

РАДІОВИМІРЮВАЛЬНІ ПРИЛАДИ

УДК 621.395.7:004.738.5:339.138

М.І. Литвиненко, Н.В. Гармаш

АНАЛІЗ ПРОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ 5G У СВІТІ
ТА ОЧІКУВАННЯ ДЛЯ УКРАЇНИ

Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба

Анотація. В статті проводиться аналіз просування, переваги та оцінка досягнень технології 5G у світі, наявні результати впровадження 5G у різні галузі економіки незважаючи на проблеми з його стрімким розвитком. Аргументовано підтверджено зростаючі потреби у швидкості та пропускну здатності передачі даних, збільшення кількості підключених пристроїв без втрати якості зв'язку, зниження затримок і підвищення надійності в проведенні дистанційних операцій в реальному часі, розвиток інновацій таких, як інтернет речей (IoT), розширена реальність (AR) та віртуальна реальність (VR), автономні транспортні засоби та промисловий сектор, зокрема на промислово автоматизацію та "розумні" фабрики, використання високопродуктивних датчиків та робототехніку в реальному часі. Приведено переваги технології 5G, що характеризують високу швидкість передачі даних, низьку затримку (латентність), велику ємність мережі, покращену мобільність. Описано епізоди використання 5G у військовій сфері в реальному часі, миттєвого зберігання та відтворення великих обсягів відео та графіки, smart-міста, які використовують 5G підтримку великої кількості датчиків та сенсорів у місті, реалізують різноманітні послуги, управляють енергетикою, моніторинг громадського транспорту. Актуальність використання мобільної мережі 5G в Україні залишається високою. Розглянуто необхідні кроки в Україні таких, як розробка стандартів, виділення частот, створення інфраструктури та отримання необхідної кількості пристроїв, які підтримують 5G. Надамо прогноз очікуваних результатів таких, як розширення інфраструктури; доступ до широкого спектру діапазону частот, включаючи низькі та високі діапазони; здатність протистояти кібератакам із широкого кола джерел; енергоефективними; сумісними з існуючою інфраструктурою та іншими протоколами зв'язку. Зроблено висновок, що найскоріше впровадження мережі 5G надає поштовх для України з технічної та економічної точки зору.

Ключові слова: технологія 5G, мобільні мережі, передача даних, швидкість мережі, пропускна здатність, частоти, інфраструктура.

Abstract. The article analyzes the promotion, advantages and assessment of the achievements of 5G technology in the world, the available results of the implementation of 5G in various sectors of the economy despite the problems with its rapid development. The growing needs for speed and bandwidth of data transmission, increasing the number of connected devices without loss of communication quality, reducing delays and increasing reliability in conducting remote operations in real time, the development of innovations such as the Internet of Things (IoT), augmented reality (AR) and virtual reality (VR), autonomous vehicles and the industrial sector, in particular on industrial automation and "smart" factories, the use of high-performance sensors and real-time robotics. The advantages of 5G technology, characterized by high data transfer speed, low support (latency), large network capacity, and improved mobility, are given. Episodes of the use of 5G in the military field in real time are described, to instantly store and reproduce large volumes of video and graphics, smart cities that use 5G to support a large number of sensors and sensors in the city, to implement a variety of services, energy management, public transport monitoring. Considered, the relevance of using the 5G mobile network in Ukraine remains high. The necessary steps in Ukraine from the development of standards, the allocation of frequencies, the creation of infrastructure and the acquisition of the necessary number of devices that support 5G are considered. A forecast of expected results such as infrastructure expansion is provided; access to a wide range of frequencies, including low and high bands; the ability to resist cyber attacks from a wide range of sources; energy efficient; compatible with existing infrastructure and other communication protocols. It was concluded that the introduction of the 5G network as soon as possible will provide an impetus for Ukraine from a technical and economic point of view.

Key words: 5G technology, mobile networks, data transfer, network speed, bandwidth, frequencies, infrastructure.

DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2023-58-3-94-103>.

Вступ

Обіцянка швидкого розвитку технології 5G вже багато років повторюється в діловому світі. Вища швидкість 5G, менша затримка та можливість підключати значно більшу кількість пристроїв, ніж попередні покоління мобільних технологій, пропонує більш ефективний та продуктивний майбутнього. Забезпечивши основу для повсюдного надшвидкого ширококутового зв'язку 5G відкриє можливості далеко за межі охоплення 4G або Wi-Fi 6. На теперішній час це завдання стає більш актуальним, оскільки провідні компанії роздумують, як найкращим чином відновити, переглянути та реконфігурувати ринок [4].

За останні 20 років технології зв'язку та передавання даних фантастично просунулися. Сьогодні знаходячись постійно у русі користувач під'єднаний до інтернету, дивитися відео онлайн, ініціює конференц-зв'язок, контролює тварин через камеру з онлайн-доступом. Технологія 5G дозволяє створювати мережі нового типу, які забезпечують більш високі швидкості передачі даних, нижчу затримку та підтримують більшу кількість користувачів, пристроїв та послуг і одночасно мають більш високу ефективність.

5G підтримує три широкі категорії варіантів використання:

- послуги з високою пропускну здатністю для бездротового зв'язку;
- наднадійна та низька затримка зв'язку для критично важливих вимог;
- надійний зв'язок для мільярдів датчиків та контрольних пристроїв [3].

Епоха технології 5G вийде за рамки покращення продуктивності мережі та підвищення швидкості, надаючи користувачам нові інноваційні та покращені можливості підключення. 5G може

підвищити продуктивність бізнес-додатків, одночасно надаючи нові користувацькі інтерфейси та послуги в таких областях, як додатки з доповненою, віртуальною та змішаною реальністю (AR, VR та MR), відеоконференції, промислова автоматизація, автомобілі з автоматичним керуванням та підключені до мережі медичні пристрої [5].

Актуальність

Темі популяризації, підтримки та поширення 5G технології приділяють увагу багато авторів. Вчені та компанії вивчають наявність перспектив та шляхів розвитку комунікаційних технологій, фокусуючись на максимальному ефекті використання досліджень технології 5G, оптимізації пристроїв та застосунків, які забезпечують покращення наявних параметрів [3].

Розглядається, що технологія 5G має певні результати, які свідчать про технічний та економічний ефект від використання мереж [4], [5], [6], [7].

У роботі [4] проаналізовано економічний ефект широкого впровадження мереж 5G, прогнози в цьому дослідженні показують, що несприятливі умови не мають істотного впливу на довгостроковий економічний внесок 5G. Зроблено висновок, що за основними перевагами, такими як значно нижча затримка та значному росту швидкості передачі даних, мережа 5G розширює свій вплив на широким спектр розвитку сфери застосування такими, як охорона здоров'я, енергетика, транспорт, будівництво, критична інфраструктура. Очікується [7], що досягнення кращих показників від просування мереж п'ятого покоління потребуватиме застосування нових рішень. У роботі [10] розглянуто, що станом на початок 2023 року розгорнулася боротьба між технологічними компаніями Китаю та США і ЄС з впровадження технології 5G, контролю за безпекою у розвитку, прогнозовано кількісні показники користувачів та економічний ефект.

Вказані обставини, які спонукають до просування технології 5G в Україні [11-13], розглянути особливості по її використанню та очікування результатів спираючись на досвід провідних держав.

Мета

Провести аналіз просування, переваг та оцінки технічних та економічних аспектів мережі 5G у світі, визначення необхідних кроків та можливостей у вирішенні питань впровадження 5G в Україні та очікуваних результатів у розробці високотехнологічних рішень.

Задачі

Головним чинником швидкого розповсюдження технології п'ятого покоління – тотальна цифровізація. Від поширення 5G залежить розвиток всього суспільства. 5G – частина широкої еволюції, яка також охоплює хмарні технології та технології автоматизації для створення більш надійної та стійкої платформи для постачальників послуг [6].

Розв'язання задач

Щоб задовольнити зростаючий попит на швидку передачу даних і був розроблений 5G. Існує кілька відмінностей між 5G та 4G:

1. 5G - це уніфікована платформа, здатна більше ніж 4G (буде підтримувати всі типи спектру (ліцензовані, спільні, неліцензовані) та смуги, збільшений широкий набір можливостей застосування, а також нові способи взаємозв'язку (наприклад, як сітка від пристрою до пристрою та мульти-хоп-сітки);
2. 5G використовує спектр краще, ніж 4G (від низьких діапазонів нижче 1 ГГц, до середніх діапазонів від 1 ГГц до 6 ГГц, до високих діапазонів, відомих як міліметрова хвиля);
3. 5G швидше, ніж 4G (забезпечивши до 20 Гбіт/с пікових швидкостей передачі даних і 100+ Мбіт/с);
4. 5G має більшу ємність, ніж 4G (підтримуватиме 100-кратне збільшення пропускної здатності та ефективності мережі, підтримує мільйон пристроїв на квадратний кілометр);
5. 5G має нижчу затримку, ніж 4G (зменшення затримки в кінці в 10 разів до 1 мс) [9].

У європейських, азійських та американських країнах мобільна мережа 5G вже активно використовується. Лідером як в Азії, так і у світі є Південна Корея, що пропонує найвищу швидкість інтернету (до 430 Мбіт/с). Далі йдуть ОАЕ, Кувейт, Катар, Саудівська Аравія, Малайзія, Тайвань, Китай, Японія [4].

Не відстають і європейські країни, зокрема Швеція, Норвегія, Фінляндія, Португалія, Болгарія, Хорватія. Інші країни Європи – Польща, Швейцарія, Латвія, Бельгія, Австрія, Німеччина, Нідерланди теж запустили 5G, але швидкість там нижча, а зона покриття менша. У США, Канаді, Австралії та Новій Зеландії мережа 5G також активно розвивається вже кілька років. На африканському континенті п'яте покоління зв'язку для публічного використання наразі не запустили. Виняток становить лише острів Мадагаскар [10].

На рис. 1 наведена карта покриття 5G по всьому світу.



Рисунок 1 – Карта покриття 5G по всьому світу

Джерело: розроблено авторами за даними [8].

За прогнозами, на кінець 2026 року у світі буде 4,1 мільярда абонентів мобільного зв'язку 5G. Це еквівалентно 37,1% від загальної кількості глобальних мобільних підписок. На Азіатсько-Тихоокеанський регіон припадатиме найбільша частка світових мобільних з'єднань 5G – 64% на кінець 2026 року, за нею йдуть Європа, Північна Америка, Африка, Близький Схід і Латинська Америка [10].

Фактори прогресу мережі 5G:

- технічний (стандарти, доступність, допоміжна інфраструктура):
- економічний (регулювання ринку, бізнес-середовище, споживча готовність):

У технічному аспекті зміни будуть стосуватися:

- використання нових хвиль (низькочастотний 5G працює у діапазоні 600-850 МГц (700 МГц); середньочастотний 5G працює в діапазоні 2,5-3,7 ГГц (3,4-3,8 ГГц); високочастотний діапазон, який найчастіше асоціюється із 5G, охоплює частоти від 25 до 39 ГГц (26 ГГц);

- збільшення інфраструктури (більшої кількості станцій, оптоволоконні магістралі для передачі, підключення до електромережі). Зараз відомо, що радіус покриття від одної 5G станції становить близько 500 м і це без перешкод. В той час як 4G пропонує радіус покриття від 50 км і до 150 км в залежності від місцевості і перешкод. Тобто, замість одної 4G станції необхідно встановити більше 10-ти 5G станцій.

- в одній решітці може поміститися набагато більше антен (масиви MIMO);

- формування променя (найефективніший маршрут доставки даних конкретному користувачу);

- повний дуплекс (кремнієві транзистори, які діють як високошвидкісні перемикачі, щоб зупинити зворотний крен цих хвиль, дозволяючи їм передавати та приймати сигнали на одній частоті одночасно).

Щодо економічного впливу просування мережі 5G, стосується потенціалу підвищення ефективності та продуктивності, за рахунок чого підвищиться вплив на такі фактори, як надійність, швидкість, низьку затримку, економію енергії та збільшення об'ємів підключень як всередині системи, так і зовні. Результатом буде широкопasmовий доступ це не просто надшвидкий, але всюдисущий. При використанні 5G в поєднанні з III, розширеною реальністю (XR), периферійними обчисленнями та Інтернетом речей (IoT) надасть більші можливості для економіки та людей.

Еволюція розвитку технології 5G за період 2019-2023 роки та перспективи до 2025 року (див. рис. 2).

Ми проаналізували випадки використання 5G, як нові, так і відомі, у п'яти секторах: охорона здоров'я, розумні комунальні послуги, споживачі та медіа, промислове виробництво та фінанси послуги – і виявив, що в сукупності прийняття 5G додасть 1,3 трильйона доларів США до світового ВВП до 2030 року [4]. Серед яких:

- охорона здоров'я 530 млрд.;
- енергетика 330 млрд.;
- споживачі та медіа-додатки 254 млрд.;
- промислове виробництво 134 млрд.;

- програми фінансових послуг 85 млрд.



Рисунок 2 – Еволюція розвитку технології 5G
Джерело: розроблено авторами за даними [4]

Ці цифри кількісно виражають вплив, але, мабуть, важливіше наше дослідження висновки відображають цінність 5G.

Протягом перших років внесок 5G в економічне зростання буде справедливо скромним, оскільки телекомунікаційні компанії зосереджені на будівництві та розгортанні інфраструктури. Але, починаючи з 2025 року, враховуючи зростаючі інвестиції принесуть стимулюючий вплив на світову економіку, оскільки програми з підтримкою 5G стають більш поширені (див. рис. 3).

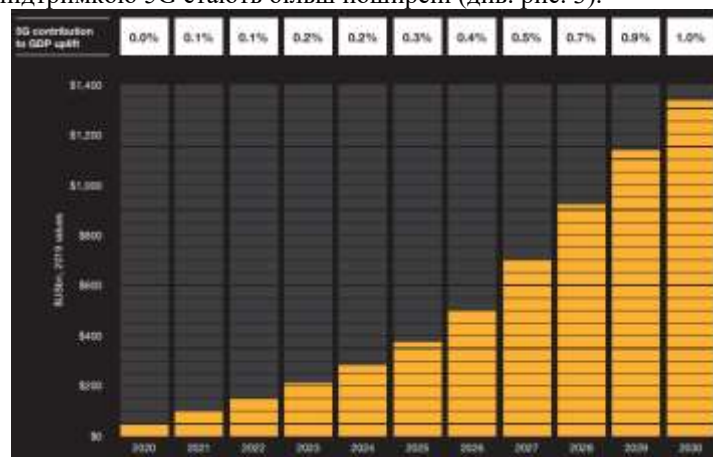


Рисунок 3 – Прогнозований внесок 5G у світовий ВВП до 2030 року
Джерело: розроблено авторами за даними [4]

На регіональному рівні найбільший відсоток зростання ВВП від просування мережі 5G відноситься до Північної Америки, потім йдуть Азія та Океанія, а потім Європа Близький Схід і Африка (ЕМЕА). В абсолютних доларах, Північна Америка також займе найвище місце, а також Азія. Прогнозується, що Океанія випередить ЕМЕА через її більшу загальну економіку. Масштаб національної економіки вплине на його абсолютний вплив на глобальний ВВП: 2% зростання економіки США приблизно в шість разів більше в доларовому еквіваленті 1,3% розширення в Японії економіка. Серед проаналізованих країн (див. рис. 4), ті, що мають потужні сучасні сектори промислового виробництва можуть отримати більше вигоди, ніж ті, які покладаються на сфери послуг наприклад, банківська справа.

Крім того, мережі 5G дозволяють використовувати дистанційно технології у критичних за часом додатках. Технологія 5G вплине на такі галузі, і це лише малий перелік:

- медицина;
- освіта;
- торгівля;
- транспорт;
- будівництво;
- сільськогосподарська діяльність;
- критична інфраструктура;
- добування корисних копалин [10].

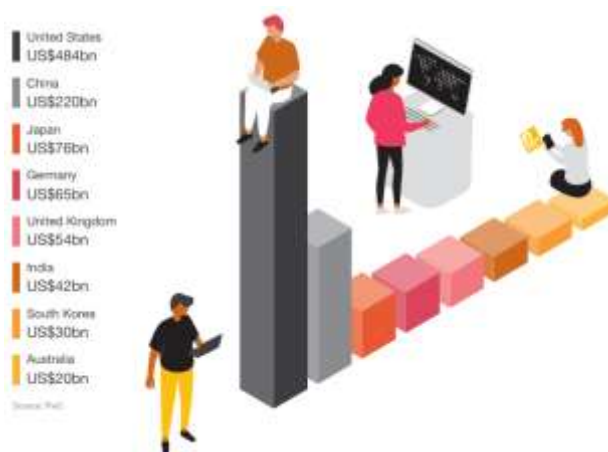


Рисунок 4 – Прогнозований економічний вплив технології 5G за країнами до 2030 року

Джерело: розроблено авторами за даними [4]

Як використання технології 5G змінить життя навколо нас наведено на рис. 5.

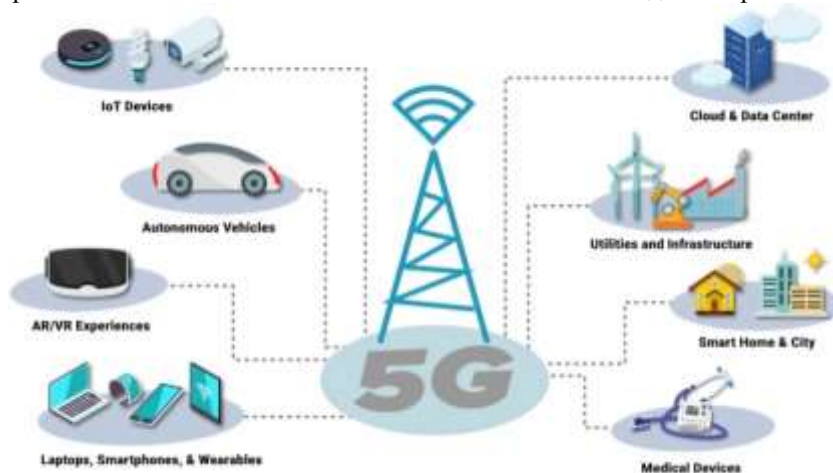


Рисунок 5 – Використання пристроїв та з'єднань 5G навколо нас

Джерело: розроблено авторами за даними [10].

Кожне нове покоління стільникового зв'язку значно збільшує швидкість передачі даних. Так впроваджуються сучасні нові можливості обслуговування та нові формати сервісу. Люди отримують нові захоплення а нові аспекти у якості життя.

Планується, що до 2035 року інфраструктура 5G-мереж надасть 22 млн. робочих місць на планеті, а її внесок у всесвітній розвиток за період з 2020 по 2035 рік буде порівнянний з нинішнім розміром економіки Індії, який дорівнює \$2,4 трлн. З розвитком 5G значно зростуть прибутки Інтернету речей (IoT). У 2023 році вони можуть досягти позначки \$1,7 трлн.

Відповідно до “правила 10 років” на появу мереж 6G слід очікувати до 2030 року [6].

Передбачалося, що початок розгортання 5G у нашій країні відбудеться у 2022 році, але завадила російсько-українська війна. У цей час змінилися пріоритети, і на передній план вийшли справи захисту держави та ефективного використання ресурсів. Але головне, що є запит на використання 5G і впевненість у тому, що це відбудеться. Офіційних заяв щодо цього не було, але оптимістичні прогнози щодо розгортання мережі п'ятого покоління стосуються першої половини 2024 року. Тим часом, головною мережею для українців на найближчі роки залишиться 4G.

До кінця 2024 року держава планує, що 95% населення, громадських об'єктів і основних автодоріг матимуть покриття швидкісним 4G.

Враховуючи насамперед, економічну сферу застосування 5G запуснуть для великих підприємств та для сфер бізнесу. Особливо цифровізація буде важливою після перемоги, оскільки зможе полегшити та прискорити деякі процеси у роботі та відновленні критичної інфраструктури, а також в інших важливих галузях економіки [10].

Після цього мережу п'ятого покоління зможуть використовувати звичайні користувачі. Очікується, що спочатку 5G запуснуть у великих містах – Києві, Харкові, Дніпрі, Одесі, Львові. За кращого розвитку ситуації, лише через 5-6 років мережа 5G стане переважаючою в Україні [10].

Таблиця 1 - Як 5G змінить наше життя

Коло використання	Наслідки
Бізнес	Створення нових робочих місць, росту підприємництва та покращення ефективності в різних галузях
Автомобілі	У безпілотних (автономних) автомобілях зменшення затримки сигналу на великій швидкості, автомобілі зможуть підтримувати контакт один з одним та з дорожніми службами
Промисловість	Відігравати ключову роль в переосмисленні та трансформації виробництва через введення концепцій Індустрії 4.0, де машини можуть ефективно співпрацювати, оптимізуючи виробничі процеси
Сільське господарство	Використання датчиків для моніторингу вологості, температури та інших параметрів на полі, високоточний збір та обробку даних для кращого управління ресурсами, такими як ґрунт, вода, добрива та пестициди; реалізувати автоматизовані трактори та обладнання; ефективно моніторити процеси збирання врожаю та оптимізувати їх для досягнення максимальної продуктивності; впровадження систем відстеження та управління худобою; використовувати дрони для моніторингу великих областей землі, визначення стану посівів, розпізнавання шкідників та планування оптимальних сільськогосподарських дій; встановлювати ефективний обмін даними вздовж всього ланцюга постачання – від фермера до споживача
Освіта	Інтерактивне навчання, доступ до інформації в реальному часі, віддалене навчання, колективна робота та співпраця, інтерактивні додатки та сервіси, створення інтерактивних навчальних середовищ через VR-трансляцію з погляду викладача
Телемедицина	Забезпечити високоякісні віддалені консультації між лікарями та пацієнтами, можливості для проведення операцій в труднодоступних місцях або в обставинах, коли фахівець не може фізично знаходитися на місці подій, реалізувати системи моніторингу здоров'я в режимі реального часу, які автоматично передають дані лікарям, полегшити безпечний обмін медичними даними між лікарнями, клініками та іншими медичними закладами, використання телемедичинських додатків та пристроїв, використання штучного інтелекту для аналізу медичних зображень, діагностики та інших завдань, що вимагають великої обчислювальної потужності
Спілкування	Розширення аудиторії та можливостей спілкування на відстані так, як знаходячись один біля одного
Розваги	Швидка безпроводна передача відеоданих у надвисокій якості (4K, 8K), трансляція заходів з ефектом VR. Дуже стрімко зростає популярність відео та музики
Комп'ютерні ігри	Багатокористувацькі ігри без затримки сигналу та розширення аудиторії учасників, розвиток хмарних геймінгових платформ, створення більш іммерсивних ігрових вражень через AR та VR, онлайн-геймінг та масові мережеві битви, де велика кількість гравців.
Оборона	Ефективні дії навіть у віддалених і складних умовах; створення реалістичних сценаріїв навчання та моделювання, надаючи військовому персоналу більш реалістичний та ефективний досвід навчання

Джерело: розроблено авторами за даними [1, 6].

Прогнози розгортання 5G в Україні та частки населення, яке залишається невідключеним базуються на аналізі перешкод та бар'єрів, які зосереджується на чотирьох основних обмеженнях для впровадження мережі 5G, а саме наявність, доступність, актуальність і готовність:

1. Наявність: прогнозування проміжного стільникового покриття до 2030 року.
2. Доступність: розподіл доходів населення, ціна найдешевшого смартфона і місячну вартість найдешевших передплат мобільного передавання даних.
3. Актуальність: число глядачів онлайн-відео та користувачів соціальних мереж у країні.
4. Готовність: цифрова грамотність населення [8].

Щоб об'єднати результати, слід взяти першу обмежувальну умову – наявність покриття.

Зважаючи на вагомі позитивні наслідки цифровізації в Україні, значну фінансову і технологічну підтримку країн-партнерів та дій уряду над стартом розгортання мережі 5G постійно працюють. Це визначають відповідні кроки:

- У 2017 році вийшов Указ Президента України про впровадження 5G на території нашої країни.
- У 2019 році зустріч Президента України Володимира Зеленського з головними інвесторами розвитку телекомунікаційних технологій та готовність України до співпраці.
- У 2021 році вийшла Постанова Кабінету Міністрів України про початок тестування мобільної мережі 5G в Україні. У цьому році відбулося публічне тестування бездротового зв'язку п'ятого покоління. [10].
- 27 лютого 2023 року США та Україна підписали меморандум про взаєморозуміння та співпрацю в галузі телекомунікацій та впровадження мобільного зв'язку 5G.
- 28 лютого 2023 року Верховний Суд України відмовив ТОВ "Українські новітні технології" (колишній оператор Freshtel) у продовженні терміну дії ліцензії на користування радіочастотами у діапазоні 3400-3600 МГц. Рішення аргументували тим, що "Українські новітні технології" не використовували виділені частоти за призначенням, не у повному обсязі платили за користування радіочастотним ресурсом і припинили подавати звітність. Це рішення фактично відкрило двері для впровадження 5G провідними операторами мобільного зв'язку.

Які кроки потрібно зробити для впровадження 5G в Україні:

1. Встановити стандарти (сукупність параметрів радіохвиль, технологія передачі та протоколи);
2. Виділити частоти (здіяння частоти діапазону 30-300 ГГц).
Оператори (Vodafone Україна, Київстар, Lifecell) також наголосили, що розблокування частот у діапазоні 3400-3600 МГц загалом є позитивним кроком уряду і з технічного та юридичного погляду дійсно наближає впровадження 5G в Україні [7].

3. Оновити інфраструктуру (5G не замінить 4G, а працюватиме паралельно з існуючою інфраструктурою; пристрої перемикатимуться між мережами).

В цей час першочерговий фокус компаній – забезпечення безперебійного зв'язку та передавання даних для абонентів на основі наявних технологій, підтримання мережі в умовах відключення електроенергії та відновлення пошкодженої інфраструктури. Водночас оператори продовжують готувати технологічну основу для майбутнього впровадження наступних технологічних стандартів, зокрема 5G.

Орієнтація на технологічні компанії Huawei, Ericsson та Nokia, які інвестують кошти та борються за ринок України. Необхідно враховувати, що компанія Huawei знаходиться під санкціями у США та ЄС, які підозрюються в наявності прихованих програм в телекомунікаційному обладнанні цього виробника.

Дивлячись на це, скоріше за все ключові ролі у розвитку ринку в Україні зіграють виробники телекомунікаційного устаткування Ericsson і Nokia [7].

4. Збільшення кількості приладів з підтримкою 5G (абонентські пристрої повинні стати розумнішими та потужнішими, заміна SIM-карт з появою 5G).

Стандарт мобільного зв'язку п'ятого покоління передусім принесе користь бізнесу. Для звичайних абонентів швидкості та пропускної спроможності 4G вистачає з головою, навіть якщо йдеться про перегляд відео у форматі 4K. А от 5G необхідний для різних галузей промисловості [7].

Частка користувачів 4G до 2024 року в Україні становитиме 50%, 3G – 42%, ці дані було презентовано з посиланнями на GSMA. Проникнення смартфонів з підтримкою 5G у мережі Lifecell досі менше 10% від загальної кількості, що замало для широкого розгортання нової технології. Для порівняння, кількість споживачів 5G у США становитиме 63%, у Західній Європі 40%.

Вартість появи зв'язку 5G в Україні залежатиме від термінів її впровадження, від того, коли з'явиться частотний ресурс, як саме він використовуватиметься. Ці чинники впливатимуть обсяг інвестицій. Якщо оператори мобільного зв'язку, які зараз інвестують в мережі LTE, закладуть технічний базис для подальшого впровадження 5G, то подальші інвестиції будуть меншими.

Важливо, яку бізнес-модель використовуватиме оператор. Чи стане він чисто сервіс-провайдером або оператором, який розроблятиме програми, сервіси і продаватиме ці послуги [6].

Загалом, незважаючи на прийняття на державному рівні нормативно правових актів, спрямованих на використання радіочастот й упровадження мобільного зв'язку 5G, ми наразі перебуваємо серед аутсайдерів за впровадженням 5G унаслідок причин технічного, інституційного та економічного характеру. З метою результативного впровадження мобільного зв'язку п'ятого покоління держава має забезпечити здійснення науково обґрунтованих розрахунків та експертних оцінок вартості радіочастотного ресурсу 5G-зв'язку, удосконалення нормативно-правової бази, ліцензування використання радіочастот, проведення торгів та видачі ліцензій на його використання. Пріоритет у цьому – це забезпечення заходів націлених на підтримку впровадження 5G в Україні, використовуючи попит на продукцію та зацікавленість бізнесу [14].

Використання 5G в оборонній сфері може мати численні переваги для військових, що може покращити ефективність та можливості військових операцій. До найбільш вагомих маємо віднести:

- велику пропускну здатність та швидкість передачі даних, що особливо важливо для обміну великими обсягами інформації, такої як великі відео- та аудіопотоки, геопросторові дані, та великі файли;
- можливість підтримки великої кількості одночасно підключених пристроїв, що важливо для розвитку великих мереж військового обладнання, IoT-пристроїв, дронів та інших систем;
- впровадження AR та VR для симуляцій, навчання, розвідки та інших військових застосунків;
- керування та координація безпілотних транспортні засоби (БПЛА, роботи) у режимі реального часу, що може бути важливо для розвідки, рятувальних операцій та поставок;
- зростаючий фокус на кібербезпеці в зв'язку з великим обсягом даних та кількістю підключених пристроїв, удосконалення кіберзахисту військових систем;
- забезпечення гнучкості управління мережею та швидкого реагування на зміни в обстановці та вимоги військових операцій.

Можливі напрями використання технології 5G в оборонній сфері України, це насамперед:

1. Покращення військового спостереження та збору розвідданих (передачу відеоматеріалів з дронів та інших пристроїв спостереження, військовослужбовці можуть швидко та безпечно отримувати доступ до даних) [11].

2. Військовий зв'язок, командування та управління (забезпечувати швидший і безпечніший зв'язок, більш ефективне командування та контроль) [11].

3. Переваги безпеки 5G для оборонної промисловості (покращений контроль і покращена швидкість, пропускну здатність і надійність мереж 5G допоможуть оборонним організаціям захистити свої дані та мережі від потенційних загроз) [13].

4. Змінити військову логістику та управління ланцюгом поставок (моніторингу ресурсів у режимі реального часу, дозволяючи військовим швидко оцінювати рівень постачання та відповідно розгортати ресурси) [9].

5. Використання для автономних систем зброї в оборонній промисловості (використання 5G у розробці автономних систем зброї) [13].

Звісно, при впровадженні 5G в оборонній сфері необхідно враховувати питання кібербезпеки, стандартизації та управління сумісністю для забезпечення найвищого рівня ефективності та безпеки.

Оцінюючи, можливості використання 5G в оборонній сфері, слід зазначити, що це вимога часу за стратегічними перевагами, які зможуть допомогти покращити функціональність та ефективність оборонних сил. Підвищення швидкості, пропускну можливості, об'єму передачі даних, підключення великої кількості пристроїв (датчиків) та їх координацію, використання інтелектуальних систем та штучного інтелекту, керування та координації автономних транспортних засобів та ефективно виявлення та відвертати кібератак на системи оборони.

Ці функції роблять технологію 5G важливим елементом для модернізації та покращення оборонних систем. Однак, слід враховувати та ефективно вирішувати питання кібербезпеки, оскільки з використанням нових технологій збільшується і ймовірність кібератак.

Висновок

Одним з джерел труднощів у комунікації з потенційними споживачами 5G-послуг є розрив між їх очікуваннями та доступними можливостями. Але просування, оцінка переваг та досягнень мережі 5G показує перспективи у подальшому розвитку цієї сфери та значного зростання сегментів економіки держави, населення яке відчуває необхідність проникнення 5G пристроїв у побут та наймовірний прогрес його використання.

Важливими очікуваннями для України будуть економічне зростання, інновації в наукових дослідженнях, підтримка Індустрії 4.0, розвиток Smart Cities, швидкісний та стабільний інтернет, розвиток телемедицини, нарощування обороноздатності держави.

Важливо зауважити, що разом з перевагами використання 5G приходять питання щодо кібербезпеки, конфіденційності даних та інфраструктурної стійкості, які потрібно вирішувати для максимальної користі та безпеки.

Список літератури

1. Saad Z. Asif. (2019). 5G Mobile Communications: Concepts and Technologies / CRC Press, Taylor & Francis Group., P. 335.
2. Scott Fulton III. (2021). What is 5G? Business guide to the next generation of wireless technologies. <https://www.zdnet.com/article/what-is-5g-the-business-guide-to-next-generation-wirelesstechnology/>

3. Гармаш Н.В., Литвиненко М.І. (2023). Аналіз розвитку технології 5G. С. 282-283. <https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2023/10/GLOBAL-PROBLEMS-OF-IMPROVING-SCIENTIFIC-INVENTIONS.pdf>
4. PwC. (2021). Вплив 5G на світову економіку. С. 22. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/economic-impact-5g.html>.
5. F. Grijpink, E. Kutcher A. Ménard, S. Ramaswamy, D. Schiavotto, J. Manyika M. Chui, R. Hamill, E. Okan. (2020). Підключений світ: Еволюція підключення після революції 5G. <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/connected-world-an-evolution-in-connectivity-beyond-the-5g-revolution>.
6. В. Кордон. (2022). Як 5g може змінити наше життя? <https://www.unian.net/longrids/5G/>.
7. Все, що вам потрібно знати про 5G. (2019). <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>.
8. Попит на прогноз ринку 5G і доходів від послуг до 2026 року / Global Outlook Report / (2021). <https://www.researchandmarkets.com/reports/5451398/5g-market-demand-and-service-revenue-forecast-to>.
9. Україна 2030e – країна з розвинутою цифровою економікою (2019). <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-rozvinutoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html>.
10. А. Нікітіна. (2023). Мережа 5G: коли з'явиться в Україні. <https://andro-news.com/ua/news/set-5g-kogda-poyavitsya-v-ukraine.html>.
11. Слюсар В.І., Сотник В. В., Купчин А. В., Шостак В.Г. (2020). Проривні технології в оборонній сфері України. / Озброєння та військова техніка. № 4. С. 13–23. https://www.slyusar.kiev.ua/OVT_4_2020_1.pdf.
12. Завербний А., Ломага Ю. (2022). Проблеми та перспективи формування логістичних ланцюгів постачання у воєнний період за умов активізації євроінтеграції / Економіка та суспільство, № 45. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-23>.
13. Горбулін В.П. (2019). Забезпечення оборони та безпеки України: актуальні проблеми і шляхи їх вирішення / Вісник Національної академії наук України. № 9. С. 3-18.
14. Князева І. (2021). Мобільний зв'язок п'ятого покоління та його місце в трансформаційних процесах цифровізації економіки. <https://doi.org/10.15407/econindustry2021.01.046>.

References

1. Saad Z. Asif. (2019). 5G Mobile Communications: Concepts and Technologies / CRC Press, Taylor & Francis Group. P. 335.
2. Scott Fulton III. (2021). What is 5G? Business guide to the next generation of wireless technologies. <https://www.zdnet.com/article/what-is-5g-the-business-guide-to-next-generation-wirelesstechnology/>
3. Harmash N.V., Lytvynenko M.I. (2023). Analysis of the development of 5G technology. P. 282-283. <https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2023/10/GLOBAL-PROBLEMS-OF-IMPROVING-SCIENTIFIC-INVENTIONS.pdf>
4. PwC. (2021). The impact of 5G on the global economy. P. 22. <https://www.pwc.com/gx/en/industries/technology/publications/economic-impact-5g.html>.
5. F. Grijpink, E. Kutcher, A. Ménard, S. Ramaswamy, D. Schiavotto, J. Manyika, M. Chui, R. Hamill, E. Okan. (2020). A connected world: The evolution of connectivity after the 5G revolution. <https://www.mckinsey.com/industries/technology-media-and-telecommunications/our-insights/connected-world-an-evolution-in-connectivity-beyond-the-5g-revolution>.
6. V. Kordon. (2022). How can 5g change our lives? <https://www.unian.net/longrids/5G/>.
7. Everything you need to know about 5G. (2019). <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>.
8. Demand for 5G market forecast and service revenues until 2026 / Global Outlook Report / (2021). <https://www.researchandmarkets.com/reports/5451398/5g-market-demand-and-service-revenue-forecast-to>.
9. Ukraine 2030e – a country with a developed digital economy (2019). <https://strategy.uifuture.org/kraina-z-foroventoyu-cifrovoyu-ekonomikoyu.html>.
10. A. Nikitina. (2023). 5G network: when it will appear in Ukraine. <https://andro-news.com/ua/news/set-5g-kogda-poyavitsya-v-ukraine.html>.
11. Slyusar V.I., Sotnyk V.V., Kupchyn A.V., Shostak V.G. (2020). Breakthrough technologies in the defense sphere of Ukraine. / Armament and military equipment. No. 4. P. 13–23. https://www.slyusar.kiev.ua/OVT_4_2020_1.pdf.
12. Zaverbny A., Lomaga Yu. (2022). Problems and prospects of the formation of logistics supply chains during the war period under the conditions of intensification of European integration / Economy and society, No. 45. <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-23>.
13. Horbulin V.P. (2019). Ensuring the defense and security of Ukraine: current problems and ways to solve them / Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine. No. 9. P. 3-18.

14. Knyazeva I. (2021). Fifth generation mobile communication and its place in the transformational processes of digitalization of the economy. <https://doi.org/10.15407/econindustry2021.01.046>.

Відомості про авторів

Литвиненко Михайло Іванович – к.т.н., доцент, доцент кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна.

Lytvynenko Mykhailo Ivanovych – Ph.D., associate professor, associate professor of the Department of Mathematics and Software of ASU, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine.

Гармаш Наталія Вікторівна – старший викладач кафедри математичного та програмного забезпечення АСУ, Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна.

Harmash Nataliia Viktorivna – senior lecturer of the Department of Mathematics and Software of ASU, Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv, Ukraine.

M. I. Lytvynenko, N. V. Harmash

**ANALYSIS OF PROMOTION OF 5G TECHNOLOGY IN THE WORLD
AND EXPECTATIONS FOR UKRAINE**

Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University, Kharkiv