

# ОЗБРОЄННЯ ТА ВІЙСЬКОВА ТЕХНІКА

3(27)  
2020

## НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

DOI: <https://doi.org/1034169/2414-0651>

ЩОКВАРТАЛЬНИК

ВИДАЄТЬСЯ З СІЧНЯ 2014 РОКУ

Керівник проекту, голова редакційної ради  
Чепков І.Б., д.т.н.

Голова редакційної колегії

Дереза А.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Заступник голови редакційної колегії

Васьківський М.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Відповідальний секретар редакційної колегії

Глазкова С.В., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна колегія:

Бісик С.П., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Бліщев В.С., д.т.н. (НУК)

Борковски Яцек, д.т.н. (ВІТО), Польща

Грінченко В.Т., акад., д.ф.-м.н. (ІГ НАНУ)

Гурнович А.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Дідковський В.С., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Довгополій А.С., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Животовський Р.М., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Зубарева В.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Коростельов О.П., д.т.н. (ДержККБ «Луч»)

Купріненко О.М., д.т.н. (НАСВ)

Кучер Д.Б., д.т.н. (ІВМС НУОМА)

Кучеров Д.П., д.т.н. (НАУ)

Кучинський А.В., к.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Ланецький Б.М., д.т.н. (ХНУПС)

Ланицький С.В., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Лейко О.Г., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Луханін М.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Мітрахович М.М., д.т.н. (ДП «Вісник-Прогрес»)

Олійник Б.О., д.т.н. (ДП «ЛОРТА»)

Растригін О.О., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Сидоренко Ю.М., д.т.н. (НТУУ КПІ)

Слюсар В.І., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Чапаненко П.П., д.в.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Чепков І.Б., д.т.н. (ЦНДІ ОВТ ЗСУ)

Редакційна рада:

Певцов Г.В., д.т.н. (ХНУПС)

Ткачук П.П., д.іст.н. (НАСВ)

Толубко В.Б., д.т.н. (ДУТ)

Харченко О.В., д.т.н. (ДНДІА)

Шевцов М.М., к.т.н. (ОЗСУ)

Розглянуто та схвалено до друку

науково-технічною радою

ЦНДІ ОВТ ЗС України

(протокол №10 від 17.09.2020)

Оригінальний макет виготовлено

Видавничим домом Дмитра Бураго

Адреса редакції:

Україна, 03049, м. Київ,

пр-т Повітрофлотський, 28

Тел.: (044) 271-0966

Факс: (044) 520-12-84

E-mail: [cnidi\\_ovt@mail.gov.ua](mailto:cnidi_ovt@mail.gov.ua)

Сайт: <https://journal.cnidovt.com.ua>

Свідчення про державну реєстрацію

друкованого засобу масової інформації

серія КВ №20209-10009Р від 20.08.2013

Журнал входить до переліку наукових фахових

видань Міністерства освіти і науки України,

категорія Б (наказ №1643 від 28.12.2019)



© ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2020

## У НОМЕРІ

### ВОЄННО-ТЕХНІЧНА ПОЛІТИКА

- Головін О. О., Приходнюк В. В., Кадет Н. П. Концептографічний аналіз результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт в галузі розвитку озброєння та військової техніки на основі методу рекурсивної редукції . . . . . 3
- Пацетник О. Д., Литвин В. В., Живчук В. Л., Поліщук Л. І. Визначення складу та структури онтологічної системи підтримки прийняття рішень командирами з'єднань і частин сухопутних військ збройних сил України . . . . . 11
- Гупало А. Ю. Становлення державно-приватного партнерства у військово-технічній сфері в Україні. Аналіз засад нормативно-правового врегулювання . . . . . 20

### АРТИЛЕРІЙСЬКЕ ТА СТРЕЛЬЦЬКЕ ОЗБРОЄННЯ

- Adamenko V. I., Petushkov V. V., Maistrenko O. A., Lapitsky S. V. Mathematical model of working processes of hydraulic brake of retrainable parts of artillery gun (Адаменко В. І., Петушков В. В., Майстренко О. А., Ланицький С. В. Математическая модель рабочих процессов гидравлического тормоза откатных частей артиллерийского орудия) . . . . . 27
- Шкурят О. І., Ханнолайнен В. Т., Коломієць В. М., Кравченко С. М., Канивець В. М., Юнда А. М., Костецький В. І. Магнетронна розпилювальна система для нанесення захисних покриттів на внутрішню поверхню стволів малого калібру . . . . . 33

### ЗЕНІТНІ РАКЕТНІ КОМПЛЕКСИ

- Ланецький Б. М., Коваль І. В., Лук'яничук В. В., Попов В. П. Прогнозування впливу зміни технічного стану основних зразків зенітного ракетного озброєння на ефективність їх функціонування при тривалій експлуатації . . . . . 40
- Бортновський С. А., Зверев О. О., Животовський Р. М., Базіло С. М. Розробка принципів спряження різномісних систем телекодового зв'язку зенітного ракетного озброєння з метою побудови сучасних мережецентричних систем бойового управління . . . . . 46

### РАДІОЕЛЕКТРОННА БОРОТЬБА

- Зібін С. Д., Попов А. О., Твердохлібов В. В. Параметричний синтез та оцінка ефективності багатофункціональних засобів (комплексів) радіоелектронної боротьби . . . . . 54

### ТЕХНІКА ТА ОЗБРОЄННЯ ВІЙСЬКОВО-МОРСЬКИХ СИЛ

- Derepa A. V., Kanishchev V. V., Leiko O. G., Shishkova K. A., Sviatnenko A. O. Influence of physical characteristics of responsible ridins on electric authorities of hydroacoustic radiator with internal screens (Дереза А. В., Канищев В. В., Лейко О. Г., Шишкова К. А., Святненко А. О. Про вплив фізичних характеристик заповнюючих рідин на електричні властивості гідроакустичних випромінювачів з внутрішніми екранами) . . . . . 67
- Коржик О. В., Чайка О. С., Ніжинська В. В., Богданова Н. В., Позднякова О. М., Курдюк С. В. До питання розв'язку задачі випромінення звуку сферою в обмежених рідинних просторах хвилеводного типу . . . . . 75

### ВИПРОБУВАННЯ, ПОЛІГОННО-ВИПРОБУВАЛЬНІ КОМПЛЕКСИ

- Корнієнко І. В., Корнієнко С. П., Дмитрів В. А., Павленко А. Г., Камак Д. О. Формування параметрів вхідного потоку вимог на випробування озброєння і військової техніки . . . . . 85

### ІНФОРМАЦІЯ

- Слюсар В. І. Електроніка в зарубіжних зброєннях і военній техніці . . . . . 93

# WEAPONS AND MILITARY EQUIPMENT

3(27)  
2020

SCIENTIFIC JOURNAL

DOI: <https://doi.org/1034169/2414-0651>

QUARTERL

PUBLISHED SINCE JANUARY 2014

## TABLE OF CONTENTS

### MILITARY TECHNICAL POLICY

- Holovin O. O., Prychodniuk V. V., Kadet N. P.* Conceptographical analysis of results of research and research and design works in the field of development of weapons and military equipment . . . . . 3
- Pashchetnyk O. D., Lytvyn V. V., Zhyvchuk V. L., Polishchuk L. I.* Determination of the composition and structure of the ontological decision support system for commanders of formations and units of land force of the armed forces of Ukraine. . . 11
- Hupalo A. Yu.* Modern model of the of defense ministry interaction with technical equipment other participants of the armed forces of Ukraine. . . . . 20

### ARTILLERY WEAPONS & SMALL ARMS

- Adamenko B. I., Petushkov V. V., Maistrenko O. A., Lapitsky S. V.* Mathematical model of working processes of hydraulic brake of retrainable parts of artillery gun . . . . 27
- Shkurat O. I., Khannolainen V. T., Kolomiets V. M., Kravchenko S. M., Kanivets V. M., Yunda A. M., Kostetskyi V. I.* Magnetron sputtering system for deposit protective coatings on the inner surface of the small caliber barrels . . . . . 33

### AIR DEFENSE SYSTEMS

- Lanetskii B. M., Koval I. V., Lukyanchuk V. V., Popov V. P.* Prediction of the influence of change in the technical state of the basic surface-to-air missile systems on the efficiency of their functioning during long-term service . . . . . 40
- Bortnovskiy S. A., Zvieriev O. O., Zhyvotovskiy R. M., Bazilo S. M.* Development of principles for pairing between different telecode communication systems of anti-aircraft missile armament with the purpose of construction of modern network-centric combat control systems . . . . . 46

### ELECTRONIC WARFARE

- Zibin S. D., Popov A. O., Tverdochlibov V. V.* Parametric synthesis and efficiency estimation of multifunctional electronic warfare systems . . . . . 54

### NAVY ARMAMENT & EQUIPMENT

- Derepa A. V., Kanishchev V. V., Leiko O. G., Shishkova K. A., Sviatnenko A. O.* Influence of physical characteristics of responsible ridins on electric authorities of hydroacoustic radiator with internal screens . . . . . 67
- Korzhyk O. V., Chaika O. S., Nizhynska V. V., Bohdanova N. V., Pozdniakova O. M., Kurdiuk S. V.* To the question of solving the problem of sound radiation in a confined liquid space of a waveguide type . . . . . 75

### TESTING, TEST SITES

- Korniienko I. V., Korniienko S. P., Dmytriiev V. A., Pavlenko A. G., Kamak D. O.* Parameters formation of the input flow of requirements for testing weapons and military equipment . . . . . 85

### INPUTS

- Slyusar V.I.* Military electronics: current trends . . . . . 93

Project Manager, Editorial Director  
*Chepkov I.B.*, DEng

Editorial Director  
*Derepa A.V.*, DEng (CRI AME AFU)  
Deputy of Editorial Director  
*Vaskivskyy M.L.*, DEng (CRI AME AFU)  
Executive Secretary of Editorial Board  
*Hlazzkova S.V.*, PhD (CRI AME AFU)

Editorial Board:  
*Bisyk S.P.*, PhD (CRI AME AFU)  
*Blintsov V.S.*, DEng (NUS)  
*Borkovsky Yatssek*, DEng (WITA), Poland  
*Hrinchenko V.T.*, acad., DEng (IG NASU)  
*Hurnovych A.V.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Didkovskyy V.S.*, DEng (NTUU KPI)  
*Dovhopolyi A.S.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Zhyvotovskyy R.M.*, PhD (CRI AME AFU)  
*Zubariiev V.V.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Korostelyov O.P.*, DEng ("SKDB"Luch")  
*Kuprinenko O.M.*, DEng (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)

*Kucher D.B.*, DEng (NI NU "OMA")  
*Kucherov D.P.*, DEng (NAU)  
*Kuchynskyy A.V.*, PhD (CRI AME AFU)  
*Lanetskyi B.M.*, DEng (KNUAF)  
*Lapytsky S.V.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Leyko O.H.*, DEng (NTUU KPI)  
*Lukhanin M.I.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Mitrakhovych M.M.*, DEng (SE Ivchenko-Progress)  
*Oliyaruk B.O.*, DEng (SE "LSP" LORTA")  
*Rasstryhin O.O.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Sydorenko Yu.M.*, DEng (NTUU KPI)  
*Slyusar V.I.*, DEng (CRI AME AFU)  
*Chabanenko P.P.*, DScMil, (CRI AME AFU)  
*Chepkov I.B.*, DEng (CRI AME AFU)

Editors:  
*Pyevtsov H.V.*, DEng (KNUAF)  
*Tkachuk P.P.*, DSc (Hetman Petro Sahaidachnyi NAA)  
*Tolubko V.B.*, DEng (SUT)  
*Kharchenko O.V.*, DEng (SRIA)  
*Shevtsov M.M.*, PhD (AAFU)

Reviewed and approved for publication by Science and Engineering Board (record No.10 of 17.09.2020)

Original dummy copy was made by Dmitry Burago Publishing House

Editorial address:  
Ukraine, 03049, Kyiv  
28, Povitroflotsky Ave  
tel.: (044) 271-0966  
fax: (044) 520-12-84  
E-mail: [endi\\_ovt@mil.gov.ua](mailto:endi_ovt@mil.gov.ua)  
Site: <https://journal.cndiovt.com.ua>  
Medium State Registration Certificate serial No. KB  
20209-10009R of 20.08.2013

Journal is in the list of scientific professional publications of the Ministry of Education and Science of Ukraine Category B (order No.1643 of 28.12.2019)



СЛЮСАР В.І.

## Электроника в зарубежных вооружениях и военной технике

Особенностью нынешних военных технологий является присутствие электронной составляющей не только в информационных системах, но и во всех других сферах современных вооружений, включая средства поражения. По большому счету электроника стала основным их элементом в самых разных её ипостасях. Свидетельством тому являются международные выставки вооружений, например, состоявшаяся 10 – 13 сентября 2019 г. в Лондоне XX (юбилейная) Международная выставка-ярмарка вооружений DSEI (*Defence Security and Equipment International Exhibition and Conference*), а также выставка, сопутствовавшая XX Международной конференции по бронетехнике IAV-2020 в том же Лондоне 20 – 22 января 2020 г. Хотя с момента проведения указанных мероприятий прошёл достаточный срок, в условиях мировой пандемии COVID19 они все еще могут служить ориентиром и стимулом для дальнейших инноваций в развитии электронной компоненты вооружений и военной техники.

Прежде всего, следует отметить, что основная роль среди электронной элементной базы сегодня по-прежнему отводится аналоговым радиочастотным компонентам, цифровым средствам обработки сигналов и изображений, встраиваемым процессорным модулям и сетевым средствам. Указанные ниши, наряду с традиционными, маститыми игроками, зачастую представлены набирающим обороты бизнесом, чьи технические решения вполне могут претендовать на свою долю рынка и заслуживают внимания. При этом основной тренд состоит в позиционировании конечных продуктов и готовых решений, пригодных для интеграции в те или иные изделия вооружений и военной техники. Подавляющая часть номенклатуры первичного уровня электроники на мировом рынке представлена платами, модулями и блоками, тогда как дискретные компоненты (мощные СВЧ-транзисторы, ASIC и т.п.) прилагаются как

дополнительный фактор, подкрепляющий статусность разработчика.

Примером такого рода является продукция компании Wolf Advanced Technology (<https://wolf-at.com>), специализирующейся на видеопроцессорных и компьютерных модулях стандарта VPX с кондуктивным отводом тепла в форм-факторах 3U и 6U, а также мезонинных модулях ХМС, МХС, МХМ и др. При этом основная номенклатура изделий такого рода, как показала DSEI-2019, базируется на процессорах NVIDIA Tesla GPU (рис. 1).

Кстати, стандарт НАТО на шину VME для сухопутных платформ STANAG 4455 “Standardization of a VME Bus for Use in Tactical Land Vehicles” был отменен в 2019 г.

Продукция компаний Wolf и ELMA подтверждает господствующие позиции VPX (OpenVPX)-решений в военных приложениях, оттеснивших MTCA и другие альтернативы в разряд эксклюзива. Во всяком случае, именно VPX-модули на DSEI-2019 были единственными в своём классе, позиционировавшимися их производителями в расчёте на получение прибыли. Впрочем, для полноты картины на стендах некоторых компаний не хватало детальной информации в отношении использованных стандартов встраиваемых компьютерных систем. Возможно, это связано с политикой конкретных фирм, не стремящихся раскрывать детали своего бизнеса, либо с недостаточной компетентностью присутствовавших на стендах представителей. Хотя, скорее всего, виноваты в этом сами потребители, видимо не задающие подобных вопросов и довольствующиеся лишь потребительскими свойствами “черных коробов”.

Примером такого рода являются компьютерные “кирпичи” (“Brick”) корпорации ARGON ([www.argoncorp.com](http://www.argoncorp.com)), рекомендуемые для использования в беспилотных средствах и экипировке солдат (рис. 4).

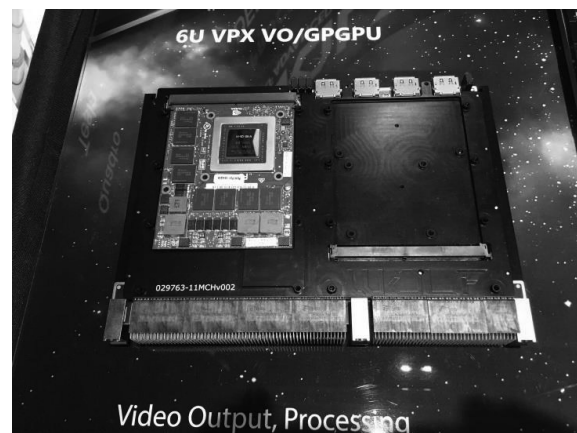
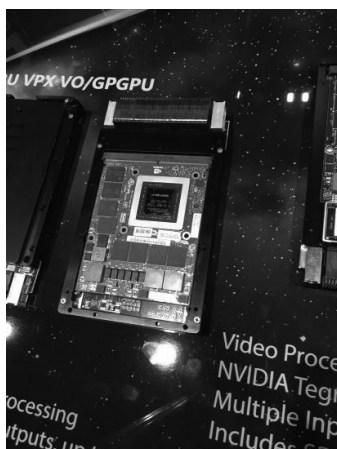


Рис. 1. Модули VPX компании Wolf Advanced Technology



Рис. 2. Элементы VPX Development System компании ELMA.



Рис. 3. ATR-шасси от CM Computer

Узнать, какой стандарт использован внутри защищённых компьютерных модулей ACB 100/200 по их внешнему виду невозможно, хотя это вряд ли является секретом.

Дальнейшие перспективы в развитии VPX-решений связаны с внедрением интерфейса PCI Express Gen5 и его разрабатываемой 6-й версии (Gen6). Однако, как обычно, рассмотренный сегмент систем является достаточно консервативным и не спешит с внедрением новинок. Согласно прогнозам аналитиков, модули, поддерживающие PCI Express Gen4, появятся не ранее 2021 г. и лишь через 5 лет – PCI Express Gen5.

Большие ожидания на рынке встраиваемой компьютерной техники связаны с предстоящим принятием в 2020 г. стандарта SOSA, у которого есть все шансы заполнить нишу, пустующую после отмены в 2019 г. указанного выше стандарта НАТО на шину VME для сухопутных платформ (STANAG 4455). Такое масштабирование закладывает основы для доминирования VPX-подходов в военной технике ещё минимум в течение 10 – 15 лет, тем более, что встраиваемые компьютерные VPX-модули совместимы с цифровыми архитектурами транспортных средств GVA (Великобритания), NGVA (НАТО) [1], VICTORY (США).

Анализ ассортимента изделий ведущих производителей свидетельствует, что в целом, в классе встраиваемых компьютерных систем революционных изменений не произошло. Конструктивные решения, отработанные 10 и более лет назад, по-прежнему остаются в силе, продолжая постепенно эволюционировать в направлении увеличения вычислительных возможностей и производительности при тех же ограничениях на рассеиваемую мощность. Единственно, при этом основную долю рынка заняли системы с кондуктивным отводом тепла и внешним воздушным охлаждением всего блока, тогда как системы с жидкостным охлаждением не получили распространения.

Вместе с тем, многие компьютерные компании разворачивают работы по внедрению средств реализации технологий искусственного интеллекта. К примеру, та же компания Wolf Advanced Technology на своем сайте еще в мае 2019 г. заявила о собственном петафлопном

нейропроцессорном модуле. Отчасти незаполненность этой ниши обусловлена неготовностью серийного производства соответствующих изделий и определенным скепсисом военных заказчиков в отношении эффективности нынешних реализаций искусственного интеллекта. Однако вполне возможно, что ситуация изменится уже на следующей выставке DSEI, тем более, что интерес военных к возможностям искусственного интеллекта стремительно растет [2].

В классе аналоговых решений интересные результаты продемонстрированы компанией Sumitomo Electric Industries, Ltd, представившей модуль 1-киловаттного усилителя мощности для сантиметрового диапазона длин волн (8,5 – 10,1 ГГц) японской компании Direct RF Co, Ltd ([www.directrf.co.jp](http://www.directrf.co.jp)). Модуль выполнен на основе пяти GaN-HEMT транзисторов Sumitomo Electric Industries SGC0910-300A-R и одного SGC8595-100A-R, а также каскада предварительного усилителя на двух последовательно включенных транзисторных модулях SGM6901VU (рис. 5).

В продукции Sumitomo Electric Industries заслуживают внимания также 200-ваттные транзисторы диапазона 15,5 – 16 ГГц SGN15H200IV-S для бортовых спутниковых систем. А вот явным рекордсменом по мощности



Рис. 4. ARGON ACB 100/200 Rugged Computer Brick

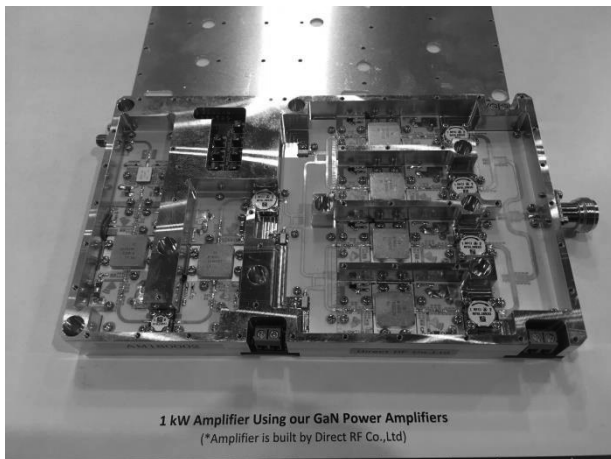


Рис. 5. Киловаттний усилитель мощности для диапазона 8,5 – 10,1 ГГц компании Direct RF Co, Ltd

является 600-ваттный транзисторный модуль SGN2729-600H-R для частот диапазона 2,7 – 2,9 ГГц ([https://www.sedi.co.jp/file.jsp?/pdf/SGN2729-600H-R\\_ED2-0.pdf](https://www.sedi.co.jp/file.jsp?/pdf/SGN2729-600H-R_ED2-0.pdf)).

Развитие цифровой элементной базы позволило продвинуться в решении актуальной для военных приложений задачи борьбы с помехами. Так, компания NOVATEL ([novatel.com](http://novatel.com)) представила адаптивную антенную систему для подавления помех системе спутниковой навигации GAJT-710ML (GAJT – аббревиатура от слов **G**PS **A**nti-**J**am **T**echnology). Она представляет собой 7-элементную антенную решётку (рис. 6), позволяющую формировать в цифровом виде до 6 нулей на постановщики активных помех (Adaptive digital nulling) с глубиной подавления до 40 дБ в полосе 22 МГц на частотах несущих L1 (1575,42 МГц) и L2 (1227,6 МГц).

Несколько более широкую полосу подавления помех (до 24 МГц) реализовано в 4-элементной антенной решетке GAJT-410ML в комплекте с модулем антенной электроники GAJT-AE-N (рис. 7), формирующем в пределе три нуля в диаграмме направленности.

Аналогичная адаптивная антенная система (Anti Jamming Controlled Radiation Pattern Antenna, AJ CRPA)



Рис. 6. 7-элементная ЦАР GAJT-710ML компании NOVATEL для подавления помех спутниковой навигации (Anti-Jam Antenna)



Рис. 7. 4-элементная антенная решетка GAJT-410ML в комплекте с модулем антенной электроники GAJT-AE-N

Landshield® в навигационном комплекте компании Collins Aerospace обеспечивает приём сигналов GPS при постановке активных помех мощностью 1 кВт с дальности 1 км. Она содержит 4 антенных элемента. Более продвинутая версия Landshield®Plus имеет 7 цифровых приёмных каналов.

В дополнение к адаптивным ЦАР Collins Aerospace продвигает навигационный хаб NavHubBPLUS, распределяющий навигационную информацию и сигналы часовой синхронизации всем бортовым потребителям от одного комплекта адаптивной антенны. Традиционно на боевых машинах, как правило, использовалось несколько средств GPS (до 5 шт.), поэтому установка вместо них одной адаптивной антенной решётки является довольно выигрышным шагом. Кроме того, в указанном хабе для борьбы со спуфингом применено комбинацию сигналов GPS с навигационной системой Galileo, а также амплитудную селекцию сигналов спуфинга программным путём. В числе встроенных средств хаб содержит модуль инерциальной навигации (Inertial Measurement Unit, IMU) на основе MEMS-гироскопа и модуль рубидиевого атомного стандарта частоты (RAFS).

Более точно задача инерциальной навигации, а также стабилизации платформ может решаться на основе применения кориолисовых вибрационных гироскопов (coriolis vibratory gyroscope, CVG), разработанных в ирландской компании InnaLabs. Следует напомнить, что первым GVC был металлический цилиндрический виброгироскоп START, описанный в журнале компании GEC Marconi UK в 1982 г. [5]. На тот момент обеспечивалась нестабильность нуля 1 град/с. Лучший из известных на данный момент вибрационных гироскопов – полусферический резонаторный вибрационный гироскоп (HRG) компании Northrop Grumman, – имеет нестабильность 0,01 град в час. Представленные на DSEI-2019 и IAV-2020 тактические гироскопы характеризуются применением пьезоэлектрических элементов, что позволило достичь в GVC добротности 10000, полосы пропускания 6 кГц, нестабильности 1 град/час. Существенно, что авторами большинства гироскопов

скопных патентов в США компании InnaLabs являются Ю.О. Яценко, В.А. Коваленко, В.В. Чиковани. При использовании таких гироскопов для стабилизации пушечного ствола обеспечивается:

общая угловая девиация при повторном выстреле не более 0,1 мрад;

среднеквадратический выходной шум – менее 0,4 мрад в полосе 100 Гц;

кратковременная стабильность – от 0,03 до 0,1 град/час на интервале 150 с;

кратковременная стабильность во всем диапазоне рабочих температур – от 0,3 до 0,7 град/ч/мин;

смещение нуля вследствие вибрационной чувствительности – не более 2,5 град/ч/g при среднеквадратической вибрации 12 g в диапазоне частот 2 кГц;

средняя наработка на отказ – более 500 тыс. часов.

Примером является 3-степенной гироскоп GI-CVG-A23XXD с цифровым выходом разрядностью 18 бит, скоростью выдачи данных 1 Мбод и весом 1,3 кг. Он используется для стабилизации дистанционно управляемых боевых модулей, орудийных башен, спутников и т. д. Компания способна производить до 12 тыс. тактических гироскопов в год.

Планами на 2021 г. предусмотрено выпустить третье поколение GVC с уменьшенным на 1/3 размерами за счет использования MEMS и нестабильностью до 10 град/ч. В 2024 г. InnaLabs намерена достичь нестабильности 0,01 – 0,1 град/ч на основе использования комбинации GVC и лазерного кольцевого гироскопа для выполнения всего спектра навигационных задач.

Такие показатели позволяют реализовать сетевой принцип функционирования вооружения (Connected weapon to conduct collaborative targeting and effector) с взаимным оповещением на основе технологии дополненной реальности о выбранных для поражения элементах групповых целей [6].

Наряду с защитой от помех не менее актуальный пул электронных систем в нынешних вооружениях относится к средствам радиоэлектронной борьбы. Наиболее обширно они представлены портативными и малогабаритными средствами подавления каналов управления БПЛА, наземных и надводных безэкипажных платформ, постановщиками помех взрывателям самодельных взрывных устройств (СВУ), а также средствам тактической связи. В частности, болгарская компания Samel 90 ([www.samel90.com](http://www.samel90.com)) предлагает 152-мм снаряд Starshel VRS-546 со встроенным постановщиком активных помех в диапазонах КВ-УКВ (рис. 8). Известная своими контрбатарейными радарными американская компания SRC ([srcinc.com](http://srcinc.com)) продвигает на рынок вооружений постановщики помех СВУ, предназначенные для установки на борту бронемашин в целях самозащиты в ходе марша.

Общий вывод от знакомства с указанной электронной техникой состоит в констатации эволюционного характера развития систем РЭБ, обусловленного ограничением максимальных мощностей излучения вследствие использования твердотельной элементной базы и стремлением к портативности. Однако на данном этапе

такой подход в отношении перечисленных объектов воздействия себя вполне оправдывает, особенно, если система РЭБ используется для осуществления кибератак.

Понимая растущий уровень угроз в киберсфере, некоторые фирмы сделали предметом своей деятельности внедрение киберзащиты в тактическом оборудовании с целью обеспечения кибербезопасности тактических сетей и подразделений. Среди соответствующих разработок в этой сфере следует отметить наработки британских компаний 4Secure и Telesoft Technologies Ltd. Сдерживающим фактором в их деятельности является отсутствие стандартизации в отношении процедур экспертизы угрожающих кибернетических инцидентов и соответствующих мер противодействия. Для повышения эффективности последних ведутся работы по применению технологий искусственного интеллекта в отношении обнаружения, идентификации и формирования оптимального набора ответных мер.

Важным трендом в развитии бронетехники стало использование панорамных систем обзора. Для их реализации компания Haivision ([haivision.com](http://haivision.com)) разработала защищенный встраиваемый модуль обработки изображений от 4-х камер с разрешением Full HD, либо одной камеры 4K (рис. 9).

Хотя по своим характеристикам это решение проигрывает разработке Яндексa VHub, обеспечивающей подключение до 12 камер Full HD, тем не менее преимущество модуля от Haivision является его соответствие требованиям военного исполнения.

Аналогичные технические решения имеет в своем портфолио и канадская компания Pleora Technologies ([www.pleora.com](http://www.pleora.com)). Она была создана в 2000 г. как раз с целью использования Ethernet-технологии для упрощения передачи видео реального времени. Необходимость совершенствования ситуационного представления экипажей боевых машин на основе применения систем кругового видеонаблюдения была идентифицирована специалистами компании в 2006 г. На этом пути необходимо было решить проблему интеграции множества сенсоров разных типов (видеокамер, акустических сенсоров, датчиков CBRN, сенсоров контроля технического



Рис. 8. Снаряд Starshel VRS-546 со встроенным постановщиком активных помех



Рис. 9. Защищенный встраиваемый модуль обработки изображений компании Haivision

состояния машины, лазерных дальномеров, РЛС, датчиков оповещения о лазерном облучении и др.) в одну систему. Результатом стала отработка сетевой архитектуры с множеством видеокамер и дисплеев. В презентации на IAV-2020 был приведен пример аппаратной реализации размещения на боевой машине комплекта из 8 видеокамер и их подключения к 4 дисплеям через медиаконвертеры, концентраторы, коммутаторы и другое оборудование.

Главным направлением дальнейших усилий компании является уменьшение когнитивной нагрузки и развитие способностей по принятию решений на основе внедрения технологий искусственного интеллекта и машинного обучения с целью оповещения и предупреждения об угрозах, уменьшения времени реакции на их появление. Специалисты компании исходят из трактовки искусственного интеллекта как концепции того, что машины могут выполнять автоматизированные задачи и с помощью доступа к более широкому набору данных могут научить себя новым процессам и навыкам с помощью машинного обучения. В частности, в интересах водителя-механика бронетехники искусственный интеллект может выполнять функции:

- предупреждения о возможности опрокидывания и определения безопасного пути;

- обнаружения внезапно возникающих угроз, препятствующих движению;

- визуального оповещения для маркировки зон, требующих особого внимания;

- анализа гиперспектральных изображений почвы для идентификации изменений на её поверхности, являющихся признаком искусственной маскировки самодельных взрывных устройств или мин;

- идентификации камуфляжа на фоне природного ландшафта и т. д.

Существенно, что при этом технологию дополненной реальности следует рассматривать как средство коммуникации между искусственным интеллектом и человеком, учитывая, что результаты обработки информации искусственным интеллектом наиболее удобно донести оператору посредством визуальных, акустических и тактильных символов дополненной реальности.

Сотрудничая с компанией Lemay.ai, лидером в сфере искусственного интеллекта, Pleora Technologies разработала машинный модуль AI Gateway для обнаружения, отслеживания и классификации объектов. Одним из главных его применений является использование данных датчиков и возможности машинного обучения для идентификации и классификации танков на поле боя. Система обнаружения танков от Lemay.ai поможет также обнаружить ранее неизвестные военные машины, поддерживая принятие решений на поле боя и уменьшая когнитивную нагрузку.

Для внедрения возможностей искусственного интеллекта без необходимости в дополнительном оборудовании и нарушения существующих систем Pleora Technologies применяет плагин-решения как часть интеллектуальной платформы своих видеоконмутаторов RuggedCONNECT Smart Video Switcher. Именно таким образом может быть реализована функция идентификации танков (Tank Detection AI Plug-in) и помощи водителю в выборе безопасного пути (Vehicle / Terrain AI Safety System Plug-in). Указанный подход является залогом обеспечения непрерывной функциональной конвергенции бортовых систем – от разрозненной функциональности их составляющих к тесно интегрированным и высокопроизводительным комплексам. При этом для реализации сетей сенсоров в рамках архитектур GVA и NGVA [1] используются протоколы передачи данных DDS (Data Distribution Service), приспособленные для функционирования в реальном масштабе времени, а для трансляции видео сверхвысокой четкости речь идет о необходимости обновления стандарта передачи видео на борту боевых машин под скорость 10 Гбит/с вместо нынешней 1 Гбит/с.

Компания Pleora Technologies в рамках IAV-2020 также представила медиаконвертор-захватчик кадров для двух каналов аналогового видео с преобразованием 30 фреймов в секунду в цифровой Ethernet-поток со скоростью передачи данных 1 Гбит/с (iPORT Analog-Pro External Frame Grabber);

- конвертор цифрового видеосигнала формата Ethernet в HDMI/DVI интерфейс для выдачи видеопотока на экран (vDisplay HDI-Pro External Frame Grabber);

- смарт-коммутатор видео (RuggedCONNECT Smart Video Switcher) с возможностью коммутации цифровых видеосигналов от 8 камер Full HD в бортовую сеть или на дисплей, который изготовлен на основе модуля процессорной системы (SoM) NVIDIA TX2i и может выполнять указанные выше плагин-решения искусственного интеллекта;

- набор средств разработчика (SDK) eBUS ISR для создания API под операционные системы Windows или Linux.

Как и рассмотренные выше компьютерные системы, все устройства Pleora Technologies выполнены с учетом военных требований и совместимы с архитектурами GVA, NGVA [1], VICTORY и стандартами передачи видео GigE Vision, UK MoD Def Stan 00-82 (Vetronics Infrastructure for Video over Ethernet, VIVOE), STANAG 4697 (PLEVID: Platform Extended Video Standard).



Помимо защищенных дисплеев в системах кругового обзора видеоинформация может выводиться на нашлемные очки членов экипажа в сочетании с данными дополненной реальности. Типичными категориями таких данных являются [7]: положение дружеских подразделений, передний край и позиции противника (история, текущие, прогнозируемые), места нахождения самодельных взрывных устройств (история, обнаруженные, но не уничтоженные, вероятные или подозрительные), дороги, мосты, подземная инфраструктура, локальные культурные достопримечательности и т. п. Кроме того, визуализации должны подлежать параметры грунта по трассе движения, виртуальный коридор, распределение зон риска и др. В перспективе может применяться симбиоз дополненной реальности с алгоритмами искусственного интеллекта для формирования контурных символов по реальным объектам, в том числе движущимся, в интересах распределения целеуказания.

Интенсивные разработки в этой сфере ведет израильская компания Elbit Systems. Ее система IRONVISION постепенно набирает функциональности и становится все более эргономичной. Однако этого нельзя пока сказать о шлеме пилота с дисплеем дополненной реальности “Страйкер-2” компании BAE Systems (Великобритания). Во время посещения выставки-ярмарки DSEI-2019 автору удалось протестировать текущую версию “Страйкера”. Наряду с множеством уникальных решений данный комплекс имеет громоздкое кабельное подключение шлема к бортовой сети, довольно большой вес шлема и не комфортен для пользователя из-за отсутствия достаточной вентиляции.

Применение дополненной реальности набирает обороты и в коллиматорных прицелах. В подобных изделиях разработки ASTUTE Electronics использованы двухцветные (красно-зеленые) дисплеи компании Microoled, на которых отображаются символы дополненной реальности. Следует отметить также полноцветный микродисплей Microoled MDP03 с размером диагонали 0,39 дюйма на 3,3 миллиона пикселей (1024 × 768), каждый из которых имеет размер 7 × 7 микрон.

Символы дополненной реальности могут сочетаться не только с отображением окружающей обстановки, но и формировать смешанную реальность в виртуальной синтетической среде. Указанная компания ASTUTE Electronics продвигает очки виртуальной реальности Cinemizer OLED, которые имеют поле зрения 28 град (соответствует 40-дюймовому дисплею (диагональ около 1 м), расположенному на расстоянии 2 м). Они содержат 2 дисплея с разрешением 870 × 500 пикселей каждый и поддерживают интерфейс HDMI 1.4 p с трансляцией видеоизображения 1980 × 1080 p. Вес очков не превышает 120 г, из которых на переносицу приходится примерно 72 г.

Вместе с тем, представители компании ASTUTE Electronics анонсировали следующую версию таких очков Cinemizer Core, которая оснащена новыми дисплеями OLED Gen2 с разрешением 1280 × 1024 пикселей и поддерживает размеры кадра 5:6 и 16:9. Поле зрения (FOV) в них возрастет до 45 град. Подключение этих

очков к видеокамерам позволит накладывать на реальную картину символы дополненной реальности. Автором был также протестирован концепт очков дополненной реальности, имеющих встроенный процессор и возможность автономного использования, без дополнительного кабельного соединения с батареей и источником сигналов. В них использованы проекционные прозрачные дисплеи и управление путем прикосновения и постукивания по оправе.

В отношении использования технологии виртуальной реальности следует обратить внимание на разработки компании Atkins ([www.atkinsglobal.com/rapid](http://www.atkinsglobal.com/rapid)) для быстрого проектирования двумерного и 3D-дизайна полевой инфраструктуры войск. Такой подход может быть распространён на разработку безопасной топологии полевых складов боеприпасов, однако при этом более эффективной для привязки к конкретной местности является все же технология дополненной реальности.

На DSEI-2019 Atkins использовала в своём программном обеспечении типичные очки дополненной реальности, равно как и компания BAE Systems, применившая их с целью виртуального ознакомления с прототипом истребителя 6-го поколения Tempest для тех, кто не мог себе позволить стоять в очереди желающих подняться на борт демонстрационного образца истребителя. Вообще наличие на выставочных стендах очков дополненной или виртуальной реальности становится модным трендом, дополняющим возможности представления потенциала компаний в ограниченных рамках выставочного пространства. К примеру, компания MAXOR с помощью очков Microsoft HoloLens продемонстрировала на DSEI возможности своих разведывательных спутников.

Перечень приложений виртуальной реальности следует дополнить реконфигурируемыми виртуальными тренажерами солдат RVT компании AEGIS (США). Они позволяют отрабатывать боевое применение стрелкового вооружения, переносных противотанковых и зенитных средств. Опираясь на подобные решения, виртуальная реальность внедряется в практику подготовки не только отдельных военнослужащих, но и целых подразделений, например, батальонной группы (Великобритания) или даже полка (США). Однако до полного стирания различий физической реальности и ее виртуальной имитации путь предстоит еще довольно долгий. Об этом свидетельствует анализ требований к подобным системам, представленный в [8, 9]. Например, для полного удовлетворения требований человеческого глаза необходимо разрешение изображения более 720 пикселей на градус (PPD) [8, 9]. В случае неидеальной виртуальной среды с относительно низкими диспропорциями это требование снижается до 60 PPD [9]. Современные же коммерчески доступные решения позволяют обеспечить этот показатель на уровне максимум 47 PPD (HoloLens 2) [9]. Однако, согласно [9], даже переход к дисплеям с разрешением 9600×9600 пкс на каждый глаз позволяет поднять этот показатель лишь до 64 PPD. В этом случае полное видео для сцены 360 град соответствует разрешению 24K и требует иметь для



трансляции поля зрения 150×150 град при коэффициенте сжатия изображения 20:1 видеопоток объёмом 66,36 Гбит/с [9]. Обеспечить такой трафик в беспроводном режиме, возможно, будет под силу лишь системам сотовой связи 6G.

Что касается роботизированных средств, то в мире растёт интерес к подобным комплексам, в том числе оснащённым разного рода вооружением. Наряду с готовыми изделиями, на указанных выставках демонстрировались и их комплектующие, например, UAV Navigation представила на DSEI-2019 блоки автопилотов для БПЛА, которые также могут быть установлены на борт UGV или USV. В ходе выставки была проведена “живая” демонстрация различных сценариев боевого применения наземных роботизированных платформ, а также безэкипажных надводных судов при решении задачи патрулирования акватории порта или морской базы.

В сфере техники ПВО важным потребителем электронных компонент по-прежнему являются многофункциональные радиолокационные станции различного класса. Примером такого рода может быть РЛС GM200 MM/C от компании Thales, способная обеспечить решение задач борьбы с БПЛА, уничтожения мин и артиллерийских боеприпасов в полете (Counter- Rocket, Artillery, Mortar (C-RAM) миссия). Отличительной её особенностью является отсутствие операторного отсека.

К решению задач борьбы с БПЛА подключилась и американская компания SRC (srcinc.com), известная своими разработками в сфере контрбатарейных РЛС. В числе ключевых технологий РЛС, существенных для обнаружения БПЛА, разработчики SRC делают акцент на передовых антенных архитектурах. Прежде всего, речь идет о невращающихся антенных системах на основе панельных ЦАР [3], которые позволяют:

- избежать доплеровского смещения частоты, обусловленного вращением антенны,

- обнаруживать цели с наименьшей скоростью движения;

- получить высокую скорость сканирования пространства и чрезвычайно высокий темп обновления сопровождаемых трасс;

- отслеживать высокоманевренные цели;

- обеспечить независимую скорость сканирования для коротких форм сигнала и сигналов со сравнительно большой продолжительностью во времени;

- формировать выделенные лучи и их пучки при непрерывном сканировании;

- реализовать полусферическое покрытие, без мертвых зон (“конусов тишины”, cone of silence), характерных для традиционных радаров;

- совместить обнаружения целей с их классификацией;

- эффективно подавлять помехи, достичь прецизионной радиоэлектронной защиты;

- получить максимально возможный динамический диапазон.

В сфере радиочастотных технологий основное внимание в SRC уделяется:

- радиочастотным ASIC, системам на кристалле и радарам на чипе;

- возможности достижения высокой плотности мощности передатчиков благодаря применению галлий-нитридных транзисторов с алмазной подложкой;

- преимуществам широкополосных радиоканалов, которые обеспечивают большую эффективность действия в условиях помех и повышенную точность измерения параметров сигналов;

- снижению фазовых шумов для эффективной радиоэлектронной защиты, обеспечения обнаружения мало-размерных целей и уменьшения ложных тревог;

- существенному сокращению времени переключения аналоговых ключей (модуляторов) для достижения чрезвычайно короткой минимальной дальности действия импульсных доплеровских радаров;

- применению в одной антенне непрерывного и импульсного излучений для доплеровской селекции целей;

- использованию подрешёток и множества распределённых приемников/экстракторов сигналов для улучшения фазового шума.

Относительно цифровой обработки сигналов следует констатировать сохранение интереса к:

- технологии ММО (множественный вход – множественный выход);

- разработке специальных банков доплеровских фильтров для улучшения обнаружения целей, движущихся с малой скоростью;

- автоматической адаптации формы сигналов (оптимизация продолжительности, времени задержки) и лучей сопровождения целей;

- обработке сигналов с растяжением (stretch processing);

- фильтрации сигналов, отраженных от ветровых электрогенераторов и обнаружения сигналов, отраженных от винтов БПЛА, на основе анализа микродоплеровских сигнатур;

- поиску улучшенных алгоритмов сопровождения трасс (использование взаимодействия нескольких моделей движения целей (Interacting Multiple Model), отслеживание множественных гипотез при сопровождении (Multiple Hypothesis Tracker), опосредованное сопровождение элементов групповых целей методом “ближайший в мире сосед” (Global Nearest Neighbor), отслеживание цели до ее обнаружения; распределённое сопровождение (Fusion tracker) с помощью сочетания данных видеокамер, станций радиотехнической разведки, нескольких активных радаров);

- расширенной оценке параметров целей после взятия на сопровождение на основе нечеткой логики, искусственного интеллекта, машинного обучения, нейроморфных технологий.

В многофункциональных (MultiMission) РЛС упомянутые задачи борьбы с БПЛА (C-UAV) должны решаться одновременно с другими заданиями:

- обзор наземной и надводной поверхностей для противодействия наземным роботизированным платформам (Counter-UGV) и надводным безэкипажным аппаратам (Counter-USV);

локализация огневых средств (Weapon Location) для решения задач C-RAM;

общий обзор воздушного пространства;

управление огнём (сочетание ведения объёмного поиска и сопровождения трасс);

реализация всех указанных функций в движении (On-The-Move, OTM).

При этом под отсутствием многорежимности (Multi-Mode) в РЛС экспертами подразумевается коммутация нескольких режимов во времени, при отсутствии их одновременной реализации.

Среди внедренных SRC технических решений необходимо упомянуть так называемые 3D-дисплеи, которые позволяют отображать траектории полета множества целей в пространстве, в трехмерном виде, на фоне цифровой 3D-карты местности высокого разрешения.

В завершение обзора следует отметить, что прошедшие за время проведения в мире карантинных мероприятий 2020 г. многочисленные тематические онлайн-конференции и вебинары свидетельствуют о непрекращающемся развитии электронной элементной базы в интересах совершенствования и разработки новых вооружений. Идентифицированные Организацией НАТО по вопросам науки и технологий (STO) прорывные технологии на период до 2040 г. [10] лишним раз подчеркивают масштабность задач и информационную насыщенность инновационных решений в развитии электронной компоненты вооружений и военной техники. Искусственный интеллект, большие данные, автономность, биосенсорика и квантовые технологии – вот те сферы, в которых будет разворачиваться дальнейший прогресс в интересах поля боя [10]. Именно электроника становится его главным игроком.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Слюсар В. И. Концепция мультисетевой архитектуры транспортных платформ. XV наук. конф. Харківського нац. ун-ту Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. Харків: ХНУПС. 10 – 11 квітня 2019 р. С. 355. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://slyusar.kiev.ua/HNUPS\\_2019.pdf](http://slyusar.kiev.ua/HNUPS_2019.pdf).
2. Vadym Slyusar. Artificial intelligence as the basis of future control networks. Coordination problems of military technical and deensive industrial policy in Ukraine. Weapons and military equipment development perspectives. VII Intern. Scient. and Pract. Conf. Abstracts of reports. October 8–10. 2019. K. Pp. 76 – 77. DOI: 10.13140/RG.2.2.30247.50087.
3. Слюсар В. И. Цифровые антенные решетки. Решение задач GPS. Электроника: наука, технология, бизнес. 2009. № 1. С. 74 – 78.
4. Bondarenko, M. V. & Slyusar, V. I. Limiting depth of jammer's suppression in a digital antenna array in conditions of ADC jitter. 5<sup>th</sup> Intern. Scient. Conf. on Defensive Technologies. OTEH 2012. 18 – 19 September. 2012. Belgrade. Serbia. Pp. 495 – 497.
5. Langdon, R. The vibrating cylinder gyro. The Marconi Review, 46. 1982. Pp. 231 – 249.
6. Слюсар В. І. Концепція об'єднаного у мережу стрілецького озброєння. Перспективи розвитку озброєння та військової техніки Сухопутних військ: Міжнар. наук.-техн. конф. Львів: Нац. акад. Сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. 14 – 15 травня 2020. DOI: 10.13140/RG.2.2.32906.41920/1.
7. Слюсар В. И. Технологии дополненной реальности для UGV. Спільні дії військових формувань і правоохоронних органів держави: проблеми та перспективи: тези Міжнар. наук.-практ. конф. Військова академія (м. Одеса). 12 – 13 вересня 2019 р. С. 248. [Електронний ресурс] – Режим доступу: [http://slyusar.kiev.ua/ODESA\\_2019\\_Slyusar.pdf](http://slyusar.kiev.ua/ODESA_2019_Slyusar.pdf).
8. Cuervo, E. Chintalapudi, K. & Kotaru, M. Creating the perfect illusion: What will it take to create life-like virtual reality headsets? Proc. of 19<sup>th</sup> Int. Work. Mob. Comput. Syst. Appl., pp. 7–12, February 2018, NY, USA.
9. Fenghe, Hu, Yansha, Deng, Walid, Saad, Mehdi, Bennis & A. Hamid Aghvami. Cellular-Connected Wireless Virtual Reality: Requirements, Challenges and Solutions. Preprint. January 2020. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/338688467>.
10. Reding, D. F. & Eaton, J. Science & Technology Trends 2020–2040. Exploring the S&T Edge. NATO Science & Technology Organization. 2020. 153 p.

Дата друкування 04.09.2020. Формат 60 x 84 1 / 8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Друк офсетний.  
Обсяг 16,25 ум. др. арк., 10 обл.-вид. арк. Наклад 250 прим. Зам. № 1855-3.

**Видавничий дім Дмитра Бураго**

Свідоцтво про внесення до державного реєстру ДК № 2212 від 13.06.2005 р.

04080, Україна, м. Київ-80, а / с 41

Тел. / факс: (044) 227-38-28, 227-38-48; e-mail: [info@burago.com.ua](mailto:info@burago.com.ua), site: [www.burago.com.ua](http://www.burago.com.ua)