

ВЕБЗАСТОСУНОК ДЛЯ ТЕСТУВАННЯ МОБІЛЬНОЇ МЕРЕЖІ

¹Вінницький національний технічний університет

Розроблено вебзастосунок для тестування мобільних мереж зв'язку, який забезпечує відображення результатів їх перевірки у форматі графіків, діаграм та інтерактивних карт. У роботі здійснено аналіз основних технічних характеристик мобільних мереж, а також інструментів, що можуть бути використані для їх моделювання та візуалізації.

На основі проведеного аналізу визначено вимоги до функціональних можливостей застосунку та обґрунтовано вибір технологій і програмних засобів для його реалізації. Окрему увагу приділено сучасним методам візуалізації даних, організації взаємодії між клієнтською та серверною частинами системи, а також забезпеченню інтерактивності користувацького інтерфейсу.

Розроблений алгоритм тестування мобільної мережі створений для імітування процесу опитування мережі та відображення результатів у комфортному для користувача вигляді. Створений вебзастосунок забезпечує можливість проведення тестування мережі, перегляду результатів у вигляді діаграм, інтерактивних карт та таблиць. Для реалізації програмного продукту використано сучасний технологічний стек: Angular для клієнтської частини та NestJS для серверної, що гарантує не лише досить високу продуктивність але й надійність роботи цієї системи.

Розроблена програма надає інженерам та адміністраторам мереж інструмент для оперативного та точного аналізу стану мережі, виявлення проблемних ділянок і формування стратегій їх усунення, що сприяє підвищенню надійності та доступності телекомунікаційних систем. Систему протестовано в умовах, наближених до реальних, що підтвердило її працездатність та готовність до практичного впровадження. Модуль тестування мобільної мережі забезпечує можливість перевірки параметрів у режимі реального часу.

Ключові слова: мобільна мережа, тестування, вебзастосунок, візуалізація, пропускна здатність.

Вступ

У сучасному світі мобільні телекомунікаційні мережі є основою цифрової інфраструктури, що забезпечує інтернет-з'єднання, передачу голосу та даних, роботу IoT-пристроїв і багатьох інноваційних сервісів. З розвитком технологій 4G/5G зростають вимоги до якості обслуговування та ефективності управління ресурсами.[1], [2]

Актуальною проблемою є створення доступних інструментів для тестування параметрів мобільних мереж та візуалізації результатів у зручній формі. Більшість наявних рішень є або дорогими й складними у використанні, або не забезпечують належної інтерактивності [2], [4].

Створення спеціалізованого вебзастосунку дозволяє реалізувати симуляцію роботи базових станцій, відображення оптичних з'єднань та параметрів мережі у вигляді графіків, таблиць і карт. Такий підхід актуальний як для наукових досліджень, так і для практичного використання у сфері телекомунікацій.

Таким чином, розробка вебзастосунку для тестування мобільної мережі сприятиме підвищенню ефективності моніторингу, аналізу та оптимізації роботи телекомунікаційних систем.

Метою цієї праці є розробка та дослідження вебзастосунку для тестування мобільної мережі. Зокрема, дослідження зосереджене на визначенні основних параметрів роботи базових станцій і оптичних з'єднань, створенні інструментів для їх симуляції та візуалізації, а також на розробці рекомендацій щодо підвищення ефективності моніторингу телекомунікаційних систем.

Ця робота має значення не лише з технічної точки зору, але й у контексті розвитку сучасних мобільних мереж, забезпечення їх надійності, масштабованості та стійкості до зростаючих навантажень у цифрову епоху.

Аналіз наявних рішень та програмних засобів оцінювання мереж мобільного зв'язку

Сучасні мобільні мережі потребують постійного контролю, тестування та вдосконалення. Для цього існує широкий набір програмних рішень, які дають змогу оцінювати якість сигналу, пропускну здатність, затримку, стабільність з'єднання та інші характеристики, що визначають рівень обслуговування користувачів.

Серед найпоширеніших інструментів, які застосовують оператори та інженери для перевірки мереж, варто згадати Zabbix, Nagios та Wireshark [2]—[5]. Ці комплекси забезпечують вимірювання параметрів, збір статистики про покриття, а також оцінку якості передачі голосових та дата-сервісів. Вони гарантують високу точність результатів, проте потребують дорогого обладнання й спеціальної підготовки персоналу.

Для моделювання та відтворення симуляції мобільних систем активно використовуються середовища з відкритим кодом, такі як Cisco Packet Tracer [6]. Вони надають можливість створювати програмні моделі мереж, відтворювати різні сценарії навантаження, досліджувати роботу протоколів і ефективність алгоритмів управління ресурсами. Попри гнучкість, робота з такими симуляторами часто вимагає широких знань у сфері програмування та телекомунікацій.

Окрему категорію становлять рішення для розгортання тестових мереж, зокрема OpenAirInterface та Magma. Ці інструменти надають користувачу можливість створювати власні віртуальні чи фізичні мережі 4G/5G з повним протокольним стеком. Вони широко застосовуються у наукових дослідженнях, хоча процес їх налаштування є досить складним [7], [8].

Інформацію про місце розташування базових станцій користувачі часто отримують за допомогою онлайн-сервісів на кшталт CellMapper. Цей ресурс збирає дані від користувачів і формує карти покриття різних операторів, що може бути корисним для планування та аналізу мереж [9].

Не менш важливими є мобільні застосунки, наприклад NetMonster, за допомогою якого можна отримувати телеметрію про параметри підключення без використання спеціалізованого обладнання. Вони забезпечують швидкий доступ до даних про частоту, ідентифікатор стільника, тип модуляції, рівень сигналу тощо [10].

Водночас більшість наявних рішень не пропонують зручної візуалізації та моделювання прямо у браузері. Відсутні інструменти, за допомогою яких можна було б здійснити симуляцію мережевих процесів, та можливість аналізувати взаємодію між базовими станціями мобільного зв'язку та представляти результати у зручному вигляді в єдиному інтерфейсі. Це формує потребу у створенні нового вебзастосунку, який би поєднував функції симуляції, аналізу та візуалізації в реальному часі.

Розробка вебзастосунку тестування мобільної мережі зв'язку

Алгоритм тестування мобільної мережі є ключовим елементом системи, що відповідає за перевірку якості з'єднання, визначення параметрів зв'язку та оцінку ефективності роботи мережі. Реалізований механізм здійснює симуляцію перевірки основних характеристик, зокрема доступності базових станцій, якості оптичних каналів та пропускну здатності. Оскільки прямого доступу до реального обладнання та каналів зв'язку немає, тестування реалізовано у вигляді візуалізованих запитів до бази даних, яка містить попередньо підготовлені дані. У межах системи створено алгоритм тестування, який базується на використанні цих даних, збережених у базі. Такий підхід дозволяє ефективно моделювати процес опитування елементів мережі та відображати результати у зрозумілому й зручному для користувача форматі. Схема алгоритму показана на рис. 1.

Інтерфейс користувача вебзастосунку реалізований за класичною трисекційною схемою, що складається з Header (верхня панель), Main (центральна частина) та Footer (нижня

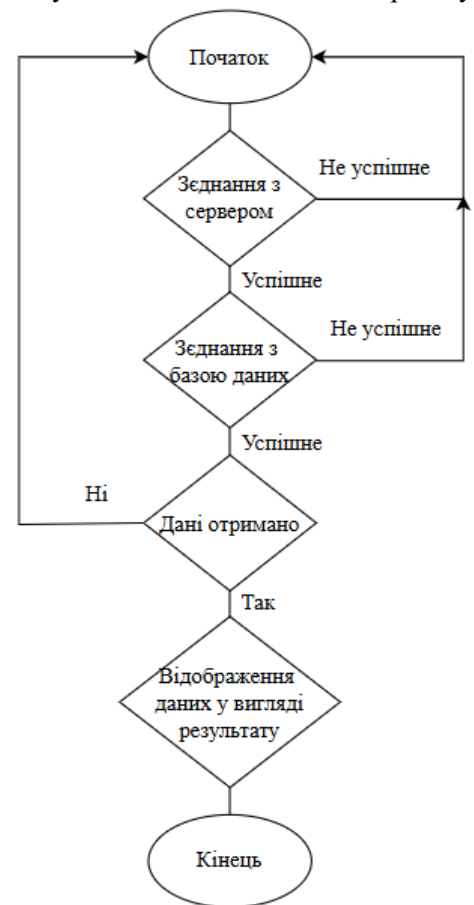


Рис. 1. Алгоритм тестування мережі

панель). Така структура забезпечує впорядковане розміщення контенту, простоту навігації та єдиний стиль відображення сторінки на різних пристроях.

Header розташований у верхній зоні сторінки та виконує роль глобального меню навігації. У ньому передбачено три основні елементи для переходу між ключовими розділами застосунку: «Тестування мережі», «Статистика» та «Карта оптичних з'єднань».

Основна секція (Main) змінюється залежно від вибраного розділу. Тут відображається головна сторінка для проведення тестування, статистичні дані за виконаними перевітками та карта оптичних з'єднань з результатами тестів.

Footer знаходиться в нижній частині сторінки та виконує функцію «підвалу».

Схема структури та приклад відображення результатів тестування показана на рис. 2.

Результат

Результат тестування Базових станцій

Усі оператори		LifeCell		Kyivstar		Vodafone	
Категорія стану	Кількість	Категорія стану	Кількість	Категорія стану	Кількість	Категорія стану	Кількість
Протестовано БС	40	Протестовано БС	14	Протестовано Kyivstar БС	7	Протестовано Vodafone	17
Всього працює	30	Всього працює	11	Всього працює	7	Всього працює	12
Всього тимчасово не працює	0	Всього тимчасово не працює	0	Всього тимчасово не працює	0	Всього тимчасово не працює	0
Всього не працює	10	Всього не працює	3	Всього не працює	2	Всього не працює	5

БС	Покоління	Оператор	Швидкість	IP	Стан
Базова Станція м. Вінниця	5G	Vodafone	300 Мб/с	192.168.0.1	Працює
Базова Станція м. Душак	5G	Vodafone	400 Мб/с	192.168.0.2	Працює
Базова Станція м. Даширі	5G	Kyivstar	300 Мб/с	192.168.0.3	Працює
Базова Станція м. Житомир	4G	Kyivstar	100 Мб/с	192.168.0.5	Працює
Базова Станція м. Ужгород	4G	LifeCell	80 Мб/с	192.168.0.6	Працює
Базова Станція м. Запоріжжя	4G	LifeCell	90 Мб/с	192.168.0.7	Працює
Базова Станція м. Івано-Франківськ	5G	Vodafone	300 Мб/с	192.168.0.8	Працює
Базова Станція м. Київ	5G	Vodafone	400 Мб/с	192.168.0.9	Працює
Базова Станція м. Кропивницький	4G	LifeCell	100 Мб/с	192.168.0.10	Працює
Базова Станція м. Львів	4G	Vodafone	100 Мб/с	192.168.0.12	Працює
Базова Станція м. Миколаїв	5G	LifeCell	300 Мб/с	192.168.0.13	Працює
Базова Станція м. Одеса	4G	Vodafone	100 Мб/с	192.168.0.14	Працює
Базова Станція м. Полтава	5G	LifeCell	350 Мб/с	192.168.0.15	Працює

Рис. 2. Результати досліджень базових станцій

Результати досліджень

Результати проведеного тестування (рис. 2) відображають статистику стану базових станцій трьох мобільних операторів, серед яких такі оператори як: LifeCell, Kyivstar та Vodafone. Результати тестування також включають такі характеристики: назва базової станції, покоління мережі (4G/5G), що застосовується в базовій станції, оператор мобільного зв'язку, IP-адреса, а також стан роботи базових станцій, пропускна здатність, яка розрахована за виразом

$$C = W \cdot \log_2(1 + SNR) N_{sect} \cdot \eta, \quad (1)$$

де W — смуга частот; SNR — відношення сигнал шум; N_{sect} — кількість секторів; η — коефіцієнт ефективності.

На рис. 3 показано результати тестування оптичних волоконних ліній зв'язку що відображають статистику стану оптичних волокон, а також інформацію про напрямок, у якому прокладене оптичне волокно, фізичну довжину оптичного волокна, тип оптичного волокна, довжину хвилі, пропускну здатність, а також значення максимального загасання на регенераційних ділянках.

Розглянемо статистичні дані проведених тестувань, які показані на рис. 4.

На рис. 4 показано кілька елементів інтерфейсу. У верхній частині розташовано дату проведення тестування мережі та кнопки для перемикання між результатами, що знаходяться збоку. Безпосередньо під датою розміщено три основні кнопки: перша відповідає за відображення результатів перевірки базових станцій, друга показує дані тестування оптичних волокон, а третя відкриває таблицю з усіма результатами (рис. 5), натискання на яку дозволяє користувачеві перейти до потрібних даних відповідно до дати проведеного тестування.

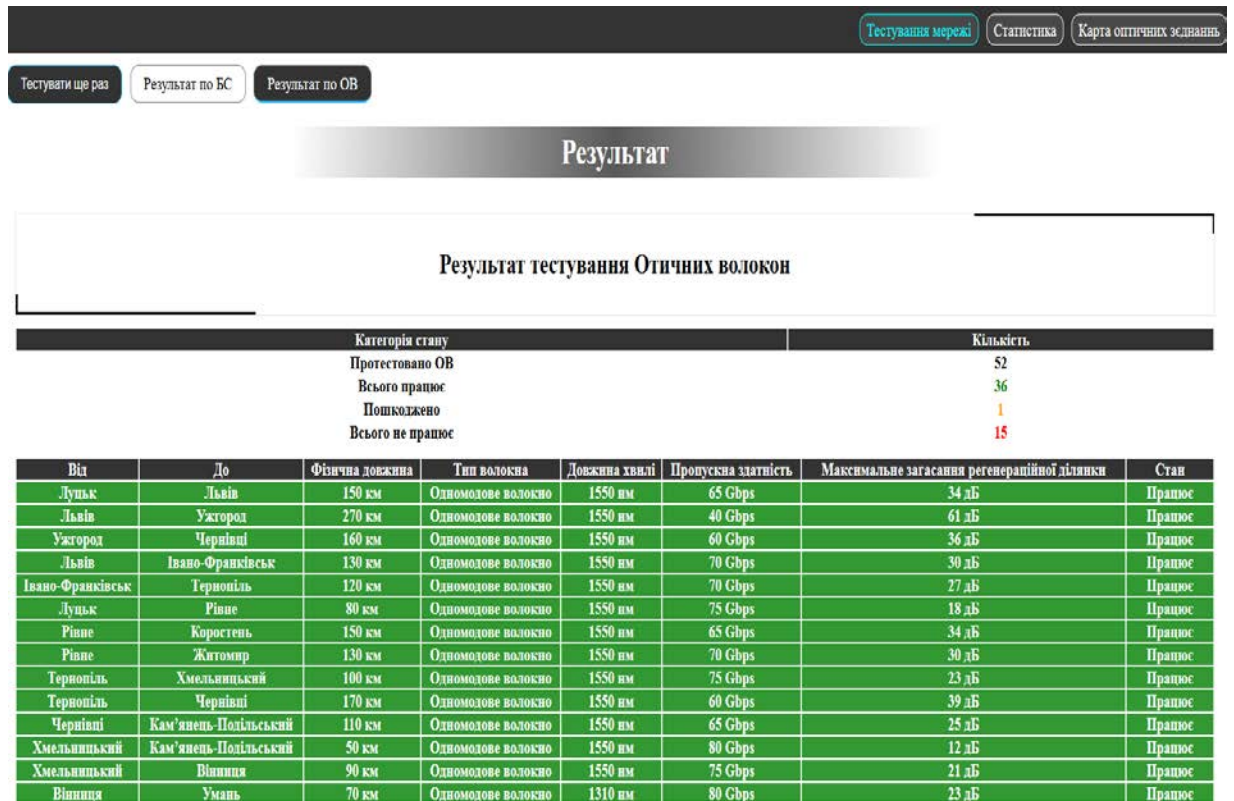


Рис. 3. Результати досліджень оптичних волокон

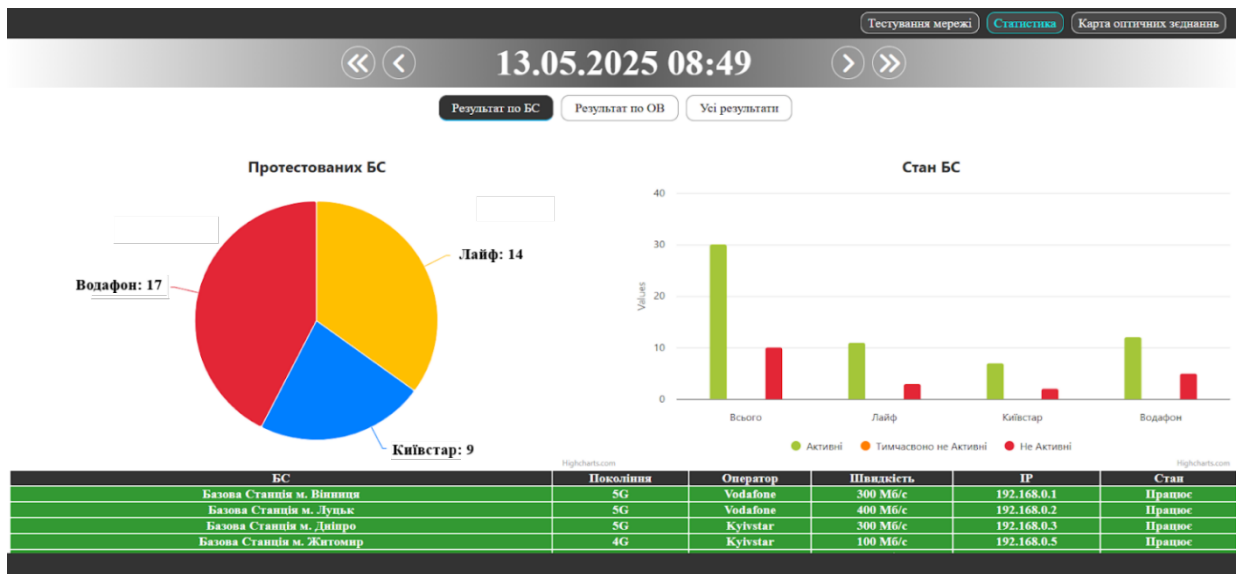


Рис. 4. Результати проведених тестувань



Рис. 5. Результати усіх проведених користувачем тестувань

На рис. 5 під трьома основними кнопками розташовано дві діаграми. Перша демонструє кількість протестованих базових станцій у кожного оператора, а друга відображає їхній стан — скільки

станцій працюють, тимчасово недоступні або повністю недоступні. Нижче під діаграмами подано таблицю, аналогічну тій, яку користувач бачить під час тестування на головній сторінці.

Подібні результати можна отримати й для оптичних волокон, натиснувши кнопку «Результати ОВ». Результати тестування оптичних волокон показано на рис. 6.

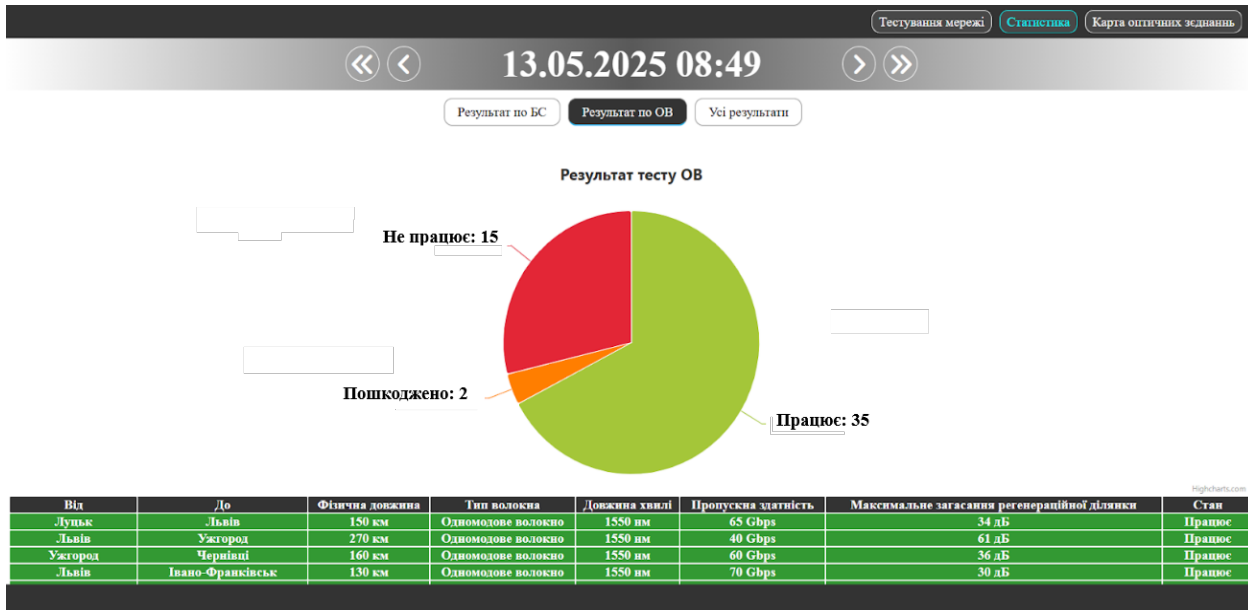


Рис. 6. Результати тестування оптичних волокон

На рис. 6 представлено одну діаграму, яка, на відміну від результатів по базових станціях, відображає кількість оптичних з'єднань у робочому стані, пошкоджених та тих, що не функціонують. Під діаграмою розміщено таблицю, аналогічну тій, яку користувач отримує на головній сторінці після проведення тестування.

Розглянемо вебсторінку з інтерактивною картою мобільної мережі.

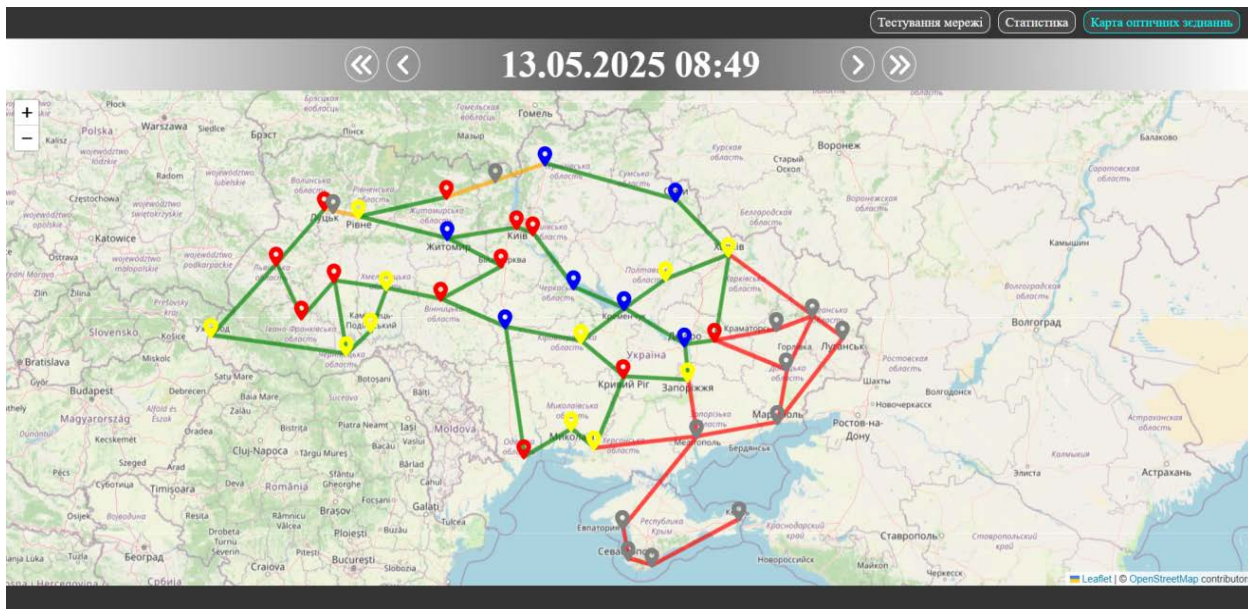


Рис. 7. Вміст сторінки «Карта оптичних волокон»

На рис. 7 показано інтерактивну карту, що відображає розташування базових станцій мобільних операторів та оптичних волоконних ліній. Для візуалізації використано систему кольорових маркерів: червоні позначають базові станції оператора Vodafone, жовті — станції оператора Lifecell, сині — станції оператора Kyivstar. Окрім цього, на карті наведено маркери сірого кольору, які індикують ділянки пошкодження оптоволоконних ліній зв'язку та відображають базові станції, що перебувають у стані відмови або тимчасової недоступності. Такий підхід забезпечує наочне представлення

просторового розташування елементів мережі та їхнього поточного функціонального стану.

На рис. 8 наведено параметри базової станції, серед яких: назва, IP-адреса, географічні координати (широта та довгота), оператор, покоління мережі, пропускна здатність та поточний стан роботи (активна чи неактивна). Окрім маркерів базових станцій, на карті відображено оптичні волоконні лінії, які позначені трьома кольорами: зеленим — для волокон, що функціонують у нормальному режимі; жовтим — для ліній із пошкодженнями; червоним — для тих, що не працюють через обрив. У разі вибору елемента «оптичне з'єднання» користувач отримує доступ до інформаційного вікна з детальними характеристиками, приклад якого подано на рис. 9.

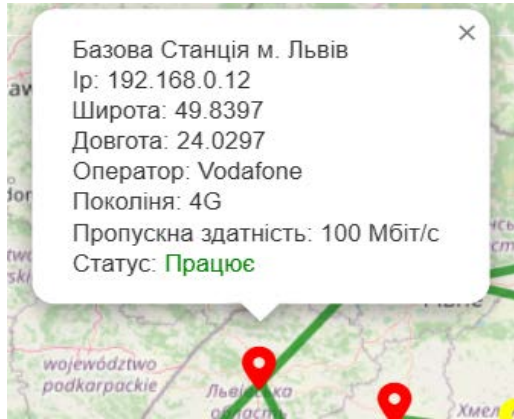


Рис. 8. Інформаційне вікно базової станції

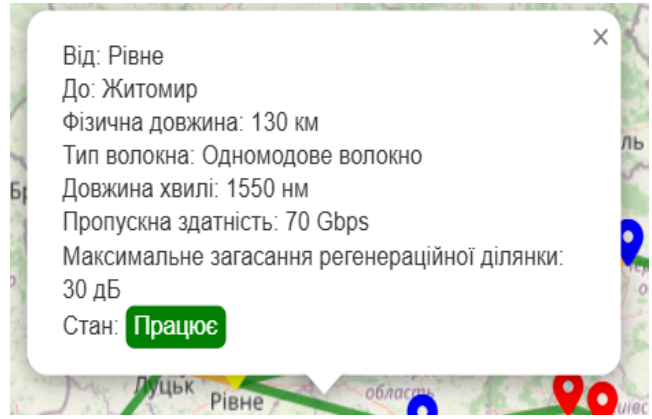


Рис. 9. Інформаційне вікно оптичного з'єднання

На рис. 9 показано інформаційне вікно оптичного з'єднання, у якому відображаються дані щодо маршруту прокладання волокна — від початкового до кінцевого пункту. До того ж, подано технічні характеристики, зокрема фізичну довжину лінії, тип волокна, робочу довжину хвилі, пропускну здатність, значення максимального загасання на регенераційних ділянках та поточний стан волокна. Усі параметри оптичних ліній максимально наближені до реальних умов, а показник максимального загасання регенераційної ділянки визначено відповідно до виразу [11]:

$$A = [aL + (0,1N) + 0,4 \cdot 2], \quad (2)$$

де a — максимальне значення коефіцієнта загасання для певного оптичного кабелю, виражене в дБ/км; L — фізична довжина оптичного кабелю; $0,1$ — нормативне значення загасання у місці зварювання оптичного волокна, дБ; N — кількість зрощувань оптичного волокна на регенераційній ділянці; $0,4$ — величина загасання у роз'ємних з'єднувачах, дБ.

Висновок

У ході дослідження створено та проаналізовано вебзастосунок для тестування мобільних мереж, який поєднує функції симуляції, збору та аналізу даних з можливістю інтерактивної візуалізації. Реалізована клієнт-серверна архітектура забезпечила стабільність роботи системи, а використання сучасних вебтехнологій (Angular, NestJS, MySQL) дало змогу реалізувати зручний інтерфейс та ефективне управління даними. Розроблений застосунок симулює тестування стану роботи базових станцій та оптичних каналів зв'язку, враховуючи ключові параметри, що впливають на якість функціонування мережі. Завдяки цьому застосунок є корисним як у дослідницькій сфері, так і в освітньому процесі. Подальший розвиток проекту передбачає інтеграцію з реальними даними мобільних операторів, впровадження хмарних технологій для забезпечення глобального доступу та використання методів штучного інтелекту для прогнозування й оптимізації роботи мережі. Отже, розроблений застосунок має значний науковий і практичний потенціал у сфері телекомунікацій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Р. С. Одарченко, «Методи тестування та підвищення ефективності стільникових мереж 5G,» *Вісник Національної академії наук України*, № 10, с. 43-49, 2021. Дата звернення: 17.08.2025.
- [2] А. С. Кудряшов, «Штучний інтелект та безпека у мобільних технологіях 5G та 6G,» *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*, № 54, с. 236-240, 2024. Дата звернення: 17.08.2025.
- [3] І. В. Горбатий, і А. П. Бондарев, *Телекомунікаційні системи та мережі. Принципи функціонування, технології та протоколи*, навч. посіб. Львів, Україна: Вид-во Львівської політехніки, 2016. Дата звернення: 17.08.2025.
- [4] К. О. Яковенко, «Переваги та обмеження середовищ емуляції та моделювання комунікаційних мереж,» *Теоретичні*

та практичні дослідження молодих вчених : матеріали XVIII-ої Міжнар. наук.-практ. конф. магістрантів та аспірантів, 19–22 листопада 2024 р. Харків, Україна: НТУ «ХПІ», 2024, с. 181-182.

[5] Wireshark Foundation. Wireshark User's Guide – Network Protocol Analyzer. [Electronic resource]. Available: https://www.wireshark.org/docs/wsug_html_chunked/. Accessed: 17.08.2025.

[6] О. В. Ковальчук, і В. В. Ковальчук, «Аналіз сучасних програмних засобів моделювання комп'ютерних мереж», *Вісник Херсонського національного технічного університету*, № 3 (78), с. 56-63, 2021. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://journals.kntu.kherson.ua/index.php/visnyk_kntu/article/view/594. Дата звернення: 17.08.2025.

[7] Florian Kaltenberger, Aloizio P. Silva, et al., “OpenAirInterface: Democratizing Innovation in the 5G Era,” *Computer Networks, Elsevier*, 2020.

[8] Shaddi Hasan, Amar Padmanabhan, et al., *Building Flexible, Low-Cost Wireless Access Networks with Magma*. Princeton University, 2023.

[9] CellMapper. *Cellular Coverage and Tower Map*. [Electronic resource]. Available: <https://www.cellmapper.net/>. Accessed: 17.08.2025.

[10] NetMonster. Офіційний сайт мобільного додатку. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://netmonster.app/>. Дата звернення: 17.08.2025.

[11] О. В. Онищук, О. С. Городецька, і О. С. Стець, *Напрямні системи електричного та оптичного зв'язку*, лабораторний практикум. Вінниця, Україна: ВНТУ, 2016, 84 с.

Рекомендована кафедрою інфокомунікаційних систем та технологій ВНТУ

Дата надходження: 8.12.2025

Дата прийняття до публікації: 27.03.2026

Дата публікації: 8.04.2026

Кичак Василь Мартинович — д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інфокомунікаційних систем і технологій, e-mail: vmkychak@gmail.com . <https://orcid.org/0000-0001-7013-3261> ;

Дмитрук Максим Юрійович — студент факультету інформаційних електронних систем, e-mail: rordm279@gmail.com .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. M. Kychak¹
M. Yu. Dmytruk¹

Web Application for Mobile Network Testing

¹Vinnitsia National Technical University

Web application for testing mobile communication networks has been developed, it provides the display of test results in the format of graphs, diagrams and interactive maps. The work analyzes main technical characteristics of mobile networks, as well as tools that can be used for their modeling and visualization.

Based on the analysis carried out, the requirements for the application functionality have been determined and the choice of technologies and software for its implementation has been justified. Special attention has been paid to modern methods of data visualization, organization of the interaction between the client and server parts of the system, as well as ensuring the interactivity of the user interface.

The developed algorithm for testing a mobile network enables to simulate the process of polling its elements and display the results in a user-friendly form. The created web application provides the ability to conduct network testing, view results in the form of diagrams, interactive maps and tables. A modern technological stack has been used to implement the software product: Angular for the client part and NestJS for the server, which guarantees high performance and reliability of the system.

The developed program provides engineers and network administrators with a tool for quick and accurate analysis of the network status, identification of the problem areas and formation of strategies for their elimination, which contributes to increasing the reliability and availability of telecommunication systems. The system was tested in conditions close to real ones, which confirmed its operability and readiness for practical implementation. The mobile network testing module provides the possibility to check parameters in real time.

Keywords: mobile network, testing, web application, visualization, bandwidth.

Kychak Vasyl M. — Dr Sc. (Eng.), Professor, Head of the Department of Infocommunication Systems and Technologies, e-mail: vmkychak@gmail.com . <https://orcid.org/0000-0001-7013-3261> ;

Dmytruk Maksym Yu. — Student of the Department of Information Electronic Systems, e-mail: rordm279@gmail.com