

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2025-61-19>

УДК 004.4:005.8

Ліщина Наталія Миколаївна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-5200-536X>

Суринович Олена Миколаївна, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-9300-0039>

Корень Віталій Володимирович, асистент

<https://orcid.org/0009-0001-3732-1639>

Ліщина Валерій Олександрович, к.т.н., доцент

<https://orcid.org/0000-0002-2371-3850>

Луцький національний технічний університет, м. Луцьк, Україна

АНАЛІЗ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ЗАРЯДНИМИ СТАНЦІЯМИ ЕЛЕКТРОМОБІЛІВ

Ліщина Н. М., Суринович О. М., Корень В. В., Ліщина В. О. Аналіз та управління ризиками при розробці програмного комплексу для керування зарядними станціями електромобілів. Стаття присвячена дослідженню ризиків, що виникають у процесі розробки високодоступного та відмовостійкого програмного комплексу для управління зарядними станціями електромобілів. Актуальність дослідження зумовлена швидким зростанням кількості електротранспорту та необхідністю створення надійних інформаційно-керуючих систем, здатних забезпечити безперебійну роботу зарядної інфраструктури в реальному часі. У статті здійснено ідентифікацію основних ризиків, що супроводжують процес розробки програмного забезпечення такого типу, зокрема технічних, організаційних та зовнішніх. Проведено їх якісний і кількісний аналіз із використанням методики оцінювання ризику за показниками ймовірності виникнення та тяжкості наслідків. Для візуалізації отриманих результатів побудовано матрицю та теплову карту ризиків, що дозволяє визначити найкритичніші фактори, які потребують першочергового реагування. Запропоновано комплекс заходів щодо мінімізації ризиків, який включає впровадження процедур архітектурного аудиту, CI/CD-практик, політики резервного копіювання, застосування стандартів OWASP Top-10 та використання гнучких методологій управління проектами. Особливу увагу приділено технічним ризикам, пов'язаним з архітектурою ASP.NET, роботою бази даних SQL Server та мобільним клієнтом на .NET MAUI. Отримані результати мають практичне значення для компаній, які займаються розробкою інформаційних систем у сфері електромобільної інфраструктури, та можуть бути використані для вдосконалення підходів до управління ризиками у галузі інженерії програмного забезпечення.

Ключові слова: електромобілі, управління ризиками, програмний комплекс, ASP.NET, SQL Server, .NET MAUI, відмовостійкість.

Lishchyna N., Surynovych O., Koren V., Lishchyna V. Risk Analysis and Management in the Development of a Software System for Electric Vehicle Charging Station Control. The article is devoted to the study of risks arising in the process of developing a highly available and fault-tolerant software system for managing electric vehicle charging stations. The relevance of the research is driven by the rapid growth of electric transport and the need to create reliable information and control systems capable of ensuring the uninterrupted operation of charging infrastructure in real time. The paper identifies the main risks accompanying the software development process of this type, including technical, organizational, and external factors. A qualitative and quantitative analysis of these risks has been carried out using a risk assessment methodology based on the probability of occurrence and severity of consequences. To visualize the obtained results, a risk matrix and a heat map were constructed, allowing the identification of the most critical factors that require priority response. A set of measures to minimize risks has been proposed, including the implementation of architectural audit procedures, CI/CD practices, backup and recovery policies, adherence to OWASP Top-10 security standards, and the use of agile project management methodologies. Particular attention is paid to technical risks associated with the ASP.NET architecture, SQL Server database performance, and the development of a mobile client using .NET MAUI. The obtained results have practical significance for companies engaged in the development of information systems in the field of electric vehicle infrastructure and can be used to improve risk management approaches in software engineering.

Keywords: electric vehicles, risk management, software complex, ASP.NET, SQL Server, .NET MAUI, fault tolerance.

Постановка наукової проблеми. Зростання популярності електромобілів активізує розвиток інфраструктури зарядних станцій. Це в свою чергу зумовлює потребу створення надійних інформаційних систем для їх управління. Такі системи достатньо складні, вони базуються на інтеграції апаратних і програмних компонентів, що призводить до ряду ризиків на всіх етапах життєвого циклу розробки – від проектування до впровадження.

Наявність технічних, організаційних і зовнішніх ризиків може суттєво вплинути на якість, терміни та бюджет проекту. Саме тому питання ідентифікації, аналізу та мінімізації ризиків під час створення програмного забезпечення для керування зарядними станціями електромобілів потребує системного підходу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблематика управління ризиками у проєктах розробки програмного забезпечення активно розглядається в сучасних дослідженнях [1, 3, 5].

ISO 31000:2018 визначає загальні принципи та процес управління ризиками, який може бути застосований до будь-якої компанії незалежно від галузі чи розміру. Стандарт наголошує, що управління ризиками – це не лише окрема функція, а невід'ємна частина корпоративного управління, стратегічного планування і прийняття рішень.

PMBOK (Project Management Body of Knowledge) визначає стандарт управління проєктами і включає опис 12 принципів управління та 8 сфер результативності, серед яких – управління ризиками. На відміну від попередніх редакцій, сьома версія робить акцент не на процесах, а на принципах і результатах.

SWEBOK (Software Engineering Body of Knowledge) систематизує знання з інженерії програмного забезпечення у 15 областях, одна з яких – Software Engineering Management, яка визначає управління ризиками як ключову компетенцію менеджера програмного проєкту.

Окремі дослідження проведені з впровадження ризик-менеджменту в IT-проєкти з використанням архітектурних фреймворків. Зокрема, розглянуто методи проєктування програмних архітектур і відображено, як архітектурні рішення впливають на якісні атрибути систем: відмовостійкість, масштабованість та модифікованість у монографії «Software Architecture in Practice» (автори Paul Clements, Len Bass, Rick Kazman) [2].

В роботі «Predictive Analytics for Project Risk Management Using Machine Learning» (Bauskar S. R. та ін.) досліджено застосування машинного навчання для прогнозування ризиків проєктів, зокрема в IT-сфері та запропоновано модель з оцінкою точності та повноти.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Попри значну кількість теоретичних і практичних досліджень у сфері ризик-менеджменту, залишається недостатньо вивченим питання комплексного аналізу ризиків у контексті високодоступних систем для керування електромобільними зарядними станціями. Особливо це стосується інтегрованих рішень, що використовують ASP.NET, SQL Server та .NET MAUI для реалізації серверної, клієнтської та мобільної частин.

Недостатньо дослідженими залишаються питання впливу компетентності команди розробників на технічні ризики системи, взаємозалежності між ризиками продуктивності, безпеки та архітектурної сумісності, створення адаптивної моделі управління ризиками для відмовостійких систем.

Метою дослідження є аналіз, оцінка та розробка заходів управління ризиками у процесі розробки програмного комплексу для керування зарядними станціями електромобілів.

Основна частина дослідження. У роботі використано системний підхід до управління ризиками, що передбачає послідовне виконання таких етапів. Ідентифікація ризиків це визначення всіх можливих факторів, здатних вплинути на результативність проєкту. Аналіз та оцінка ризиків включає встановлення ймовірності їх виникнення та тяжкості наслідків. Розробка заходів управління ризиками охоплює визначення стратегій зниження впливу ризиків (унікнення, мінімізація, передача або прийняття). Моніторинг та контроль передбачає постійне відстеження динаміки ризиків і своєчасне коригування заходів [3].

Для реалізації поставленої мети в межах дослідження передбачено ідентифікацію потенційних ризиків технічного, організаційного та зовнішнього характеру, що можуть впливати на перебіг проєкту. Подальший етап передбачає проведення кількісної оцінки рівнів ризику з урахуванням ймовірності їх виникнення та ступеня тяжкості можливих наслідків. На основі отриманих результатів формуються рекомендації щодо мінімізації впливу найбільш критичних ризиків на ефективність реалізації проєкту, а також розробляється система моніторингу й контролю ризиків, інтегрована в життєвий цикл програмного комплексу.

Для ефективного керування зарядними станціями електромобілів створений високодоступний та відмовостійкий програмний комплекс. Цей комплекс повинен забезпечувати стабільну та надійну роботу зарядних станцій, зручність користування для водіїв електромобілів та ефективне управління для операторів станцій.

Тому, розробка такого комплексу потребує врахування численних ризиків, які можуть виникнути під час розробки, впровадження та експлуатації системи. Для серверної частини проєкту використано архітектуру ASP.NET із модульним монолітом, що забезпечує структурованість і масштабованість системи. Для зберігання даних застосовано SQL Server, що гарантує надійність

транзакцій і високу продуктивність при значних навантаженнях. Мобільний клієнт реалізовано на основі .NET MAUI, що дозволяє створити кросплатформний додаток.

Ризики можуть бути пов'язані з технічними аспектами, такими як проблеми сумісності між компонентами системи, або з людськими факторами, такими як недостатня кваліфікація команди розробників. Крім того, ризики можуть виникати із-за зовнішніх обставин, таких як зміни в законодавстві або ринковій кон'юктурі [4].

Аналіз і оцінка ризиків включають декілька ключових етапів: визначення ймовірності виникнення кожного ризику, оцінка тяжкості наслідків у разі його реалізації, а також пріоритизація ризиків на основі цих параметрів. Важливо також враховувати можливі взаємозв'язки між різними ризиками, оскільки деякі з них можуть взаємопосилювати один одного. Додатково розраховується «міра ризику» та «ціна ризику», що дозволяє здійснювати пріоритизацію управлінських заходів.

Для кількісної оцінки технічних ризиків проєкту було побудовано таблицю 1, у якій подано основні параметри – ймовірність виникнення, тяжкість наслідків та інтегральний ступінь ризику. Це дозволяє визначити найкритичніші технічні фактори, що потребують особливої уваги під час управління проєктом. Проведено апробацію моделі оцінювання ризиків, у якій інтегральний показник ризику R визначається за формулою: $R=P \times I$, де P – ймовірність виникнення ризику, а I – величина його наслідків у відсотках.

Для ризику «Відсутність резервного копіювання»: $P = 80\%$. $I = 90\%$. $R = 0,8 \times 0,9 = 0,72$ (72%). Міра ризику $= 72 \times 2,5 = 180$. Ціна ризику $= 2,5 : 1$.

Таблиця 1. Приклади оцінки технічних ризиків

№	Ризик	Ймовірність P (%)	Наслідки I (%)	Ступінь ризиків R	Міра ризиків	Ціна ризиків
1	Невідповідність архітектури вимогам	70	80	56	168	3:1
2	Проблеми з інтеграцією компонентів	50	50	25	75	3:1
3	Невідповідність БД вимогам	70	80	56	140	2,5:1
4	Відсутність резервного копіювання	80	90	72	180	2,5:1
5	Недостатність тестування	80	90	72	180	2,5:1

Як видно з таблиці, найкритичнішими є ризики, пов'язані з резервним копіюванням та тестуванням, адже вони мають високу ймовірність виникнення і потенційно катастрофічні наслідки.

Таблиця 2 узагальнює результати оцінювання організаційних ризиків, які безпосередньо впливають на ефективність процесів управління, комунікацію всередині команди та дотримання строків виконання проєкту.

Таблиця 2. Організаційні ризики

№	Ризик	P (%)	I (%)	Ступінь ризиків R	Міра ризиків	Ціна ризиків
1	Недосвідченість у розробці відмовостійких систем	60	80	48	120	2,5:1
2	Недостатній досвід роботи з ASP.NET	70	60	42	105	2,5:1
3	Нестача знань в управлінні проєктами	80	100	80	100	1,25:1
4	Недостатній рівень тестування	90	90	81	180	1,25:1

Найбільш критичним виявився ризик нестачі знань у сфері управління проєктами та тестування ПЗ, оскільки вони безпосередньо впливають на якість кінцевого продукту та дотримання термінів.

У таблиці 3 наведено оцінку зовнішніх ризиків, пов'язаних із чинниками, що не залежать від команди розробників, проте можуть суттєво вплинути на реалізацію проекту, зокрема економічними, правовими та природними обставинами.

Таблиця 3. Зовнішні ризики

№	Ризик	P (%)	I (%)	Ступінь ризику R	Міра ризику	Ціна ризику
1	Зміни в законодавстві	70	80	56	112	1,43:1
2	Економічні зміни	70	70	49	120	1,43:1
3	Відсутність електроенергії	60	90	54	100	1,67:1
4	Природні катаклізми / війни	10	100	10	100	2:1

Хоча ймовірність природних катаклізмів низька, але наслідки можуть бути катастрофічними, тому цей ризик також вважається критичним.

Для візуалізації взаємозв'язку між ймовірністю виникнення ризику та ступенем його впливу побудовано теплову карту (рис. 1), яка відображає інтенсивність рівня ризику за градацією від світлих до насичено-червоних відтінків.

Світлі відтінки відповідають незначним ризикам (низька ймовірність і слабкий вплив), а темно-червоні ділянки вказують на критичні ризики з високими показниками за обома параметрами. До найвищих рівнів ризику (темно-червона зона) належать відсутність резервного копіювання, недостатність тестування та нестача знань в управлінні проектами. Ризики середнього рівня (середні відтінки червоного) представлені проблемами з архітектурою, продуктивністю та безпекою системи. Найменшу інтенсивність (світлі відтінки) демонструють зовнішні чинники, зокрема природні катаклізми та збої хмарних сервісів, а також ризики сумісності з новими технологіями.

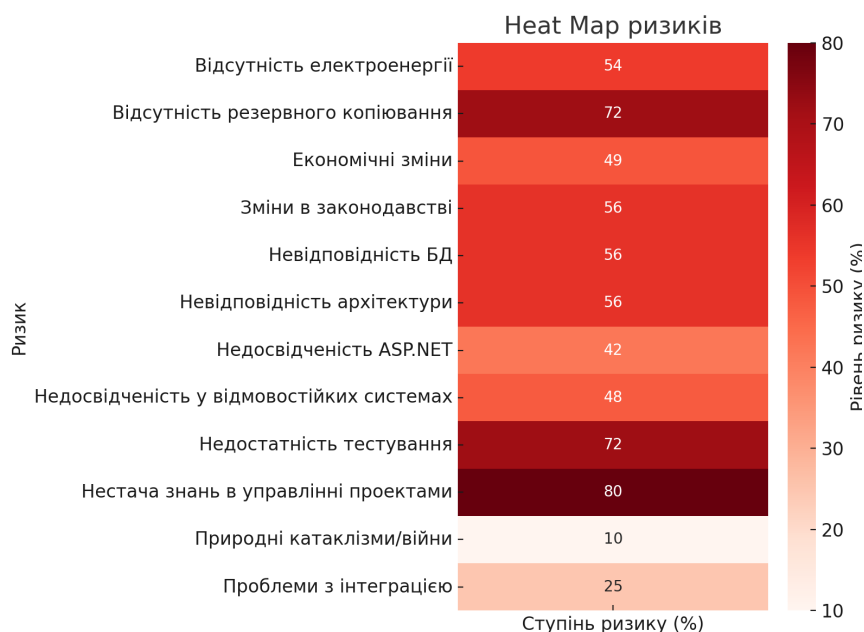


Рис. 1. Теплова карта ризиків

На рисунку 2 представлено діаграму пріоритетів, яка демонструє розподіл ризиків за рівнем їх інтегральної оцінки, що дозволяє встановити послідовність дій з управління ними.

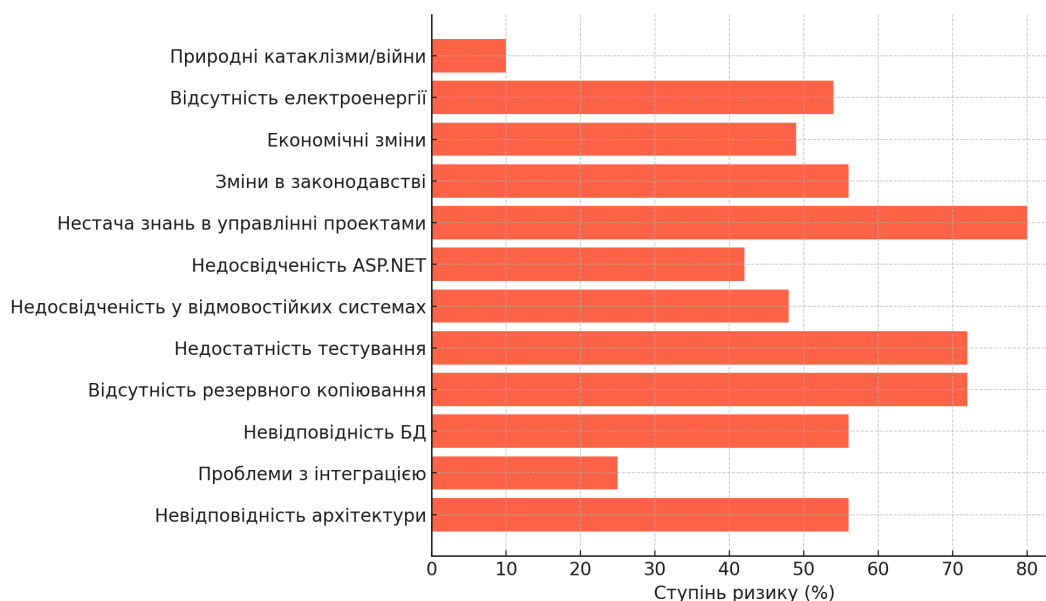


Рис. 2. Діаграма пріоритетів ризиків

Аналіз результатів оцінки ризиків показав, що найбільшу загрозу для проекту становлять технічні та організаційні чинники. Серед них – відсутність резервного копіювання, недостатність тестування, проблеми з управлінням проектом і безпекою, а також низька компетентність у роботі з ASP.NET, .NET MAUI та SQL Server. Ці ризики мають високу ймовірність виникнення. Критичність їх виникнення робить їх пріоритетними для управління.

Важливим аспектом дослідження є встановлення взаємозв'язків між ризиками. Наприклад, низький рівень компетенцій команди напряму посилює технічні ризики – від невідповідності архітектури до нестабільності роботи програмного забезпечення. Зовнішні ризики (зміни законодавства, економічні кризи, перебої в енергопостачанні) не залежать від внутрішніх процесів розробки, проте повинні враховуватися при плануванні та управлінні проектом.

Для мінімізації впливу визначених ризиків було розроблено комплекс заходів, що ґрунтується на кращих практиках інженерії програмного забезпечення та міжнародних стандартах управління проектами (ISO 31000, PMBOK, SWEBOOK).

До технічних ризиків належать фактори, що пов'язані з архітектурними рішеннями, технологічними обмеженнями та якістю реалізації системи. Для зменшення ризику невідповідності архітектури вимогам системи доцільно проводити детальне архітектурне проектування із залученням прототипування, UML-діаграм і процедур Architecture Review Board.

Проблеми з інтеграцією компонентів мінімізуються завдяки використанню уніфікованих інтерфейсів, стандартів REST-API і системи автоматизованого тестування сумісності. Для усунення ризику низької продуктивності бази даних потрібно застосовувати оптимізацію запитів, індексацію, моніторинг SQL Server Performance Metrics і періодичні навантажувальні тести. Недостатність тестування нівелюється впровадженням CI/CD-практик із автоматизованими юніт- та інтеграційними тестами. Для запобігання ризику втрати даних необхідно реалізувати політику резервного копіювання та відновлення (Disaster Recovery Plan), а ризики безпеки можна зменшити шляхом використання рекомендацій OWASP Top-10, шифрування даних і багатофакторної автентифікації.

Організаційні ризики охоплюють людський фактор, управлінські рішення та рівень взаємодії команди. Для зменшення ризику браку знань у сфері управління проектами варто впроваджувати гнучкі методології – Agile, Scrum, Kanban – з регулярними спринт-зустрічами, ретроспективами та використанням систем Jira чи Trello. Недостатня кваліфікація команди компенсується шляхом організації внутрішніх тренінгів і воркшопів із технологій ASP.NET, SQL Server, .NET MAUI. Для подолання браку досвіду в розробці високодоступних систем рекомендовано застосовувати архітектурні патерни High Availability – балансування навантаження, кластеризацію, реплікацію даних і моніторинг відмов.

Зовнішні ризики визначаються факторами, що не контролюються безпосередньо командою розробників. Для мінімізації наслідків змін законодавства необхідно впровадити процедури юридичного моніторингу та адаптивну архітектуру, здатну до швидкого оновлення функціоналу відповідно до нових вимог. Перебої з електропостачанням чи інтернетом зменшуються завдяки резервним джерелам живлення та альтернативним каналам зв'язку (супутниковим або мобільним).

Економічні ризики потребують створення адаптивного фінансового плану й сценарного прогнозування, а збої хмарних сервісів – наявності резервних майданчиків і дублювання критичних даних у кількох дата-центрах.

Висновки та перспективи подальшого дослідження. Проведений аналіз підтверджує, що критичні ризики концентруються у двох площинах: якість процесів розробки та готовність до надзвичайних ситуацій.

Реалізація організаційних, технічних і процесних заходів забезпечує досягнення основних результатів дослідження:

- знижується ймовірність виникнення критичних ризиків завдяки систематичному навчанню команди, ретельному плануванню та проведенню архітектурного аудиту;
- мінімізуються можливі наслідки реалізації ризиків, оскільки реалізовано політику резервного копіювання, Disaster Recovery Plan та автоматизоване тестування;
- підвищується гнучкість проєкту щодо змін зовнішнього середовища, що дозволяє швидко адаптувати систему до нових вимог чи умов функціонування.

Запропоновані заходи управління ризиками дозволяють створити багаторівневу систему управління ризиками проєкту. Її впровадження сприяє: зменшенню кількості критичних помилок на 30–40%; скороченню часу усунення дефектів; підвищенню відмовостійкості системи; підвищенню довіри користувачів до програмного продукту.

Таким чином, ефективне управління ризиками є невід'ємною складовою процесів забезпечення якості програмного забезпечення, особливо у високонавантажених і технологічно складних системах електромобільної інфраструктури.

Список бібліографічного опису

1. Ліщина Н., Бойко Л., Гульчук Ю. Оцінка ризиків та їх вплив на життєвий цикл розробки програмного забезпечення. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2024. Том 343. № 6(1). С. 141-145.
2. Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. Software Architecture in Practice (SEI Series in Software Engineering). 4th Edition. Addison-Wesley Professional. 2021. 442 p.
3. Hrytsiuk Y. I., Dalyavskyy V. S. Формалізація процесу управління ризиками розроблення програмного забезпечення. Scientific Bulletin of UNFU. 2018. № 28(11). С. 135-154.
4. Трофименко О. Г., Логінова Н. І., Тесленко П. О., Савельєва О. С., Поляков В. М. Класифікація ризиків у проєктах із розробки програмного забезпечення. Вісник Херсонського національного технічного університету. 2023. № 3(86). С. 119-128.
5. Lishchyna N., Lishchyna V., Matviiv Y., Yashchuk A. Analysis of methods for identifying risks and managing them in software development. Computer-integrated technologies: education, science, production. 2020. № 41. P. 65-70.

References

1. Lishchyna N., Boiko L., Hulchuk Yu. Risk Assessment and Their Impact on the Software Development Life Cycle. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences. 2024. Vol. 343. No. 6(1). pp. 141–145.
2. Len Bass, Paul Clements, Rick Kazman. Software Architecture in Practice (SEI Series in Software Engineering). 4th Edition. Addison-Wesley Professional. 2021. 442 p.
3. Hrytsiuk Y. I., Dalyavskyy V. S. Formalization of the Risk Management Process in Software Development. Scientific Bulletin of UNFU. 2018. No. 28(11). pp. 135–154.
4. Trofymenko O. H., Lohinova N. I., Teslenko P. O., Savielieva O. S., Poliakov V. M. Classification of Risks in Software Development Projects. Bulletin of Kherson National Technical University. 2023. No. 3(86). pp. 119–128.
5. Lishchyna N., Lishchyna V., Matviiv Y., Yashchuk A. Analysis of methods for identifying risks and managing them in software development. Computer-integrated technologies: education, science, production. 2020. № 41. P. 65-70.