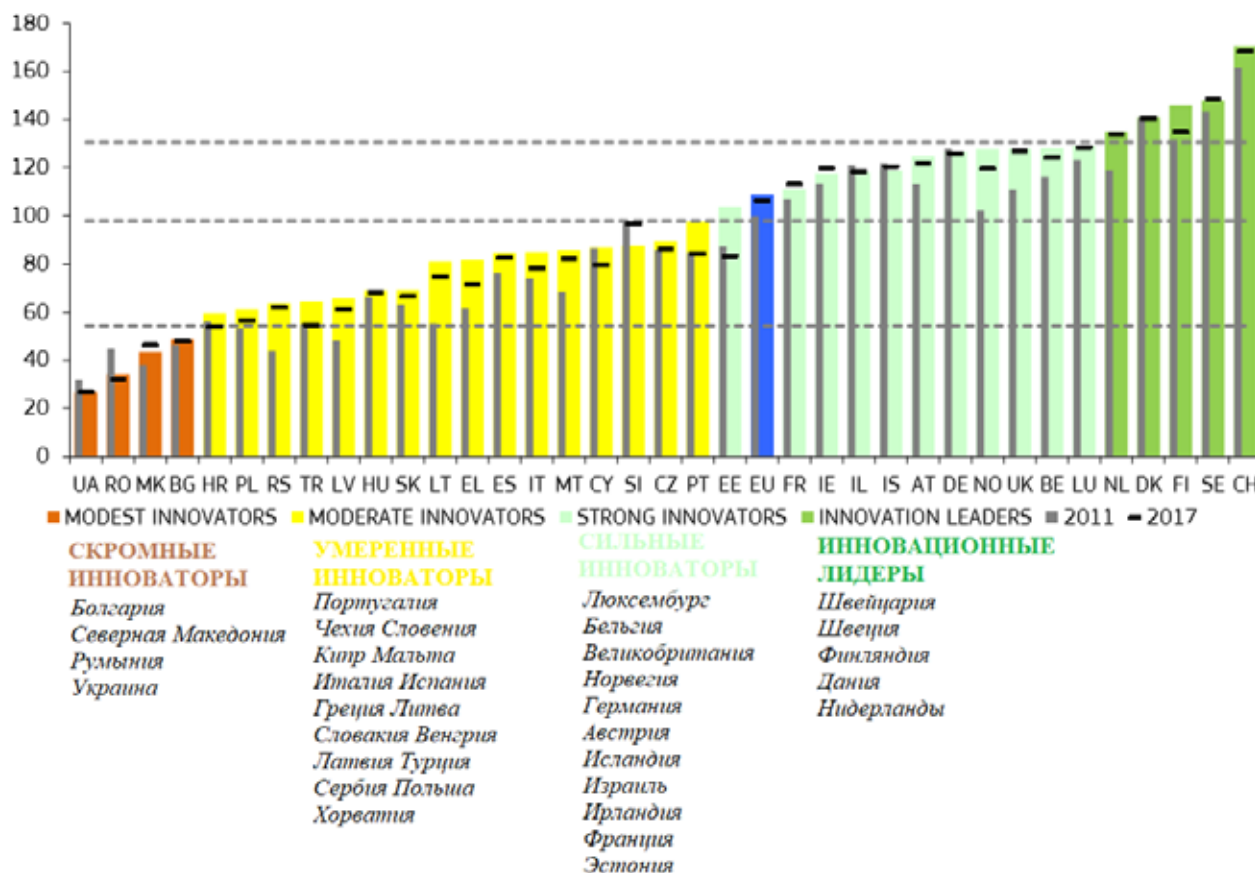


Рис. 2. Ранжирование европейских стран ЕС согласно Суммарному инновационному индексу 2019

Примечание: [13].

Таблица 4

Рейтинг европейских стран с малой экономикой в Индексе цифровой экономики и общества за 2016–2019 гг.

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
Финляндия	2	2	3	1
Швеция	3	4	1	2
Нидерланды	4	3	2	3
Дания	1	1	4	4
Люксембург	5	5	5	6
Бельгия	7	7	9	9
Эстония	9	9	7	8
Австрия	12	12	12	13
Словения	16	16	15	16
Чехия	17	16	17	18
Венгрия	22	23	23	23

Примечание: собственная разработка на основе [14, 15].

При ранжировании стран («лидеры», «последователи», «аутсайдеры») по этому рейтингу принято следующее интервальное правило:

- с 1-го по 4-е места в рейтинге: страны — инновационные «лидеры»;
- с 5-го по 11-е места в рейтинге: страны — инновационные «последователи»;
- с 16-го места и далее: страны — «умеренные инноваторы».

Рейтинговое ранжирование стран по показателям Европейского инновационного индекса и Индекса цифровой экономики и общества позволяют на основании мониторинга критериев развития принимать обоснованные решения по структурированию экономик стран с учетом потребностей социально-экономической интеграции внутри Европейского союза на базе РЭНД-технологий инновационного развития («развитие через исследования»).

Классифицируем направления инновационного развития стран и их разнообразных интеграционных объединений по признаку объектно-функциональных областей проектного менеджмента (табл. 5).

Задачей проектного менеджмента на этапах стратегического планирования и практической реализации инновационного проекта

является управление поддержанием баланса — адекватного соответствия в тройке векторов: «цели — ресурсные возможности — угрозы (риски)». Условно-ситуационное решение этой задачи в конкретных условиях («благоприятные», «посредственные», «неблагоприятные») позволит обеспечить эффективное достижение проектных целей инновационного развития. Показателями проектной эффективности являются измеренные (в том числе «рейтинговыми» оценками) «целевые отклонения» как разности между запланированными целевыми функциями и достигнутыми результатами по ним за контролируемый период времени. «Целевые отклонения» формируются организационными обратными связями. Мониторинг «целевых отклонений» во времени должен осуществляться с учетом динамик целевых функций.

Заключение.

Практическое применение рейтинговых оценок для ранжирования условий инновационного развития стран и их интеграционных или партнерских объединений является условным по отношению:

- к размеру выборки ранжируемых стран;

Объектно ориентированные направления инновационного развития стран

№ п/п	Объект исследований	Предмет исследований	Специализированные РЭНД-технологии («развитие через исследования»)	Объектно-функциональное направление развития
1	Личность и общество	гуманитарные, социально-экономические и культурные проекты; проекты управления гуманитарными ресурсами	гуманитарные технологии	гуманистическое
2	Среда обитания и жизнедеятельности	природоохранные, экоинновационные, экокультурные проекты по сферам деятельности и отраслям экономики; проекты управления экоресурсами	экотехнологии	экологическое
3	Безопасность	проекты обеспечения безопасности на макро- и микроуровнях жизнедеятельности; проекты управления ресурсами обеспечения безопасности	технологии безопасности	безопасности
4	Энергообеспечение	энергогенерирующие, энергосберегающие, энергологистические проекты по сферам деятельности и отраслям экономики; проекты управления энергоресурсами сетевых, стационарных и мобильных объектов	энерготехнологии	энергетическое
5	Техника и промышленность	технические и промышленные (включая АПК) объекты; проекты управления техническими и производственными ресурсами по сферам деятельности и отраслям экономики	«высокие» (наукоемкие) технологии	технологическое
6	Человек и биообъекты	субъекты и объекты живой материи; проекты медицинской поддержки стадий жизненного цикла человеческого организма; медицинские проекты управления ресурсами жизнедеятельности человеческого и иных биоорганизмов	медицинские технологии	медицинское
7	Управление объектами	методология управления воспроизводством знаний, техническими и эргатическими («человек — машина — среда») объектами, сферами деятельности и экономикой на макро- и микроуровнях	управленческие РЭНД-технологии; методология управления наукоемкими проектами	управленческое (кибернетическое)

- контрольному периоду времени;
- принятым правилам ранжирования условий инновационного развития на «благоприятные», «посредственные», «неблагоприятные»;
- учитываемым факторам развития и их оцениваемым показателям;
- методикам расчета суммарных, «взвешенных» с выбранными приоритетами, индексов;
- достоверности и своевременности представляемой исходной статистической информации.

Выбор вида рейтинга для классификации стран по условиям инновационного развития должен соотноситься с его нацеленностью на приоритетные факторы инновационного развития, характерные для каждого конкретного рейтингового индекса.

Рейтинговые итоги ранжирования условий инновационной деятельности стран и их «несырьевого» развития должны учитываться стратегическим менеджментом при формировании множества инновационных проектов, структурирующих общество и экономику, целевых функций, инвестиционных и иных проектных ресурсов, программ управления рисками и антикризисного управления.

Баланс «стратегические цели развития — проектные ресурсы (“возможности”) — проектные риски (“угрозы”))» должен поддерживаться по стадиям и временным этапам выполнения инновационных проектов организационным управлением на базе РЭНД-технологий («развитие через исследования»).

Для «снятия» информационной неопределенности в поддержке принятия стратегических решений по инновационному развитию, требующих новых знаний, приоритетно необходимо выстроить интегрированную, с кластерной архитектурой, цифровую платформу системы «воспроизводства знаний», эффективно решающую задачи генерации знаний и их логистики (коммуникаций к потребителю-инноватору).

Научной базой платформы «воспроизводства знаний» должны быть академические, образовательные и корпоративные

«научные» школы, интегрированный опыт исследовательских и конструкторских решений разнообразных НИОКР, архивной и коммуникационной базой — «нейронные» сети искусственного «интеллекта», по запросу оперативно осуществляющие поиск и передачу необходимой информации о затребованном новшестве в той или иной форме (от научной идеи, изобретения, патента до конструкторской документации и наукоемкого производства с использованием «высоких» технологий). При создании такой платформы важнейшими факторами являются аккумулялирование «критической массы» интеллекта, способного к своевременной генерации научного, технологического или организационно-управленческого решения, позволяющего решать инновационные задачи, а также эффективное преодоление разнообразных межведомственных барьеров, обусловленных конкурентной борьбой за проектного инвестора-заказчика. Ослабление негативного влияния второго фактора на объем и качество доступных потребителю знаний может быть достигнуто построением эффективной системы государственно-частного партнерства в обеспечении генерации и логистики необходимой информации, страхования проектных рисков, в первую очередь рисков НИОКР, комбинированными по капиталу «венчурными» фондами.

Создание платформы «воспроизводства знаний» позволит существенно улучшить условия инновационного развития на макроуровне, повысить вероятность разработки и практической реализации «прорывных» технологий инновационного развития с учетом приоритетов целевой направленности, ограниченного проектного ресурсного обеспечения, прогнозируемых проектных рисков.

Литература:

1. Давыденко, Е. Л. 2019. Страны с малой экономикой в условиях интеллектуализации, дигитализации и экологизации / Е. Л. Давыденко, Е. С. Ботеновская, О. Ю. Жуковская, Е. В. Столярова, В. М. Руденков, Я. В. Матюшевский. — Минск: ИВЦ Минфина, 2019. — 346 с.

2. Ганэ, В. А. Модели систем организационного управления / В. А. Ганэ, Е. М. Герасимова, Е. Л. Герасимов; под. науч. ред. В. В. Козловского. — Минск: Право и экономика, 2015. — 308 с. — (Серия «Высшая школа бизнеса»).
3. Schwab, K. The Global Competitiveness Report 2019 // World Economic Forum. [Electronic Resource]. — Mode of access: http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf. — Date of access: 05.03.2020.
4. Ботеновский, С. Л. Модели ситуационного управления в развитии новых технологий / С. Л. Ботеновский, В. А. Ганэ, И. А. Малевич. — Минск: Технопринт, 2001. — 164 с.
5. Давыденко, Е. Л. 2015. Европейские страны с малой экономикой. Особенности внешней торговли и инновационного развития / Е. Л. Давыденко, Е. С. Ботеновская. — Минск: БГУ, 2015.
6. Гончарук, И. А. Управление диверсификацией контрактных рынков наукоемких проектов / И. А. Гончарук; под науч. ред. Л. Н. Давыденко. — Минск: Право и экономика, 2013. — 200 с.
7. Малевич, Ю. И. Инновационные стратегии глобализации / Ю. И. Малевич, И. А. Малевич; под общ. ред. Ю. И. Малевич. — Минск: РИВШ, 2016. — 408 с.
8. The Global Innovation Index 2019: Creating Healthy Lives — The Future of Medical Innovation [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4434>. — Date of access: 22.04.2020.
9. The Global Innovation Index 2017: Innovation Feeding the World. Tenth Edition / Editors: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. — Geneva: Cornell University, INSEAD, WIPO, 2017. — 463 p.
10. The Global Innovation Index 2016: Winning with Global Innovation / Editors: S. Dutta, B. Lanvin, S. Wunsch-Vincent. — Geneva: Cornell University, IN-SEAD, WIPO, 2016. — 451 p.
11. Bloomberg 2018 Innovation Index // Bloomberg [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-22/south-korea-tops-global-innovation-ranking-again-as-u-s-falls>. — Date of access: 26.06.2018.
12. Bloomberg 2017 Innovation Index // Bloomberg [Electronic resource]. — Mode of access: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-01-17/sweden-gains-south-korea-reigns-as-world-s-most-innovative-economies>. — Date of access: 14.03.2019.
13. European Innovation Scoreboard 2019. — European Union, 2019. — 104 pp.
14. DESI composite index // European Commission [Electronic resource]. — Mode of Access: <https://digital-agenda-data.eu/datasets/desi/visualizations>. — Date of access: 23.03.2020.
15. The Digital Economy and Society Index (DESI) // European Commission [Electronic resource]. — Mode of Access: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/desi>. — Date of access: 23.03.2020.

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 заключавшие 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, r и др.), знаки и символы (€, ±, ', °, °, °, ° 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 единиц 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 наблюдение, 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 штаба 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

Лабораторно-испытательный комплекс антенных измерений



3

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС

Предназначен для высокоточных измерений радиотехнических характеристик и параметров антенн методом дальней зоны во временной области, а также для исследования свойств отражения различных объектов и материалов с использованием сверхкороткоимпульсного излучения.

Обеспечивает:

- измерение диаграммы направленности и коэффициента усиления антенн малой и средней направленности
- измерение эффективной площади рассеяния объектов и отражающих свойств материалов

Основные технические характеристики:

Диапазон рабочих частот.....	2–18 ГГц
Расстояние до дальней зоны.....	8 м
Погрешность измерения диаграммы направленности.....	не хуже 2 дБ
Погрешность измерения коэффициента усиления.....	не хуже ± 2 дБ
Максимальная относительная ошибка измерения эффективной площади рассеяния.....	1 дБ
Диапазон углов поворота по азимуту.....	0–360°
Разрешение по углу поворота.....	0,1°
Максимальная вертикальная нагрузка позиционера.....	50 кг



Научно-производственное общество с ограниченной ответственностью (НПООО) «ОКБ ТСП»

220076, г. Минск, ул. Франциска Скорины, 21/1, Республика Беларусь

Тел.: (+375 17) 311-05-69, 311-05-67, факс: (+375 17) 311-05-68, e-mail: tsp@tspbels.com

