

Зимовченко В.О.

Український науково-дослідний інститут спеціальної техніки та судових експертиз
Служби безпеки України

П'ЯТЕ ПОКОЛІННЯ МОБІЛЬНОГО ЗВ'ЯЗКУ (5G). ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ. ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Уявити сучасне життя без інтернету вже неможливо. Смартфони та інша портативна електроніка стали частиною нашого життя. Розвиток і впровадження нових технологій змінили його назавжди. Замість паперової книги ми читаємо електронну, а щоб дізнатись останні новини ми відкриваємо сторінки соціальних мереж замість звичних друкованих газет. Дивитись фільми та слухати музику можна будь де, чи то по дорозі на роботу, в кафе або навіть відпочиваючи на природі. Сплачувати за рахунками не виходячи з кімнати власного будинку. Таке поняття як «розумний дім» стало звичним майже кожному. Але все це було б неможливо без мобільного інтернету. Весь той потік інформації надходить завдяки технології мобільного зв'язку зародженого ще в 80-і роки 20-го століття. Від примітивного голосового повідомлення тоді, і до керування «розумним будинком» чи автопілотом електромобілю сьогодні. Стрімке зростання і поява нових технологій змінять наше життя вже найближчими роками, і мобільний зв'язок п'ятого покоління (5G) відіграє в ньому ключове значення.

У статті аналізується розвиток мобільного зв'язку до 5G та його основні характеристики у порівнянні з попередніми поколіннями. Описані переваги 5G, включно з вищими швидкостями передачі даних, зниженими затримками та більшою кількістю пристроїв, підключених до мережі. Проаналізовано сучасний стан впровадження 5G в Україні та світі, окреслено основні проблеми і перспективи розвитку цієї технології.

Мобільний зв'язок розвивався протягом кількох десятиліть, постійно покращуючи швидкість передачі даних, покриття та можливості підключення. 5G є найбільш сучасною технологією мобільного зв'язку, яка надає суттєві покращення порівняно з попередніми стандартами. Вона має потенціал для трансформації багатьох галузей економіки, від транспорту та охорони здоров'я до інтернету речей (IoT) та розваг.

П'яте покоління мобільного зв'язку знаменує нову еру технологічних можливостей, які розширюють горизонти того, як ми спілкуємось, працюємо та користуємося даними. Це покоління перевершує всі попередні стандарти мобільного зв'язку за швидкістю, надійністю і здатністю об'єднувати величезну кількість пристроїв в одному просторі.

Ключові слова: мобільний зв'язок, 5G, впровадження, частота, передача даних.

Постановка проблеми. Мережі першого покоління (1G) з'явилися в 1980-ті роки, і з того часу постійно розвивались та вдосконалювались. Друге (2G) дало змогу відправляти з мобільного телефону текстові повідомлення, а третє (3G) провадити відеоконференції та спілкування у соціальних мережах. Четверте (4G) покоління принесло високошвидкісний інтернет, перегляд відео у високій роздільній здатності та онлайн геймінг.

В даній статті проводиться аналіз майбутнього, п'ятого (5G) покоління мобільного зв'язку. Як він має переваги в порівнянні з попереднім поколінням. Як світ поступово переходить на 5G, та коли українці зможуть спробувати та скористатися його перевагами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням в області проблематики мобільного зв'язку п'ятого покоління займалися такі вітчиз-

няні спеціалісти як телеком-експерт Роман Хіміч [1, 2], генеральний директор УДЦР Володимир Корсун [3] та менеджер програм, експерт з телекомунікацій в *Luxoft* Руслан Рамазанов [4] та інші.

Постановка завдання. Метою даної статті є комплексно розкрити тему 5G технології, охопивши як технічні аспекти, так і соціально-економічні наслідки. Проаналізувати переваги, недоліків та як різні країни світу впроваджують 5G у себе та які результати вони отримують. Поточний стан розвитку 5G в Україні, перспективи та виклики. Порівняти його з попередніми поколіннями, показати переваги нового стандарту, та які можливості він відкриває. Проаналізувати як впровадження 5G може змінити такі галузі як транспорт, промисловість, медицина, тощо. Визначити основні тренди розвитку нової технології та спрогнозувати її майбутнє в Україні.

Виклад основного матеріалу. *Історична довідка. Початок становлення та розвиток мобільного зв'язку.* Початок запуску першого покоління (1G) мобільного зв'язку можна вважати 1980-ті роки 20 століття. Буква «G» означає покоління (*generation*). Технологія використовувала аналогову модуляцію радіосигналів, а її основною функцією був голосовий зв'язок. Перше покоління було не ідеальне, інколи зв'язок обривався через перешкоди, а інших додаткових сервісів технологія не мала.

У 1990-х з'являється друге покоління (2G). Практичне застосування технології почалося в 1993 році. В Європі вона отримала назву *GSM 900/1800 (Global System for Mobile Communications)*. Частотний діапазон був в межах між 900 та 1800 МГц. Сигнал став чіткішим, з'явилась можливість надсилати текстові (SMS) та мультимедійні (MMS) повідомлення. Люди почали більш активніше користуватись новими можливостями ніж голосовими дзвінками. Технологія другого покоління дозволяла користуватись інтернетом на основі *GPRS* та *EDGE*. Швидкість була скромною, не більше 100 Кбіт/с, але навіть вона була фантастичним досягненням на той час.

Третє покоління (3G) з'являється на початку 2000-х років. Телефони того часу вже могли відтворювати відео, відкривати повноцінно вебсторінки та здійснювати відеодзвінки. Завдяки швидкості у майже 2 Мбіт/с мобільний телефон стає вікном у світ соціальних мереж та месенджерів. Ми почали жити у світі, де мобільний телефон став невід'ємною частиною нашого життя. Частотний діапазон зріс до 2000 МГц. На сьогодні існує два стандарти 3G: *UMTS (W-CDMA)* та *CDMA2000*.

Якщо третє покоління відкрило вікно в світ інтернет технологій, то четверте (4G) стало справжньою революцією. Завдяки переходу на більш високі частоти (від 2000 і до 6000 МГц) швидкість передачі даних стала досягати до 1 Гбіт/с. На практиці реальна швидкість сягає близько 100 Мбіт/с, що дає можливість дивитись відео високої роздільної здатності в реальному часі, брати участь у відеоконференціях, дивитись фільми в 4K та грати в онлайн ігри без будь-яких обмежень. Все що раніше було можливим тільки на комп'ютері, тепер можна було реалізувати на смартфоні завдяки 4G. В Україні четверте покоління використовує технологію *LTE (Long-Term Evolution)*, та працює на частотах у 1800 МГц, 2000 МГц та 2600 МГц.

Як працює 5G. Перспективи розвитку у світі та Україні. П'яте покоління (5G) вражає не тільки швидкістю інтернету у 10 Гбіт/с, але і можливістю майже без затримки передавати дані. Це дає можливість впровадження автономного безпілотного автотранспорту, або проведення складної операції за допомогою роботизованої руки хірур-

гом, що знаходиться в тисячах кілометрів. Все це завдяки малій затримці між передачею даних. Якщо в четвертому поколінні вона становить від 50 мілісекунд (мс), то в п'ятому – до 5 мс. Також це підтримка одночасно великої кількості пристроїв до однієї базової станції (вежі). Цей показник може досягати до 1 млн. пристроїв в 5G, тоді як у мережах 4G лише до 400 тис. одночасно підключених пристроїв. В 3G цей показник ще менший, не більше 100 тис. Підсумовуючи, можна дійти висновку, що з кожним роком з'являється все більше пристроїв, як потребують одночасного підключення до мережі в режимі реального часу.

Основною складністю розгортання технології 5G є проблема у базовій інфраструктурі, тобто в недостатній кількості веж мобільного зв'язку. 2G працював на частотах в 900 МГц та 1800 МГц. Чим нижча частота, тим більший радіус охоплення. Для другого покоління вежі ставили на відстані від 15 і до 30 кілометрів одна від одної. 3G може працювати на частоті в 900 МГц, але все ж таки основною його частотою є 2100 МГц. Це означає, що відстань між вежами зменшилась на 5–6 кілометрів. В місті з щільною забудовою ця відстань ще менша. Для 4G використовується частота від 1800 МГц і до 2600 МГц. Чим вища частота, тим швидша передача даних за секунду. Щоб отримати швидкість передачі даних в межах від 100 Мбіт/с, вежі потрібно ставити кожні 400–600 метрів.

Для роботи 5G використовується дві частоти смуг, у спектрі яких працює новий стандарт, *FR1 (900–6000 МГц)* та *FR2 (24–100 ГГц)*. Щоб забезпечити високу швидкість передачі даних, вежі мають розміщуватись одна від одної не більше ніж на 200–400 метрів. Це завдання не одного дня, та навіть року, тому для пришвидшення переходу від одного стандарту до іншого, такі вежі, як правило встановлюють заздалегідь.

Більшості на сьогодні цілком достатньо і 4G (*LTE*), тому виникає питання, чи потрібно витрачати мільйони на впровадження технології яка буде потрібна лише невеликій кількості вибагливих користувачів. Справа в тому, що новий стандарт зв'язку розроблений з використанням більш сучасних технологій, враховуючи ефективніші методи кодування та захисту сигналу. Доцільно буде порівняти четверте та п'яте покоління більш детально.

1. *Збільшення пропускної здатності.* Це дозволить обслуговувати велику кількість пристроїв одночасно. П'яте покоління адаптується до потреб користувача, дозволяючи мережі виділяти ресурси за необхідністю, для забезпечення оптимального споживання.

2. *Час реакування та мінімізація затримок.* Особливістю технології п'ятого покоління є зменшення латентності. Латентність (*latency* – затримка) – часовий інтервал між від-

правкою і отриманням даних. В четвертому поколінні вона становить від 50–200 мс. В 5G ця затримка лише до 5 мс. Мінімізація затримки дозволяє реалізувати додатки та сервіси в реальному часі.

3. *Різниця в частотах.* 4G працює на частотах нижче 2000 МГц, в той час, як 5G – в діапазоні частот від 3000 МГц і до 300 ГГц. Завдяки високій частоті збільшується швидкість передачі даних по мережі та її місткість. Вежі 4G посилюють сигнал у всі напрямки, в той час, як 5G – передає дані на коротких хвилях, що забезпечує більш точне регулювання напрямку передачі.

4. *Швидкість передачі даних.* Пікові значення швидкості при передачі інформації для технології 5G приблизно у 20 разів більші ніж у 4G на сьогодні. Максимальне значення швидкості для 5G – 20 Гбіт/с, а для 4G – 1 Гбіт/с. Варто зазначити, що це лабораторні показники, і в реальності швидкість буде значно меншою.

Друге питання, де конкретно буде застосовуватись новий стандарт? В яких галузях промисловості, окрім портативної електроніки його можна інтегрувати вже сьогодні.

Медицина. Одна з небагатьох галузей індустрії, де 5G вже дає свої результати. Жителі маленьких міст, маючи високошвидкісний інтернет можуть отримати онлайн-консультацію лікаря не виходячи з дому. Це підвищить відсоток людей, які з тих чи інших причин не змогли вчасно потрапити до фахового спеціаліста. Особливо це мало великий попит в часи пандемії COVID-19, коли всі сиділи на карантині і не мали можливості потрапити до лікарні.

Автомобільна галузь. Автомобіль з автопілотом вже не є чимось фантастичним. Для запуску ще більшої кількості автомобілів з автопілотом потрібно реалізувати миттєву комунікацію між автомобілями з мінімальною затримкою, щоб уникнути аварій і перевантаження доріг. Наднизька затримка в мережах п'ятого покоління дозволить у реальному часі відстежувати ситуацію на дорозі з поганою видимістю. А якщо додати сюди технологію доповненої реальності (AR, *Augmented Reality*) це дасть можливість побачити об'єкти, які не видимі людському оку, але видно датчикам і сенсорам, встановленим в автомобілях.

Не слід забувати і про навігацію, яка повинна бути точною і містити оновлені дані про ситуацію на дорогах. 5G разом зі штучним інтелектом та інтернетом речей дозволить тримати баланс завантаженості доріг і регулювати роботу світлофорів у реальному часі. Це в свою чергу впливає на пропускну спроможність мережі та на кількість даних які будуть одночасно передаватися між усіма учасниками дорожнього руху, включаючи інфраструктурні об'єкти. Автопілот також допоможе і в медичній сфері. Люди які мають

вади зі здоров'ям і самі не можуть водити авто, тепер будуть мати можливість доїхати до лікарні чи медзакладу вчасно і безпечно.

Промисловість. Використання роботизованої техніки дозволить ще більше автоматизувати процес, і як наслідок зменшити витрати за рахунок скорочення людської сили, а також зменшити відсоток помилок на виробництві.

Сільське господарство. З'явиться можливість більш стабільно і точніше керувати автоматизованою сільгосптехнікою, відстежувати в реальному часі стан полів і за потреби вносити зміни в їх роботу.

Сфера IT та розваг. З кожним роком технології AR та VR набувають все більшої популярності, за рахунок більшого вибору гарнітур, та зменшення їх вартості. Майже кожний виробник портативної електроніки має в своєму арсеналі окуляри віртуальної реальності (VR, *Virtual Reality*). І якщо кілька років тому, для перегляду фільму або гри потрібно було їх підключати до ПК за допомогою дротів, то на сьогодні це повністю автономний пристрій, який працює завдяки підключенню по Wi-Fi. Завдяки окулярам VR можна пізнавати історію, побувати на вершині Евересту, або пірнути в Маріанський жолоб. Майбутні лікарі можуть більш детально вивчати будову людського тіла, а вчені та історики зазирнути у минуле на тисячі років назад. Така інтерактивність потребує не тільки потужної апаратної частини самих окуляр, але і з мінімальною затримкою та в високій роздільній здатності передавати зображення з серверів прямо в очі користувачу. 5G допоможе реалізувати ці, та ще багато інших проектів в майбутньому. Сфера застосування AR та VR дуже широка.

В березні 2021 року компанія Samsung встановила новий рекорд при завантаженні Full-HD фільму вагою 4 гігабайти у мережі 5G на телефон Samsung Galaxy S20 за 6 секунд.

Впровадження технології 5G у світі. За інформацією експертів з RSA, станом на 4 квартал 2020 року 5G покриття доступне в 47 країнах завдяки 107 операторам. RSA – це угода про регіональний спектр в регіоні східного партнерства. На Європейському континенті, технологія нового стандарту вже доступна в таких країнах як Австрія, Бельгія, Болгарія, Чехія, Данія, Фінляндія, Німеччина, Угорщина, Ірландія, Італія, Латвія, Нідерланди, Польща, Румунія, Словенія, Іспанія, Швеція, Норвегія, Велика Британія та Швейцарія. У світі 5G активно впроваджують Південна Корея, Сполучені Штати Америки, Китай, Саудівська Аравія, Канада, Домініканська Республіка, Японія, Австралія, Індія.

Лідерами з інтеграції мереж п'ятого покоління є США та Південна Корея. У цих країнах вже побудовано мережі, які забезпечують доступ до 5G у великих містах. Сеул став першою країною

який запустив 5G в комерційних цілях, а вперше його застосував на відкритті Зимових Олімпійських Ігор 2018 року.

Європейські країни, такі як Німеччина, Велика Британія та Італія, активно працюють над впровадженням 5G. У 2018 році тестову мережу 5G було запуснено в Гамбурзі оператором *Deutsche Telekom*. Частота роботи мобільного зв'язку дорівнює 3700 МГц, а сама вона працює на обладнанні *Huawei*. В 2019 році мережу було запуснено в Берліні та Боні. В Італії послуги з надання мобільного зв'язку 5G надає *Vodafone-Italia*. Мережа доступна у п'яти великих містах: Мілані, Турині, Болоньї, Римі та Неаполі. Компанія *Vodafone* у 2023 році першою запустила автономну мережу 5G Ultra у Великій Британії. Послуга доступна в таких містах як Лондон, Манчестер, Глазго та Кардіфф. Церемонія коронації короля Чарльза III та Камілі 6 травня 2023 року транслиувалася на території Великої Британії через публічну автономну мобільну мережу п'ятого покоління 5G (5GSA).

В 2019 році в Китаї вперше було проведено операцію за допомогою 5G. Операція проводилась в Пекінській клініці і тривала близько чотирьох годин. Відстань на якій проводилась операція – 136 км. В червні 2023 року в південній провінції Хайнань, дистанційно було проведено мікронну операцію на оці. Проводили її фахівці на базі офтальмологічного центру Чжуншань національного дослідницького Університету Сунь Ятсена, що розташований в 600 км від Хайнань. Очна хірургія вимагає від офтальмологів високого рівня точності та стійкості. Таку надскладну операцію вдалося виконати завдяки технології 5G та робота-хірурга. Операція пройшла успішно, зір пацієнту було відновлено. В липні 2024 року також була проведена ще одна операція на відстані з видалення ракової пухлини з легень пацієнтки. Хірург перебував у себе в кабінеті у Шанхаї на відстані в 5 тисяч кілометрів, в той час, як пацієнтка була в іншій частині країни – Кашгарі. Операцію вдалося провести завдяки технології 5G, подолавши бар'єр у передачі даних та з мінімальною затримкою.

Китайські компанії *Huawei* та *ZTE* є головними гравцями на ринку 5G. В планах Пекіну, розширити покриття на більшість великих міст до кінця 2025 року.

Впровадження технології 5G в Україні. Повномасштабна війна Росії проти України суттєво уповільнила розвиток інфраструктури, у тому числі й телекомунікаційної. Розгортання мереж 5G вимагає значних інвестицій від операторів зв'язку, які на жаль в умовах війни та економічної кризи є недоцільними. Також потрібно удосконалити законодавчу базу, що регулює діяльність у сфері телекомунікацій, щоб забезпечити сприят-

ливі умови для розвитку мереж п'ятого покоління. Нажаль покриття 4G в Україні ще не є повним, особливо в сільській місцевості. Тому розгортання 5G потребує ще більше додаткових інвестицій у розвиток базових станцій. Не потрібно забувати також і про енергетичну кризу викликану війною. Це створює додаткові перешкоди для роботи мереж 5G, оскільки вони потребують більше енергії, ніж мережі попередніх поколінь.

Проте, не зважаючи на всі перешкоди та випробування спричинені війною, в Україні вже реалізовано декілька пілотних проектів з тестування технології 5G. Це дозволить оцінити потенціал та визначити технічні характеристики. З 9 вересня і по 7 грудня 2024 року у Львові на вул. Личаківській, 72 буде проводитись випробування технології 5G, у смузі радіочастот 3450–3500 МГц. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах електронних комунікацій (НКЕК) ухвалила рішення №465, яким дозволила мобільному оператору – *lifecell* провести випробування технології 5G у Львові на вже згаданій вулиці (з базовою станцією *Huawei*). Раніше *Vodafone* та *Nokia* зробили тестову 5G зону на території Івано-Франківського інноваційного центру «Промприлад». У травні 2024 року компанії провели телеміст між Івано-Франківськом, Києвом та Гельсінкі за допомогою 5G.

Якщо говорити про перспективи розвитку саме в Україні, то до закінчення бойових дій повноцінного розгортання по всій території нашої держави не буде. Мережі п'ятого покоління вже зараз можна використовувати в сфері освіти для проведення онлайн конференцій, уроків та практик в містах і селах де є проблеми з мобільним зв'язком. Це особливо критично, де війною було зруйновано багато навчальних закладів та центрів освіти. Онлайн медицина також знайде застосування в Україні. Через війну багатьом людям не потрібно буде їхати через пів країни задля консультації з потрібним фахівцем. Новий стандарт мобільного зв'язку дозволить лікарям надавати допомогу навіть у найскладніших умовах та підвищить доступність якісної медичної допомоги для пацієнтів у віддалених регіонах. Особливо коли це стосується дітей чи людей похилого віку. А в такому великому місті як Київ, де завжди є проблеми з завантаженістю доріг, технологію 5G може бути застосована для балансування та розвантаження доріг, регулюванню дорожнього руху, та впровадження більшої кількості камер контролю швидкості.

Висновки. Технологія 5G – це еволюція мобільного зв'язку, що відкриває нові горизонти у технологічному розвитку. Порівняно з попереднім поколінням, 5G надає значно більші можливості, від промислової революції і до сектору розваг. Незважаючи на всі переваги, повноцінного національного покриття 5G досі немає у більшості

розвинених країн. Китай є лідер з впровадження нової технології. На сьогодні там встановлено понад 2.3 мільйона станцій, з абонентською базою у понад 1 мільярд абонентів. Сполучені Штати Америки в 2023 році мали показник у понад 100 мільйонів абонентів, а у країнах Європи цей показник перевищує 80 мільйонів.

Збільшення пропускної здатності та мінімізація затримок відіграють ключову роль у порівнянні 4G та 5G. На відміну від минулого покоління, новий стандарт розширює можливості вже існую-

чих технологій та відкриває нові можливості для покращення та спрощення нашого життя.

Основними причинами які завадили швидшому переходу на новий стандарт можна назвати пандемію COVID-19, глобальні конфлікти, як війна в Україні, інфляція, погане покриття мережі через відсутність потрібної інфраструктури.

Розгортання в Україні є складним процесом, який потребує великих інвестицій та зусиль. Проте, потенційні переваги від її впровадження роблять її вкрай важливою для розвитку країни.

Список літератури:

1. Роман Хіміч «Шостий гігагерц для 5G чи WiFi: світ розділився на два табори»: сайт URL: <https://mind.ua/openmind/20234510-5g-po-ukrayinski-yak-vplivae-geopolitika-na-rozvitok-merezhi-pyatogo-pokolinnya>
2. Роман Хіміч «5G по-українськи: як впливає геополітика на розвиток мережі п'ятого покоління»: сайт URL: <https://mind.ua/openmind/20234510-5g-po-ukrayinski-yak-vplivae-geopolitika-na-rozvitok-merezhi-pyatogo-pokolinnya>
3. Володимир Корсун «Розвінчуємо міфи про «страшилки» 5G: спойлер – технологія безпечна»: сайт URL: <https://mind.ua/openmind/20210984-rozvinchuemo-mifi-pro-strashilki-5g-spojler-tehnologiya-bezpechna>
4. Руслан Рамазанов «Ласкаво просимо у 5G: навщо переходити на нову технологію»: сайт URL: <https://mind.ua/openmind/20203748-laskavo-prosimo-u-5g-navishcho-perehoditi-na-novu-tehnologiyu>
5. Олег Павлюк «Що таке 5G, як він узагалі працює, і чому люди палять вишки? Відповідаємо на запитання»: сайт URL: <https://hromadske.ua/posts/sho-take-5g-yak-vin-uzagali-pracyuye-i-chomu-lyudi-palyat-vishki-vidpovidayemo-na-zapitannya>

Zymovchenko V.O. FIFTH GENERATION OF MOBILE COMMUNICATION (5G). ADVANTAGES AND DISADVANTAGES. IMPLEMENTATION IN UKRAINE AND THE WORLD

It is now impossible to imagine modern life without the internet. Smartphones and other portable electronics have become an integral part of our daily routine. The development and implementation of new technologies have changed our lives forever. Instead of reading a paper book, we now read an electronic one; to get the latest news, we visit social media pages instead of traditional printed newspapers. We can watch movies and listen to music anywhere-on the way to work, in a café, or even while relaxing outdoors. Paying bills can be done without leaving the comfort of our homes. The concept of a "smart home" is now familiar to almost everyone. However, none of this would be possible without mobile internet. All this flow of information is delivered thanks to mobile communication technology, which originated in the 1980s. From primitive voice messages back then, to controlling a "smart home" or an electric vehicle's autopilot today, rapid advancements in technology will continue to change our lives in the coming years. The fifth generation of mobile communication (5G) will play a key role in this transformation.

This article analyzes the development of mobile communication up to 5G and its main characteristics in comparison with previous generations. The advantages of 5G are described, including higher data transmission speeds, reduced latency, and massive device connectivity. The current state of 5G implementation in Ukraine and the world is analyzed, outlining the main challenges and prospects for the development of this technology.

Mobile communication has evolved over several decades, continuously improving data transmission speeds, coverage, and connectivity capabilities. 5G is the most advanced mobile communication technology, offering significant improvements over previous standards. It has the potential to transform many sectors of the economy, from transportation and healthcare to the Internet of Things (IoT) and entertainment.

The fifth generation of mobile communication marks a new era of technological capabilities, expanding the horizons of how we communicate, work, and use data. This generation surpasses all previous mobile communication standards in terms of speed, reliability, and the ability to connect a vast number of devices within a single space.

Key words: mobile communication, 5G, implementation, frequency, data transmission.