

Корзаченко О.В., к.е.н.,
доцент кафедри комп'ютерної математики та інформаційної безпеки,
Чернявський К.І.,
студент 6 курсу спеціальності «Економічна кібернетика»,
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Korzachenko O.V., PhD,
Associate Professor of the Department of Computer Mathematics and
Information Security,
Chernyavskiy K.I.,
6th year student majoring in «Economic Cybernetic»,
SHEI KNEU named after V. Hetman

PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS: РЕВОЛЮЦІЙНІ ЗМІНИ У ВЕБРОЗРОБЦІ

PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS: REVOLUTIONARY CHANGES IN WEB DEVELOPMENT

Анотація. Стаття присвячена дослідженню теоретико-методичних засад та практичних аспектів використання нової технології створення вебдодатків — *Progressive Web Applications (PWA)*, яка була анонсована Google у 2015 році. PWA — це сучасні вебсайти, які наділені характеристиками нативних додатків: можливістю запуску з робочого столу девайсу із доступом до його вбудованих функцій, спроможністю роботи *offline*, наявністю *push*-сповіщень тощо. Визначено особливості архітектури PWA та взаємодії її основних компонентів: *Service Worker*, *Web App Manifest* і *Application Shell*. Також виявлено функціонально-технічні переваги та недоліки прогресивних вебдодатків. З метою визначення перспектив широкого застосування цієї технології як уніфікованої у веб-розробці проведено порівняльний аналіз PWA з нативними додатками, адаптивними сайтами і мобільними додатками, а також із розширеними можливостями, які надаються стратегією *Trusted Web Activities*.

Виявлено, що особливі переваги від використання PWA можуть отримати компанії у сфері *e-commerce* й інформаційного бізнесу. Зручність використання таких додатків, високий рівень UI/UX, їх швидкодія та невибагливість до ресурсів, можливість роботи без підключення до інтернету сприяють розширенню мобільної присутності компаній у вебпросторі, зростанню конверсії та збільшенню доходів, які надходять з інтернет-каналів. Важливою перевагою є невисока вартість розробки та супроводу PWA у порівнянні з їх нативними аналогами, що пояснюється кросплатформенністю готового продукту.

Ключові слова: веброзробка, кросплатформенна розробка, прогресивний вебдодаток, PWA, нативний додаток, адаптивний сайт, вебсайт мобільний вебдодаток, *Trusted Web Activities*, TWA, *Service Worker*, *Web App Manifest*, *Application Shell*, *offline*, *push*-сповіщення, інтерфейс користувача, користувацький досвід.

Abstract. The article is devoted to the exploration of theoretical and methodological principles and practical aspects of using a new technology for creating web applications — *Progressive Web Applications (PWA)*, which was

announced by Google in 2015. PWA is a modern website, which is endowed with the characteristics of native applications: the ability to run from the desktop a device with access to its built-in functions, the ability to work offline, the presence of push notifications and more. The peculiarities of PWA architecture and interaction of its main components are determined: Service Worker, Web App Manifest and Application Shell. Functional and technical advantages and disadvantages of progressive web applications are also revealed. In order to determine the prospects for widespread use of this technology as unified in web development, a comparative analysis of PWA with native applications, adaptive sites and mobile applications, as well as with the advanced features provided by the strategy Trusted Web Activities.

It was found that special benefits from the use of PWA can benefit companies in the field of e-commerce and information business. Ease of use of such applications, high level of UI/UX, their speed and unpretentiousness to resources, the ability to work without an Internet connection contribute to the expansion of mobile presence of companies in the web space, increase conversions and increase revenue from Internet channels. An important advantage is the low cost of development and maintenance of PWA compared to their native counterparts, due to the cross-platform nature of the finished product.

Keywords: web development, cross-platform development, Progressive Web Application, PWA, Native application, Adaptive web site, web site, Mobile application, Trusted Web Activities, TWA, Service Worker, Web App Manifest, Application Shell, offline, push-notification, User Interface, User Experience.

Постановка проблеми. Стрімка діджиталізація економічних процесів значно впливає на функціонування підприємств, держави та суспільства. У таких умовах з метою отримання конкурентних переваг і домінуючих позицій на ринку компанії зацікавлені в пошуку нових каналів взаємодії зі своїми клієнтами у вебпросторі. У зв'язку з цим особливої актуальності набувають питання створення сайтів і мобільних додатків, а також дослідження сучасних технологій веброзробки.

З кожним роком кількість користувачів інтернету стрімко зростає, так динаміка проникнення глобальної мережі в Україні збільшилася з 14 % у 2010 р. до 71 % у 2019 р. Станом на вересень 2019 р. кількість регулярних користувачів інтернету склала 22,96 млн, з яких для доступу 66 % використовують мобільні пристрої, а 14 % планшети [2]. Відповідно зростає і кількість завантаження мобільних (нативних) додатків і часу їх використання. Проте, незважаючи на таку тенденцію, виявилось, що значна кількість користувачів не завантажує жодного додатку за місяць (у США це 51 % у 2017 р. і 67 % у 2019 р.) [13].

Використання адаптивних мобільних сайтів і нативних додатків для доступу до вебресурсів накладають певні обмеження, як на їх користувачів, так і на розробників. Так додатки потребують завантаження файлів на смартфон користувача, стійкого підключення

чення до інтернету та передбачають дотримання вимог кросплатформенності для розробників. Вебсайти не можуть запропонувати користувачам ту взаємодію з ними (User Experience, UX), яка притаманна нативним додаткам (наприклад, робота без підключення до інтернету, запуск у фоновому режимі, push-сповіщення тощо). У відповідь на ці обмеження у 2015 р. розробники Google Web Fundamentals запропонували нову технологію — прогресивні вебдодатки (Progressive Web Apps, PWA), які поєднали у собі найкращі властивості сайтів і мобільних додатків. PWA стало логічним продовженням розробки Google — AMP (Accelerated Mobile Pages), задачею якої є оптимізація та прискорення завантаження сторінок. У той час як AMP фокусується на швидкості, PWA забезпечує високу динамічність і розширює можливості платформ [1, 6, 9].

Незважаючи на зростаючу зацікавленість технологією PWA серед розробників та ІТ-спеціалістів, відсутність науково-обґрунтованих досліджень стримує широке використання компаніями ІТ-продуктів, розроблених за цією технологією.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню PWA присвячені праці здебільшого закордонних учених: Bjørn-Hansen A., Grønli T.-M., Majchrzak T.A., Hume D.A., Tandel S.S., Jamadar A., Pesado P., Arroyo M., Delia L., Arai K., Kapoor S., Bhatia R. та інших. Незважаючи на значну зацікавленість науковців і дослідників сутністю, особливостями та перевагами розробки PWA, відсутність комплексного підходу до визначених питань стримує широке розповсюдження технології.

Метою статті є дослідження теоретико-методичних засад створення прогресивних веб-додатків, порівняння PWA з нативними додатками й адаптивними сайтами, а також визначення доцільності використання PWA як уніфікованої технології кросплатформної розробки.

Виклад основного матеріалу дослідження. PWA — це мобільні веб-програми, які поєднують у собі характеристики адаптивних вебсайтів і нативних додатків, що забезпечується можливостями API (Application Programming Interface) та новими вебтехнологіями:

1. *Application Shell* — оболонка програми, розроблена з використанням HTML, CSS та JavaScript, що реалізує інтерфейс користувача (User Interface, UI).

2. *Web App Manifest* — файл JSON, в якому вказуються такі метадані програми, як ім'я, колір, піктограма тощо. Маніфест використовують для зміни поведінки та стилю PWA.

3. *Service Worker* — скрипт, який працює у фоновому режимі та дозволяє реалізовувати функції, для яких не потрібні безпосередня взаємодія з користувачем або DOM-деревом [7]. Він використовується для обробки таких задач, як фонові синхронізація, кешування даних, створення оболонки додатків, а також перехоплення мережевих запитів.

Service Worker реєструється під час першого відвідування сторінки користувача, перехоплює вхідні та вихідні http-запити та надає повний контроль над вебсайтом (рис. 1).



Рис. 1. Схема роботи *Service Worker*

Коли користувач відвідує сайт уперше, *Service Worker* починає завантажувати та встановлювати себе. У цей час відбувається кешування всіх ресурсів UI оболонки, запит до яких у подальшому більше не вимагатиме переходу на сервер (рис. 2). При переході між різними сторінками, користувачі не будуть відчувати застримку при їх завантаженні [7].



Рис. 2. Спрощена схема взаємодії *Service Worker* із сервером і кешем

Саме така архітектура PWA долає обмеження адаптивних сайтів і надає користувачам відчуття використання нативного додатку.

За рекомендаціями Google, PWA повинно задовольняти такі вимоги: (1) працювати в автономному режимі; (2) відповідати на запити менше ніж за 5 с.; (3) забезпечити взаємодію з користувачем, подібну до нативного додатку; (4) використовувати адаптивний дизайн; (5) використовувати протокол https [14].

Взагалі PWA наділені певними характеристиками, які обумовлюють їх переваги [12]: адаптивність; прогресивність; незалеж-

ність від підключення до інтернету; імітація зовнішнього виду та функціоналу нативних додатків; можливість збереження на головному екрані смартфона без завантаження з App Store; індексованість пошуковими системами; безпечність через використання протоколу https; актуальність інформації та постійне оновлення.

Разом з орієнтацією прогресивних вебдодатків на мобільні пристрої, їх можна встановлювати й на комп'ютерах. Технологія PWA повністю уніфікує процес розробки додатків незалежно від типу пристрою, це виділяє її серед інших та ставить на перше місце. Однак оскільки PWA встановлюються через веббраузер, їх доступність обмежена підтримкою цього браузера. Наприклад, Safari не підтримує всі API, які необхідні для запуску PWA [5].

Незважаючи на численні переваги, прогресивні вебдодатки мають певні технологічні недоліки, пов'язані із специфікою надання їм доступу до нативних функцій мобільних пристроїв (User Permission). Для цього користувачу виводяться відповідні повідомлення — notifications (дозвіл на доступ до камери, мікрофону тощо), які, як показує практика, часто відхиляються, що спричиняє некоректну роботу PWA. Після заборони доступу вебдодатку до функцій девайсу, користувачам повторно важко знайти відповідні налаштування у веббраузері. Але цей недолік можна успішно подолати, використовуючи виважену політику показу notifications.

З метою інтеграції PWA з уже існуючими додатками Google розробили стратегію TWA (Trusted Web Activities), яка дозволяє клієнту при доступі за посиланням до PWA з мобільного пристрою автоматично відкривати замість веббраузера відповідний мобільний додаток, якщо такий встановлено. Переваги TWA полягають у тому, що забезпечується наявність віджету домашнього екрану, прямий доступ до програм та інтеграція з операційною системою. Такі додатки автоматично перевстановлюються після повного скидання або відновлення резервної копії даних, а також мають кращу підтримку інтернаціоналізації [9].

Використання стратегії TWA частково компенсує один недолік PWA — відсутність можливості розробникам продавати прогресивні вебдодатки через App або Play Store.

Основним недоліком є те, що TWA працює лише з версією Android 4.4 KitKat. Деякі компанії вже публікували PWA в магазині Google Play, наприклад, YouTube Go, Maps Go, Twitter Lite та інші.

Для ґрунтовного дослідження особливостей вебсайтів, мобільних вебдодатків, нативних додатків, PWA і TWA необхідно провести їх порівняльних аналіз (табл. 1).

Таблиця 1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВЕБРОЗРОБКИ

Технологічна особливість	Native App	Mobile Web App / Page	PWA	PWA + TWA
Необхідність встановлення	Так	Ні	Не обов'язково	
Встановлення	Через App або Play Store	Не потрібне	Через веббраузер	Через Play Store
Оновлення		Оновлення миттєві		
Необхідність оновлень	Так	Ні		
Запуск	Через панель запуску програм	Через веббраузер	Через панель запуску програм	
Розмір	Переважно важкі за розміром	Малі та швидкі		
Платформи	Окремий додаток під кожен платформу	Всі	Всі (iOS має певні обмеження)	Android
Offline доступ	Є	Немає	Потрібно використати програму хоча б один раз в інтернеті, тоді з'явиться доступ до кешованого вмісту в автономному режимі	
UX	Відмінний, якщо програма добре розроблена	Немає нативних функцій	Відмінний	
Push-сповіщення	Так	Ні (можна використати сторонні сервіси)	Так	Так (для Android)
Sharing	Ні	Так		
Доступ до спеціальних функцій пристрою	Повний	Високий		
Індексація пошуковими системами	Погана, індексуються посилання на App або Play Store	Добра, потрібно оптимізувати програмний код для SEO		
Вартість розробки	Висока	Низька	Середня	

Як видно з табл. 1, всі основні технології мобільної веброзробки мають спільні та відмінні риси, кожна з яких може мати вирішальне значення при виборі. Очевидно, що PWA знаходиться у більш вигіршому положенні на відміну від нативних додатків або мобільних сайтів.

Вважаємо, що, перш за все, вибір між прогресивними вебдодатками та нативними має здійснюватися не тільки на основі аналізу технічних характеристик, а й економічних: співвідношення вартості розробки продукту до його функціональних особливостей, швидкість виводу на ринок.

Створення прогресивного вебдодатку у порівнянні з нативним обходиться компаніям у середньому в 3-4 рази дешевше, у деяких випадках у 10-15 разів. Це пояснюється необхідністю розробки окремих додатків не тільки під різні платформи, а й версії операційних систем. Так вартість нативного додатку для App або Play Store починається від 10 тис. дол. США [15].

Однак інвестиції у мобільну присутність компанії на цьому не закінчуються. Після того, як додаток виходить на ринок для його стабільної роботи необхідно забезпечити постійне технічне обслуговування. Практика показує, що для підтримки нативних додатків на рік знадобиться близько 20 % початкових інвестицій: це і додаткові витрати на сервери, й оплата праці різнопрофільних програмістів. Також слід врахувати те, що крім підтримки додатків додатково необхідно розвивати та супроводжувати вебсайт.

З іншого боку, згідно різних статистичних даних і досліджень, PWA вимагають на 33 % менше витрат на технічне обслуговування в порівнянні з їх нативними аналогами [15]. Замість сукупності додатків і сайту, компанія витрачає кошти на підтримку лише одного вебдодатку.

За даними міжнародного дослідження у 2020 р. 24 % е-commerce B2C компаній планують інвестувати у прогресивні вебдодатки, а 11 % вже успішно ними користуються. 29 % респондентів не визначилося, а 22 % — не планують інвестувати у PWA, 14 % — не знайомі з такою технологією [10].

Як пріоритетну частину діджитал стратегії розробку та впровадження PWA визначило багато брендів, відомих на весь світ, серед яких Google, Instagram, BMW, Forbes, Pinterest, Twitter, The Washington Post, Airfrance, Alibaba, Toyota, Coca-Cola, Starbucks, Lancôme та інші. Результати цієї стратегії приголомшують, так у 2020 р. було досягнуто таких результатів: (1) Starbucks — розмір PWA становить 0,4 % розміру нативного додатку та кожного дня подвоюється кількість клієнтів; (2) The Washington Post — збільшилася кількість мобільних користувачів на 23 % та зросла продуктивність на 88 % у порівнянні з традиційним вебсайтом; (3) Alibaba — конверсії у браузері зросли на 76 %, у чотири рази збільшився коефіцієнт взаємодії від «add to home screen» [11].

Особливо вражають результати від використання PWA для бізнесу, якщо проаналізувати досвід компаній у цій сфері детальніше. Так, наприклад Lancôme відновила свою мобільну вебприсутність і збільшила кількість конверсій на 17 %. Незважаючи на зростання кількості відвідувань вебсайту, коефіцієнт конверсії для мобільних пристроїв не збігався з показником для настільних ПК і складав 15 % проти 38 %. Така розбіжність показала, що клієнти відчують певні незручності при оформленні замовлень через мобільний телефон. Оскільки мобільний вебпростір став основною сферою уваги Lancôme, компанія прагнула забезпечити якісний UX для своїх клієнтів.

Спочатку Lancôme планували створення нативного додатку для e-commerce, але очевидно, що він буде актуальним тільки для клієнтів, які регулярно відвідують сайт. Але аналіз показав, що більшість покупців повторно повертаються на сайт не частіше ніж раз на тиждень. Основною метою стало отримання IT-продукту із зручними інтерфейсом та функціоналом схожим до нативного додатку, який б швидко завантажувався та був доступним кожному через мобільний інтернет, вибір пав на PWA. Результати такого рішення були вражаючими: (1) зменшення часу завантаження сторінок на 84 %; (2) збільшення конверсії на 17 %; (3) зменшення рівня відмов на 15 %; (4) збільшення мобільних сеансів на 51 %; (5) збільшення мобільних сесій на iOS на 53 %; (6) зменшення рівня відмов на iOS на 10 %; (7) 8 % споживачів, які натискають на push-сповіщення, роблять покупки; (8) завдяки push-сповіщенням зменшилася кількість «покинутих кошиків» на 12 % [8].

Висновки. Прогресивні вебдодатки виникли ще у 2015 році, у відповідь на неспроможність вебсайтів працювати без інтернет з'єднання, що не могло повністю задовольняти вимоги бізнесу. З того часу постійно ведеться робота над розвитком цієї технології та поступово усувають всі її недоліки, максимально приближуючи PWA до найкращих рис нативних додатків. Уже зараз можна впевнено стверджувати, що PWA поступово витісняє своїх конкурентів і може розраховувати на місце уніфікованої технології веброзробки. Особливо це стосується створення IT-продуктів у сфері e-commerce та інформаційного бізнесу.

Очевидно, що для звичайних користувачів і бізнесу немає особливої різниці, яка технологія використовуються для розробки додатку або сайту. Проте, швидка безперебійна робота PWA, можливість оформлювати покупки з мобільного телефону навіть без підключення до інтернету, а також порівняно легка розробка та її прийнятна вартість робить прогресивні додатки безспірним

фаворитом. Особливо цінні PWA для молодих компаній, яким дуже важливий час виходу на ринок.

Що стосується програмної індустрії загалом, то прогресивні вебдодатки не можуть замінити всі інші типи додатків і повною мірою конкурувати на ринку IT-продуктів, оскільки PWA не мають достатньої кількості готових рішень для реалізації всіх задач, які вже успішно працюють у світі нативних додатків (мобільні ігри, особисті помічники, фітнес додатки, месенджери тощо). Та й монополізація ринку одним стеком технологій (HTML, CSS, JavaScript) неминуче призведе до призупинення їх розвитку.

Бібліографічні посилання

1. Мурзакова А.А., Мурзакова Е.А., Желудкова О.В., Акімова М.М. Безопасность PWA-приложений на примере реализации сервиса S2W. Математическое и информационное моделирование. Сборник научных трудов. Тюмень, 2017. С. 262–272.

2. Проникнення інтернету в Україні. 2019. URL: https://inau.ua/sites/default/files/file/1910/dani_ustanovchych_doslidzhen_iii_kvartal_2019_roku.pdf.

3. Add a web app manifest. 2020. URL: <https://developers.google.com/web/fundamentals/web-app-manifest/>.

4. Bjørn-Hansen A., Grønli T.-M., Majchrzak T.A. Progressive Web Apps: the Definite Approach to Cross-Platform Development. Proceedings of the 51st Hawaii International Conference on System Sciences. 2018. P. 5735 — 5744.

5. Bjørn-Hansen A., Majchrzak T.A., Grønli T.-M. Progressive web apps for the unified development of mobile applications. WEBIST 2017. LNBIP. 2018. Vol. 322. P. 64 — 86. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-93527-0_4.

6. Delia L., Arai K., Kapoor S., Bhatia R. Development approaches for mobile applications: comparative analysis of features. SAI 2018. AISC. Springer, Cham, 2019. Vol. 857. P. 470 — 484. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-01177-2_34.

7. Hume D.A. Progressive Web Apps. Manning Publications Co, 2018. 200 p.

8. Lancôme rebuilds their mobile website as a PWA, increases conversions 17 %. URL: <https://developers.google.com/web/showcase/2017/lancome>.

9. Pesado P., Arroyo M. PWA and TWA: Recent Development Trends. Computer Science — CACIC 2019. Springer Nature Switzerland AG, 2020. P. 205–214.

10. Share of e-commerce companies worldwide that are planning to invest in progressive web apps (PWA) in 2020. URL: <https://www.statista.com/statistics/1174534/investing-pwa-ecommerce-companies-worldwide/>.

11.State of Progressive Web Apps (PWAs) Q1 2020 <https://www.lumavate.com/wp-content/uploads/2020/02/The-State-of-Progressive-Web-Apps-Q1-2020.pdf>.

12.Tandel S.S., Jamadar A. Impact of Progressive Web Apps on Web App Development. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (A High Impact Factor, Monthly, Peer Reviewed Journal). 2018. Vol. 7. Issue 9. P. 9439 — 9444.

13.The State of Mobile: Insights into Emerging Behaviours on Mobile Devices. 2019. URL: <https://www.comscore.com/Insights/Presentations-and-Whitepapers/2019/Global-State-of-Mobile>.

14.What makes a good Progressive Web App? 2020. URL: <https://developers.google.com/web/progressive-web-apps/checklist>.

15.7 Awesome PWA Statistics That You Should Know in 2020. URL: <https://www.beezer.com/blog/important-pwa-statistics/>.

Статтю подано до редакції 11.10.2020

УДК: 330.369

DOI 10.33111/mise.99.9

Мамонова Г.В., к. фіз-мат н., доцент
доцент кафедри комп'ютерної математики
та інформаційної безпеки
ДВНЗ «КНЕУ імені Вадима Гетьмана»

Позднякова Л.О., к.е.н., доцент,
фінансовий директор ТОВ «ЕРИДАН»

Mamonova G.V., Candidate of Physical and
Mathematical Sciences, Associate Professor
Associate Professor of Computer
Mathematics and information security
SHEI KNEU named after V. Hetman

Pozdnyakova L.O., Candidate of Economic Sciences,
Associate Professor,
CFO of ERIDAN LLC

МОДЕЛЮВАННЯ ЗАГРОЗ ПРОЦЕСУ ЄВРОПЕЇЗАЦІЇ ПЕНСІЙНОЇ СИСТЕМИ УКРАЇНИ

SIMULATION OF THREATS OF THE EUROPEANIZATION PROCESS PENSION SYSTEM OF UKRAINE

Анотація. В роботі виокремлено основні етапи реформування пенсійної системи України та здійснено аналіз основних показників. Проаналізовано показники доходів і видатків Пенсійного Фонду України по кожному із виокремлених етапів та надано оцінку збалансованості його бюджету. Аналіз динаміки розвитку національної пенсійної системи дозволив виокремити основні загрози щодо процесу її реформування та європеїзації.