

АНАЛІЗ ЦИФРОВОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ ЗА ДАНИМИ ІНДЕКСУ ЦИФРОВОЇ ЕКОНОМІКИ ТА СУСПІЛЬСТВА DESI 2023

DIGITAL INFRASTRUCTURE ANALYSIS BY DESI 2023 DIGITAL ECONOMY AND SOCIETY INDEX

УДК 330.341

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.10-24>**Ліскевич О.І.**к.т.н., інженер електров'язку,
ТОВ "Українські промислові
телекомунікації"**Ліскевич Р.І.,**к.т.н., докторант,
Міжрегіональна Академія
управління персоналом**Обельовська К.М.**к.т.н., доцент,
доцент кафедри автоматизованих
систем управління,
Національний університет
"Львівська політехніка"**Liskevych Oleh**Ukrainian Industrial
Telecommunications LLC**Liskevych Rostyslav**Interregional Academy
of Personnel Management**Obelovska Kvitoslava**

Lviv Polytechnic National University

Цифровізація української економіки залежить від ряду факторів, в тому числі, від імплементації передових цифрових мережевих технологій та послуг. Зведений індекс цифрової економіки та суспільства (DESI) узагальнює ряд показників ефективності цифрових технологій в Європі і дозволяє оцінити стан цифрової економіки та суспільства. Робота присвячена аналізу одного з показників, а саме, цифрової інфраструктури, за даними наведеними у DESI 2023. Аналіз охоплює наступні мережеві технології: фіксований широкопasmовий зв'язок з швидкостями не менше 100 Мбіт/с та не менше 1 Гбіт/с, мережі з дуже високою пропускною спроможністю VHCN, оптичний канал до приміщення FTTP, мобільний широкопasmовий зв'язок та технологію 5G. Результати проведеного аналізу будуть корисними при конвергенції цифрової економіки України з європейською цифровою економікою.

Ключові слова: цифрова економіка, DESI, індикатори цифрової інфраструктури DESI, мережева інфраструктура, мережеві технології

The article aims to analyze the state of the European Union countries' network infrastructure to identify challenges Ukraine has to overcome to converge the Ukrainian digital economy with the EU digital economy. The relevance of the work is justified by the fact that the implementation of advanced digital network technologies and services aligned with European ones is one of the ways to increase the future competitiveness of the Ukrainian economy. The Digital Economy and Society Index (DESI) is a composite index that summarizes certain indicators of the effectiveness of digital technologies in Europe and allows us to assess the state of the digital economy and society. The work is devoted to the analysis of one of the indicators, namely, digital infrastructure, according to the data provided in DESI 2023. The analysis covers the following network technologies: at least 100 Mbps fixed broadband take-up, at least 1 Gbps broadband take-up, Fixed Very High Capacity Networks (VHCN) coverage, Fiber to the Premises FTTP coverage, mobile broadband take-up, 5G coverage, and 5G spectrum. The essence of each of these technologies is briefly presented, and the state of provision of each of them in different countries of the European Union is analyzed based on DESI 2023 data. In parallel, data on the state of these technologies in Ukraine and their availability at the present moment are given. The results of a comparative analysis of the digital infrastructure of Ukraine with the digital infrastructure of European countries indicate a sufficiently good level of digital infrastructure based on optical fiber communication lines. As on September 2022, the availability of Fiber to the Premises technology is 67%, which ranks Ukraine at the top half of the European countries. The worst situation in Ukraine is with the 5G technology. However, the Kyivstar company is currently testing this technology and the preliminary test results indicate readiness for its implementation in Ukraine. The results of the analysis will be useful for the convergence of the digital economy of Ukraine with the European digital economy.

Key words: digital economy, DESI, DESI digital infrastructure indicators, network infrastructure, network technologies.

Постановка проблеми. Майбутня конкурентоспроможність української економіки залежить від ряду факторів, в тому числі, від імплементації передових цифрових мережевих технологій та послуг, а також від узгодженості їх з технологіями Європейського Союзу. Тому актуальною є проблема аналізу стану мережевої інфраструктури країн Європейського Союзу з метою виявлення викликів, які Україні необхідно буде враховувати при конвергенції української цифрової економіки з цифровою економікою ЄС.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нові технології та широке використання засобів Інтернет-комунікації зробили цифрову економіку глобальним явищем, яке постійно розвивається. Перехід ведення бізнесу в онлайн-режим сьогодні є звичним і поширеним явищем. Особливості основних тенденцій, переваг та недоліків цифровізації економіки в контексті реорганізаційних процесів у різних країнах світу проаналізовані в [1], сучасні тренди цифровізації економіки України в роботах [2; 3], роль і важливість інфраструктури для обслуговування цифрової економіки в

[1–3]. Характеристика сучасного стану мережевої інфраструктури в 27 країнах Європи доступна на медіапорталі digital-strategy.ec.europa.eu/en за посиланням https://digital-strategy.ec.europa.eu/datasets/desi/charts/desi-indicators?indicator=desi_2b3&breakdown=5g_pb&period=desi_2023&unit=pc_spectrum_assigned&country=A_T,BE,BG,HR,CY,CZ,DK,EE,EU,FI,FR,DE,EL,HU,IE,IT,LV,LT,LU,MT,NL,PL,PT,RO,SK,SI,ES,SE.

Достатньо обширний опис мережевих технологій з точки зору їх технічних характеристик та можливостей наведено в [5; 6], в [7–9] – методи та моделі для покращення мережевих технологій.

Метою статті є аналіз стану мережевої інфраструктури країн Європейського Союзу з метою виявлення викликів, які Україні необхідно буде враховувати при конвергенції української цифрової економіки з цифровою економікою ЄС.

Виклад основного матеріалу дослідження. Прогрес у сфері цифрових технологій у країнах-членах ЄС відстежується за допомогою Індексу цифрової економіки та суспільства DESI (*Digital Economy and Society Index*). З метою створення

можливості відстежувати прогрес України в напрямі цифрової економіки, а також порівнювати його із цифровими економіками ЄС, кабінет міністрів України у вересні 2023 затвердив перелік показників DESI, порядок їх збору та обміну даними на основі методології ЄС. Крім того, щоб конкурувати з іншими країнами та бути на рівні з ними, Україна могла б розглянути інтеграцію в Європейську статистичну систему (ESS) з метою надання своїх показників. Все це обумовлює необхідність на довгострокову перспективу вдосконалити існуючу мережеву інфраструктуру України, розвивати мережу комунікацій через адміністративні кордони країни, в тому числі, і задля надання оцінки цифрової економіки.

Одним з індикаторів DESI, як показано на рис. 1, є цифрова інфраструктура (digital infrastructure).

Індекс DESI 2023 містить дані щодо забезпечення країн Європи цифровою інфраструктурою. Нижче, подаємо результати нашого аналізу використання кожної з технологій.

Фіксований широкопasmовий зв'язок з швидкістю не менше 100Мбіт/с (At least 100Mbps fixed broadband take-up)

Фіксований зв'язок з швидкістю 100 Мбіт/с вже довгий час використовується на ринку телекомунікаційних послуг, цю технологію ніяк не можна вважати результатом останніх досягнень. Проте, в багатьох випадках такий зв'язок може успішно використовуватись для віддаленої роботи та навчання. За даними DESI 2023 забезпеченість цим зв'язком у Європі у різних країнах лежить в межах від 20% (Греція) до 90% (Іспанія). При цьому показник зростає від 20% до 90% майже рівномірно від однієї країни до іншої. Середнє значення для Європейського Союзу становить 55%.

Широкопasmовий зв'язок з швидкістю не менше 1 Гбіт/с (At least 1 Gbps broadband take-up)

Широкопasmовий зв'язок з швидкістю не менше 1 Гбіт/с може забезпечити набагато кращу якість

сервісу, ніж зв'язок з швидкістю 100 Мбіт/с. Лідером щодо забезпеченості цим зв'язком є Франція, хоча показник складає всього 40%. Звернімо увагу – найкращий показник майже вдвічі нижчий, аніж забезпеченість зв'язком 100 Мбіт/с. Цілком інша закономірність і з розподілом забезпеченості по країнах. Є лише 4 країни з забезпеченістю більше 15%. Більшість країн (17 з 27) мають дуже малу або малу забезпеченість – менше 5%, а найгірший показник забезпечення менше 1% (Хорватія) аж у 20 раз гірший ніж найгірший випадок (20%) у мережах з швидкістю 100 Мбіт/с. Для Європейського Союзу забезпеченість гігабітною технологією становить 14%.

Український ринок телекомунікаційного обладнання пропонує широкий вибір обладнання для фіксованого зв'язку з швидкістю 1 Гбіт/с, що ж до офіційних цифр його поширення, то їх зможемо дізнатись після інтеграції України в Європейську статистичну систему (ESS).

Стаціонарні мережі дуже високої пропускної здатності VHCN (Fixed Very High Capacity Network VHCN coverage)

Наступною технологією передачі даних, що відображається в DESI є, мережа дуже високої пропускної спроможності VHCN. Термін “Мережа дуже високої пропускної спроможності” (VHCN) запроваджений Європейським кодексом електронних комунікацій (ЄС) 2018/1972 (ЕЕСС). Це мережа, продуктивність якої відповідає повністю оптоволоконній мережі “принаймні до точки розподілу в місці обслуговування”. У випадку підключення до фіксованої лінії це відповідає продуктивності мережі, еквівалентній продуктивності, досягнутій установкою оптоволокна до багатоквартирного будинку, який вважається місцем обслуговування, а “у разі бездротового з'єднання – до базової станції”.

Аналіз даних DESI 2023 показує достатньо високі показники можливості підключення до цієї сучасної технології в країнах Євросоюзу. Забезпеченість VHCN у 8-ми країнах лежить в

DESI 2023 indicators

Рис. 1. Мережеві технології в переліку цифрової інфраструктури DESI

діапазоні 91–100%, у 13-ти – у діапазоні 71–86%, у 5-ти країнах – в діапазоні 53–61% і тільки у одній країні (Греція) становить 28%. Для Європейського Союзу забезпеченість становить 73,4%.

Слід відзначити, що існує розрив забезпеченістю технологією VHCN між селом і містом. У роботі [10], проведеної за результатами Звіту Індексу цифрової економіки та суспільства (DESI) за 2022 рік, вказано, що менше 40% домогосподарств у сільській місцевості обслуговуються мережами дуже високої пропускної спроможності VHCN. Це удвічі менше, ніж у міських районах. Для усунення цього розриву необхідно прискорити розгортання VHCN у сільській місцевості, що заплановано здійснити до 2025 року.

*Оптоволокно до приміщення FTTP
(Fiber To The Premises FTTP coverage)*

Наступною мережевою технологією з індексу DESI, є технологія “оптоволокно до приміщення FTTP” (Fiber To The Premises). FTTP – це сучасна технологія, що дає можливість забезпечити високошвидкісний доступ до Інтернету [11]. Вона передбачає доведення оптичного волокна від центральної точки безпосередньо до окремих будівель різного призначення, таких як підприємства, одно- та багатоквартирні будинки та інші. За даними DESI 2023 забезпеченість цією технологією у 22 країн Європи лежить в діапазоні від 50% до 95%, у решти 5-тьох – в діапазоні від 17% до 38%, і в загальному в Євросоюзі – 56%.

Слід відзначити, що Україна займає достойне місце в Європі по використанню технології FTTP. За даними приведеними за посиланням <https://www.ispreview.co.uk/index.php/2023/04/2023-full-fibre-country-ranking-sees-uk-coverage-accelerate-vs-eu39.html> забезпеченість технологією FTTP в Україні становить 67%.

Мобільний широкосмуговий зв'язок (Mobile broadband Take-up)

Практично всі країни Євросоюзу мають високу забезпеченість мобільним широкосмуговим зв'язком, яка лежить в діапазоні 80% – 96%. Тільки дві країни, Греція і Болгарія, мають меншу забезпеченість – 76% та 73%, відповідно.

Технологія 5G

5G – це відносно нове покоління безпроводних мобільних широкосмугових технологій, що може забезпечувати потрібну якість сервісу для різних типів трафіку, в тому числі, високу швидкість, малу затримку та високу надійність. Основне призначення 5G – переведення галузей, які зараз використовують провідну інфраструктуру, на безпроводну. Перехід на мережі п'ятого покоління дає можливість простіше та швидше впроваджувати смарт технології в розумні міста, транспортну сферу, медицину, промисловість та сільське господарство [11].

На сьогодні технологія 5G впевнено завоювала ринок Європи. Забезпеченість технологією 5G для

покриття, яка базується на низькому та середньому частотних діапазонах, у 16-ти країнах та в цілому по Євросоюзу лежить в межах 80–100%, у 5-ти країнах вона менше 50%. Мінімальне значення забезпеченості 20% має одна країна – Швеція, проте та ж Швеція має забезпеченість 84% технологією 5G Spectrum, орієнтованою на так звані “піонерські діапазони”. За даними розміщеними на медіа-платформі 5gobservatory.eu за посиланням <https://gsacom.com/5g-spectrum-bands> у Європі, як піонерський діапазон 5G був визначений діапазон 26 ГГц. Його застосування дозволяє забезпечити значно вищі швидкості і кращі часові показники для застосувань реального часу.

Високі показники мережевих показників 5G Spectrum, а особливо, надзвичайно малий час відклику, є основою для прориву в критичних до часу сферах промисловості, автономного транспорту, телемедицини. Як ілюструють дані DESI 2023 Європа достатньо добре забезпечена цим сучасним видом технології 5G. Виняток становить Польща, яка взагалі не має високошвидкісного 5G в “піонерських діапазонах”, хоча її забезпеченість технологією 5G для покриття становить 62%.

Оператори мобільного зв'язку України позиціонують впровадження 5G як стратегічний етап технологічного розвитку. Національна комісія НКЕК, що здійснює регулювання у сфері електронних комунікацій, розглянувши запит компанії Kyivstar стосовно випробування радіотехнології стандарту 5G, надала їй дозвіл на тестування базових станцій радіотехнології 5G. Тестування проводились в лютому 2024 року. За результатами успішного короткострокового випробування Kyivstar підтвердив готовність ядра основної пакетної мережі «Київстар» до майбутнього швидкого розгортання мережі 5G з архітектурою NSA (Non Stand Alone) для пілотної або комерційної експлуатації. Комісія дозволила тимчасове використання обладнання технології 5G для проведення випробування та продовжила тестування до середини травня 2024 року.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Підключення України до європейської системи DESI допоможе реалізувати державний потенціал цифрової конкурентоспроможності України. Серед переваг варто відзначити високу забезпеченість України оптоволоконним зв'язком. За даними розміщеними на медіа-платформі ftthcouncil.eu за серпень 2022 року Україна за забезпеченістю технологією FTTP (67%) входила в першу половину країн Європи. Серед викликів відзначимо практичну відсутність технології 5G. Проте, як було показано вище, в Україні інтенсивно проводяться роботи з тестування 5G. Результати тестування дають обнадійливий прогноз на його швидке впровадження.

Дослідження, результати яких наведено у статті, здійснювались в межах програми Єрасмус+

Жан Моне Модуль «Європейська стратегія даних: управління даними для нових можливостей» («European Data Strategy: Data Governance for New Opportunities», 101127839 – Data4EU – ERASMUS-JMO-2023-HEI-TCH-RSCH).

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Bielialov T., Kalina I., Goi V., Kravchenko O., Shyshpanova N., Negoda A. (2023) Global Experience of Digitalization of Economic Processes in the Context of Transformation. *Journal of Law and Sustainable Development*, vol 11(3), e814. DOI: <https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i3.814> (дата звернення: 8.03.2024).
2. Ковальчук А.М., Кочетков В.М. Сучасні тренди цифровізації економіки України. *Бізнес аналітика: моделі, інструменти та технології* : матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 1–3 березня 2023 р.). Київ : НАУ, 2023. С. 437–440.
3. Башлай С., Яремко І. Цифровізація економіки України в умовах Євроінтеграційних процесів. *Економіка та суспільство*. 2023. № 48. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-48> (дата звернення: 8.03.2024).
4. Омеляненко В., Підричєва І., Омеляненко О. Інфраструктурна складова розвитку інтелектуального капіталу локальних спільнот. *Цифрова економіка та економічна безпека*. 2024. № 1 (10). С. 38–45. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.10-7> (дата звернення: 8.03.2024)
5. Тимченко О.В., Гавриш Б.М. Комп'ютерні мережі. Практикум : підручник. Львів : УАД, 2023. 216 с.
6. Kurose James F., Keith W. Ross (2020) Computer networking: a top-down approach. 8th ed. Pearson.
7. Ізонін І.В. An Ensemble Method for the Regression Model Parameter Adjustments: Direct Approach. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки*. 2023. С 35–44.
8. Данильчук О.М., Ковтун В.В., Никитенко О.Д., Нестюк Ю.Ю., Присяжнюк В.В. Моделювання сценаріїв розвитку інфокомунікаційного процесу в бездротовому мережевому кластері. *Вісник ВПІ*. 2021. Вип. 6. С. 100–113.
9. Обельовська К., Дорошенко А., Антонь Т. Створення логічної підмережі для доповненої реальності в освіті на основі мережі 5G. *Scientific Collection «InterConf»*. 2022. № 138. С. 405–410.
10. European Commission. Analysing DESI 2022: deployment of rural Very High-Capacity Networks must accelerate. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/analysing-desi-2022-deployment-rural-very-high-capacity-networks-must-accelerate> (дата звернення: 8.03.2024).
11. Kavitha T., Prabhakar Reddy K., Sravani J. (2021). Performance Investigation of Fiber to the Home (FTTH) Ingress Network Based on GPON with Optisystem. In: Suresh, P., Saravanakumar, U., Hussein Al Salameh, M. (eds). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1163. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-5029-4_9

REFERENCES:

1. Bielialov T., Kalina I., Goi V., Kravchenko O., Shyshpanova N., Negoda A. (2023) Global Experience of Digitalization of Economic Processes in the Context of Transformation. *Journal of Law and Sustainable Development*, vol 11(3), e814. DOI: <https://doi.org/10.55908/sdgs.v11i3.814> (accessed Mart 8, 2024).
2. Kovalchuk A.M., Kochetkov V.M. (2023) Suchasni trendy tsyvrovizatsii ekonomiky Ukrainy [Modern trends of digitization of the economy of Ukraine]. *Biznes analityka: modeli, instrumenty ta tekhnologii* : IV Mizhnarodna naukovo-praktichna konferenciya (Kyiv, Mart 1st-3rd, 2023). Kyiv: NAU. (in Ukrainian)
3. Bashlai S., Yaremko I. (2023) Tsyvrovizatsiia ekonomiky Ukrainy v umovakh Yevrointehratsiinykh protseviv [Digitization of the economy of Ukraine in the context of European integration processes]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and society*. № 48. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-48-48> (data zvernennia: 8.03.2024)
4. Omelianenko V., Pidorycheva I., Omelianenko O. (2024) Infrastrukturna skladova rozvytku intelektualnoho kapitalu lokalnykh spilnot [Infrastructural component of local communities' intellectual capital development]. *Tsyfrova ekonomika ta ekonomichna bezpeka – Digital economy and economic security*. № 1 (10). P. 38–45. DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.10-7> (data zvernennia: 8.03.2024).
5. Tymchenko O.V., Havrysh B.M. (2023) Komp'yuterni merezhi. Praktikum [Computer networks. Practicum] : pidruchnyk. Lviv : UAD. (in Ukrainian)
6. Kurose James F., Keith W. Ross (2020) Computer networking: a top-down approach. 8th ed. Pearson.
7. Izonin I.V. (2023) An Ensemble Method for the Regression Model Parameter Adjustments: Direct Approach. *Matematychnе ta kompiuterne modeliuvan-nia. Seriiа: Tekhnichni nauky – Mathematical and computer modeling. Series: Technical sciences*. P. 35–44.
8. Danylchuk O.M., Kovtun V.V., Nykytenko O.D., Nestiuk Yu.Yu. i Prysiazhniuk V.V. (2021) Modeliuvan-nia stsensariiv rozvytku infokomunikatsiinoho protsesu v bezdrotovomu merezhevomu klasteri [Modeling scenarios of information communication process development in a wireless network cluster]. *Visnyk VPI – VPI Bulletin*, vol. 6, pp. 100–113.
9. Obelovska K., Doroshenko A., Anton T. (2022). Stvorennia lohichnoi pidmerezhi dlia dopovnenoї realnosti v osviti na osnovi merezhi 5G [Creation of a logical subnet for augmented reality in education based on the 5G network]. *Scientific Collection «InterConf»*. № 138, pp. 405–410.
10. European Commission. Analysing DESI 2022: deployment of rural Very High-Capacity Networks must accelerate. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/news/analysing-desi-2022-deployment-rural-very-high-capacity-networks-must-accelerate> (accessed Mart 8, 2024).
11. Kavitha T., Prabhakar Reddy K., Sravani J. (2021). Performance Investigation of Fiber to the Home (FTTH) Ingress Network Based on GPON with Optisystem. In: Suresh, P., Saravanakumar, U., Hussein Al Salameh, M. (eds). *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1163. Springer, Singapore. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-15-5029-4_9