

ІНТЕГРАЦІЯ КОНЦЕПЦІЇ LEAN SIX SIGMA У КЛАСИЧНІ МЕТОДИКИ
УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІINTEGRATING THE LEAN SIX SIGMA CONCEPT INTO CLASSICAL
APPROACHES TO PROJECT MANAGEMENT IN THE RAILWAY SECTOR

Проаналізовано актуальний стан управління інфраструктурними проєктами залізничного транспорту в умовах воєнних обмежень та встановлено, що традиційні підходи недостатньо враховують потребу безперервного вдосконалення процесів. Інтеграція Lean Six Sigma ліквідує зазначені прогалини, поєднуючи дисципліну термінів і бюджету з фокусом на якості та усуненні втрат. Розроблено концептуальну модель накладення циклу DMAIC на життєвий цикл проєкту, що забезпечує вимірюваність, аналіз причин відхилень й стандартизацію результатів. Показано, що використання Lean-інструментів підвищує стійкість проєктів на залізничному транспорті до ризиків воєнного часу, а Six Sigma гарантує відповідність міжнародним стандартам безпеки. Визначено організаційні умови впровадження підходу, запропоновано застосування методики на проєктах будівництва інфраструктурних об'єктів залізничного транспорту.

Ключові слова: проєктний менеджмент, залізничний транспорт, антикризове управління, цикл DMAIC, відновлення інфраструктури, повоєнна відбудова, Індустрія 5.0.

The authors examine the integration of Lean Six Sigma principles into established project management methodologies conventionally applied in the railway industry. They propose a conceptual model that aligns the DMAIC cycle—Define, Measure, Analyse, Improve and Control—with the standard phases of project lifecycle prescribed by PMBOK and PRINCE2. The investigation addresses the unique operational and strategic challenges faced by railway enterprises, emphasising the need for resilience and adaptability in war-impacted environments. Through a critical review of existing literature and industry practices, the study identifies gaps in current management frameworks and argues for a hybrid methodology that combines the rigour of traditional control mechanisms with the dynamism of continuous improvement. The authors reflect on organisational and cultural factors necessary for successful adoption, including leadership commitment, training programmes and the establishment of process improvement competencies. Furthermore, the article outlines potential avenues for integrating advanced digital tools, such as BIM and AI-driven monitoring systems, to augment data collection and analysis. Case references to infrastructure restoration and modernisation efforts illustrate how streamlined workflows can mitigate resource constraints, minimise delays and enhance quality assurance without compromising schedule and budgetary discipline. Moreover, examples of pilot deployments in track reconstruction demonstrate practical benefits. The study also examines stakeholder complexities and regulatory requirements inherent to large-scale transport initiatives, emphasising how Lean Six Sigma can facilitate stakeholder alignment and regulatory compliance. Finally, the authors highlight directions for future research, advocating for empirical validation of the proposed model across diverse railway contexts. This work therefore offers a timely framework for practitioners and scholars seeking robust solutions in infrastructure projects and aims to ensure sustainability of improvements beyond project closure and support long-term operational excellence.

Key words: project management, railway transport, crisis management, DMAIC cycle, infrastructure restoration, post-war reconstruction, Industry5.0.

УДК 005.8:005.6:656.2(477)

DOI: <https://doi.org/10.32782/bSES.92-19>

Задоя В.О.

к.е.н., доцент, доцент кафедри економіки та менеджменту, Український державний університет науки і технологій

Корольов Д.С.

Ph. D. з економіки, доцент кафедри економіки та менеджменту, Український державний університет науки і технологій

Zadoia Viacheslav

Ukrainian State University of Science and Technology

Korolov Denys

Ukrainian State University of Science and Technology

Постановка проблеми. Залізнична галузь належить до комплексних інфраструктурних систем, де проєкти мають великий масштаб, тривалу реалізацію та залучають значні ресурси.

Традиційні методики управління проєктами (класичний «водоспадний» підхід, стандартні практики PMBOK PMI чи PRINCE2) забезпечують структурований менеджмент – від ініціації до завершення проєкту – але часто недостатньо уваги приділяють постійному вдосконаленню процесів, мінімізації втрат та підвищенню якості в ході виконання робіт.

У залізничному секторі це проявляється у перевищенні кошторисів, відхиленні графіків та неефективному використанні ресурсів, що особливо критично для проєктів модернізації інфраструктури і рухомого складу.

Сучасні виклики посилюють проблему. З початку повномасштабного вторгнення в Україну країна зазнала масштабних руйнувань і втрат, які

охоплюють як матеріальні, так і людські ресурси. За даними Київської школи економіки, станом на листопад 2024 року загальна сума прямих збитків, завданих інфраструктурі України, зросла до 170 мільярдів доларів. Найбільших втрат зазнали житловий фонд (60 млрд доларів), транспортна інфраструктура (38,5 млрд доларів) та енергетика (14,6 млрд доларів) [1].

Зруйновано або пошкоджено понад 236 тисяч житлових будівель, включаючи приватні будинки, багатоквартирні будинки та гуртожитки. Значних руйнувань зазнали також об'єкти комунального господарства, зокрема майже тисяча котелень і понад 354 км тепломереж [1].

В умовах браку ресурсів та часу на повноцінне планування, постає потреба в гнучких підходах до управління проєктами відновлення. Lean Six Sigma (LSS) – методологія, що поєднує ощадливе виробництво (Lean) та шість сігма (Six Sigma), – може стати таким вирішенням,

дозволяючи одночасно скоротити втрати і підвищити якість процесів.

Компанії, які застосували Lean-підходи під час кризи, показують більшу стійкість: зафіксовано, що Lean-ініціативи допомагають швидко адаптувати операції, фокусуючись на критично важливих завданнях [2].

Отже, інтеграція LSS в проєктний менеджмент розвитку залізничних підприємств є актуальною проблемою, яка виникла на перетині потреб підвищення ефективності та вимог нестабільного середовища.

Ця методологія, що поєднує принципи бережливого виробництва та Six Sigma, може сприяти оптимізації операційних процесів залізничного транспорту, наприклад, скорочення затримок поїздів і підвищення якості технічного обслуговування. Дослідження в цій галузі, проведені провідними науковцями, допомагають зрозуміти, як LSS може бути адаптована до складних умов залізничної інфраструктури.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Суттєвий внесок у розробку методології LSS зробили М. Джордж, Р. Лікер, А. Лауреані, Д. Антоні, С. Віноз, Е.В. Гіджо, Н. Отліванська, А. Сливчук, О. Другов й інші автори які обґрунтували її як інструмент для створення цінності через підвищення якості та швидкості процесів.

У своїй книзі Джордж наголошує, що LSS дозволяє організаціям, зокрема у транспортній сфері, досягати конкурентних переваг шляхом системного усунення дефектів і втрат [3].

Лікер, у свою чергу, у співпраці з іншими авторами, підкреслює важливість інтеграції Lean-принципів для скорочення часу виконання проєктів, що є критично важливим для операцій залізничного транспорту, де затримки мають значний економічний вплив [4]. Їхні ідеї створюють теоретичну основу для застосування LSS у залізничному секторі, де швидкість і якість є ключовими показниками.

Також практичні аспекти впровадження методології LSS досліджувала Отліванська Н., яка аналізувала її використання в умовах економічної трансформації. У статті [5] розглядається концепція Six Sigma як ефективна методика управління якістю та постійного удосконалення, що спочатку була впроваджена в промисловості, але згодом адаптована до сфери послуг, зокрема для адміністративних процесів. Основна увага приділяється її потенціалу для українських підприємств, труднощам упровадження, а також аналізу практичних кейсів і обмежень щодо застосування Six Sigma в умовах нестабільного ринку.

Лауреані А. у своїй роботі досліджував лідерської моделі, що інтегрує принципи Agile та Lean Six Sigma для підвищення гнучкості та ефективності управління змінами в організаціях [6]. Автор

показує, як поєднання цих підходів сприяє швидкому прийняттю рішень, безперервному вдосконаленню та орієнтації на цінність для клієнта.

Джіджу Антоні, С. Віноз, Е. В. Гіджо запропонували механізми управління промисловими процесами, які можуть бути застосовані до технічного обслуговування залізничного рухомого складу.

У роботі [7] розкривається практичне впровадження концепції Lean Six Sigma на малих та середніх підприємствах, з акцентом на покращення якості, зменшення витрат і підвищення ефективності бізнес-процесів. Автори пропонують поетапну методологію адаптації Lean Six Sigma до ресурсних обмежень МСП із прикладами реальних кейсів.

Попри наявність окремих досліджень з впровадження Lean Six Sigma на виробничих підприємствах, питання системного застосування LSS у класичний проєктний менеджмент в проєктах залізничного транспорту залишається недостатньо розробленим.

Наразі важливо розглянути питання розроблення концептуальної моделі інтеграції LSS з традиційним життєвим циклом проєкту та врахування впливу ризиків і обмежень пов'язаних з війною та воєнним станом.

Запропонований підхід поєднує переваги класичних методик (чітка структура, контроль термінів і бюджету) з культурами Lean (безперервне удосконалення, усунення втрат) і Six Sigma (статистичне забезпечення якості), адаптуючи їх до специфіки залізничної галузі, дозволяючи сформувати інноваційний метод управління інфраструктурними проєктами.

Постановка завдання. Метою статті є обґрунтування та розроблення концептуальної моделі інтеграції методології Lean Six Sigma з класичними підходами PMBOK/PRINCE2 для управління проєктами залізничної галузі України в умовах воєнних викликів і післявоєнної реконструкції, що забезпечує синергійне поєднання дисциплінованого контролю строків і бюджету з безперервним удосконаленням процесів управління транспортними інфраструктурними проєктами.

Виклад основного матеріалу дослідження. методики управління проєктами (PM) передбачають поділ життєвого циклу проєкту на послідовні фази: ініціація, планування, виконання, моніторинг (контроль) та завершення. Такий підхід, закріплений стандартами PMI PMBOK та PRINCE2, забезпечує структуроване керування складними проєктами.

У залізничній галузі його застосовують при будівництві нових ліній, модернізації колій, придбанні рухомого складу, впровадженні інформаційних систем тощо. Класичний PM орієнтований на триатлон проєкту – досягнення цілей у межах заданих часу, бюджету та обсягу (трикутник

«терміни–вартість–обсяг»). Він спирається на ретельне початкове планування і формалізовані процедури змін.

Разом з тим, традиційний підхід має і слабкі сторони, особливо помітні на великих інфраструктурних проєктах. Ригідна фіксація плану на початку часто ускладнює врахування змін середовища і вимог стейкхолдерів у процесі виконання. Наприклад, проєкти електрифікації або цифровізації на залізниці нерідко стикаються з появою нових технологій чи змін в нормативних вимогах вже під час реалізації – але класична схема внесення змін через формалізовані процедури може бути надто повільною.

Інша проблема – недостатня гнучкість у реагуванні на виявлені в ході проєкту неефективності. Традиційний РМ забезпечує контроль виконання (вимірювання прогресу, управління ризиками), проте не завжди націлений на пошук причин відхилень і їх проактивне усунення під час проєкту.

Six Sigma має сильну стадію контролю (DMAIC) з фокусом на запобігання дефектам, тоді як PMBOK більше зосереджується на адміністративному контролі строків і ресурсів [8]. Власне, шоста редакція PMBOK вже включила Lean та Six Sigma як методи покращення якості, що свідчить про усвідомлення цієї прогалини.

Управління проєктами залізничної галузі потребує врахування специфічних чинників: великої кількості зацікавлених сторін (державні органи, громади, бізнес), жорстких вимог безпеки та надійності, необхідності мінімізувати вплив на поточний рух поїздів під час робіт.

Традиційні методики приділяють значну увагу управлінню ризиками та якістю через плани якості, аудити, технагляд. Проте значна частина ризиків (наприклад, перевитрати палива машин чи простої техніки на будмайданчику) розглядається поза контекстом проєктного управління як «операційні» – хоча насправді впливає на успіх проєкту. Тут і виникає можливість долучити *інструментарій Lean Six Sigma*, щоб заповнити ці прогалини.

Загалом Lean Six Sigma (LSS) – це інтегрована концепція менеджменту якості, що поєднує філософію Lean (ощадливого виробництва) з методологією Six Sigma.

Lean–напрямок виник у виробництві (корпорація Toyota) і сфокусований на усуненні втрат, підвищенні цінності продукту для споживача та оптимізації потоку робіт. Six Sigma, розроблена в компаніях Motorola і GE, – це статистично обґрунтований метод зменшення варіабельності процесів та дефектів до рівня 3,4 на мільйон можливостей, використовуючи цикл DMAIC (визначення, вимірювання, аналіз, покращення, контроль) для послідовного вирішення проблем.

Об'єднання двох підходів дає синергію: Lean забезпечує швидке усунення втрат часу і ресурсів,

а Six Sigma – глибокий аналіз причин дефектів на основі даних [9]. В результаті LSS використовує і потужні статистичні інструменти, і принципи організації процесів, залучаючи міжфункціональні команди до постійного вдосконалення.

Lean спирається на п'ять ключових принципів: визначення цінності, побудова потоку утворення цінності, створення безперервного плину потоку, впровадження витягування продукту та прагнення до досконалості [9].

Принципи та їх можлива адаптація до управління проєктами приведена в таблиці 1.

Як видно з таблиці, принципи Lean безпосередньо корелюють з проблемними місцями традиційного проєктного менеджменту.

Наприклад, фокус на цінності означає, що команда проєкту повинна завжди запитувати: які вимоги і завдання справді необхідні замовнику, а які можуть бути «надлишковими»? Часто в інфраструктурних проєктах виникає спокуса розширити обсяг робіт – Lean–думання протидіє цьому, дисциплінуючи команду тримати фокус на визначених ціннісних аспектах.

Зі свого боку, Six Sigma надає систематичний підхід DMAIC для розв'язання проблем і покращення процесів. Кожна літера DMAIC відповідає фазі проєкту вдосконалення процесу:

- **Define (Визначення)** – формулювання проблеми, цілей та вимог клієнта;
- **Measure (Вимірювання)** – збір даних про поточний процес, виявлення базового рівня показників;
- **Analyze (Аналіз)** – пошук кореневих причин проблем за допомогою аналізу даних (діаграми Ішікави, аналіз Pareto, регресійний аналіз тощо);
- **Improve (Покращення)** – генерування та впровадження рішень для усунення кореневих причин, оптимізація процесу;
- **Control (Контроль)** – встановлення механізмів контролю, щоб закріпити поліпшення і не допустити деградації процесу.

Six Sigma пропонує багатий інструментарій: від простих діаграм розсіювання і перевірки гіпотез до FMEA (аналіз виду і наслідків відмов) та SPC (статистичний контроль процесів). Важливо, що Six Sigma розглядає будь-який проєкт чи процес з точки зору варіабельності і здатності стабільно досягати потрібних показників. Для залізниці це вкрай актуально – наприклад, стабільність інтервалів руху поїздів, надійність графіка будівельних робіт тощо.

Об'єднуючи Lean і Six Sigma, методологія LSS набуває здатності одночасно підвищувати швидкість і гнучкість (завдяки усуненню втрат) та покращувати якість і передбачуваність результату (завдяки аналізу причин дефектів). Це підтверджують і сучасні дослідження: зокрема у роботі [13]

Таблиця 1

Принципи Lean і їх адаптація у проєктному менеджменті

ПРИНЦИП LEAN	ЗМІСТ ПРИНЦИПУ (ВИРОБНИЦТВО)	АДАПТАЦІЯ В УПРАВЛІННІ ПРОЄКТАМИ
Цінність (Value)	Чітке визначення того, що є цінністю для клієнта.	Визначення очікувань замовників та ключових результатів проєкту; фокус на вимогах, що приносять користь клієнтам або суспільству.
Потік цінності (Value Stream)	Аналіз процесу створення цінності та усунення дій, що не додають цінності.	Моделювання процесів виконання проєкту (наприклад, діаграма потоку робіт) та ліквідація бюрократичних затримок, зайвих узгоджень, дублювання робіт.
Безперервний потік (Flow)	Забезпечення плавного, безперервного протікання процесу без перерв і черг.	Оптимізація розкладу та послідовності задач проєкту для уникнення простоїв ресурсів; паралельне виконання робіт там, де це можливо без втрати ефективності.
Витягування (Pull)	Виробництво під реальний попит, «витягування» продукту клієнтом у потрібний час.	Гнучке планування проєкту, коли наступні етапи починаються, виходячи з готовності попередніх і підтвердженої потреби; уникнення роботи «на склад» (непотрібних функцій або перевиконання вимог).
Досконалість (Perfection)	Постійне прагнення до ідеалу шляхом безперервних покращень.	Культура постійного вдосконалення в команді проєкту: регулярні огляди (ретроспективи), уроки з минулих етапів, впровадження маленьких змін для підвищення ефективності та якості.

Джерело: сформовано авторами на основі [10–12]

продемонстровано, що впровадження Lean–принципів у будівництві метро дозволило суттєво скоротити затримки та ефективніше використати ресурси.

Lean–практики формують культуру постійних маленьких поліпшень, що веде до більш швидкого завершення проєктів без шкоди якості. Six Sigma ж доповнює це дисципліною прийняття рішень на основі даних. Отже, Lean Six Sigma можна розглядати як гібридну методику проєктного вдосконалення, яка особливо корисна в умовах складних багатокомпонентних проєктів, як у залізничній галузі.

При інтеграції LSS у класичне управління проєктами, необхідно узгодити між собою фазну модель проєкту (*Initiation, Planning, Execution, Monitoring, Closing*) з цикловим підходом DMAIC. На рис. 1 зображено концептуальну схему такої інтеграції.

Як видно з рис. 1, цикл DMAIC накладається на хронологію проєкту, причому етапи визначення та вимірювання припадають на початкові фази проєкту (ініціацію та планування), етапи аналізу та покращення – на фазу виконання і частково моніторингу, а етап контролю – на завершення проєкту та подальший моніторинг результатів.

Відповідно, управління проєктом з LSS означає, що в кожній фазі класичного циклу виконуються ще й завдання DMAIC:

➤ **Фаза ініціації проєкту + Визначення:** На цій стадії формулюється бачення проєкту, його мета і обсяг.

Інтеграція LSS означає, що разом з класичним документом Project Charter слід визначити і проблеми, які проєкт має вирішити, з точки зору цінності та якості. Застосовується підхід «голос клієнта» – збір вимог від користувачів залізниці,

перевізників, пасажирів тощо. Визначаються ключові показники успіху (KPI) проєкту, які будуть вимірюватися. Наприклад, для проєкту модернізації вокзалу це можуть бути: час обслуговування пасажирів, пропускна здатність станції, рівень задоволеності користувачів. Таким чином, уже на старті проєкту закладається чітке визначення проблеми і цінності – що відповідає фазі – *Define* методології DMAIC і підсилює обґрунтованість проєкту.

➤ **Фаза планування + Вимірювання:** Класичне планування проєкту включає деталізацію робіт (WBS), розклад, кошторис, план ризиків та ресурсів.

Інтеграція LSS вимагає доповнити це ретельним вимірюванням вихідного стану («as-is» процесів) перед впровадженням змін. Команда проєкту збирає дані, які стануть базою для порівняння після реалізації. Для залізничного проєкту це можуть бути: поточні показники надійності перевезень, статистика запізнь, витрати пального локомотивами, час виконання регламентних ремонтів тощо – залежно від сфери проєкту. Використовуються інструменти Six Sigma: система метрик (наприклад, визначення sigma–рівня для ключових процесів), побудова діаграм розмаху, проведення досліджень на повторюваність і відтворюваність вимірювань (GR/R) за потреби. Одночасно Lean–підхід вже на етапі планування шукає потенційні «вузькі місця» і втрати: наприклад, аналізується критичний шлях проєкту на наявність невірних очікувань між задачами, плануються буфери часу за методом критичного ланцюга. До плану якості проєкту включаються заходи LSS: тренінги команди щодо Lean, розроблення плану збору даних. Фактично, фаза *Measure* впроваджується паралельно з підготовкою до виконання проєкту, щоб надалі мати об'єктивні дані для аналізу.

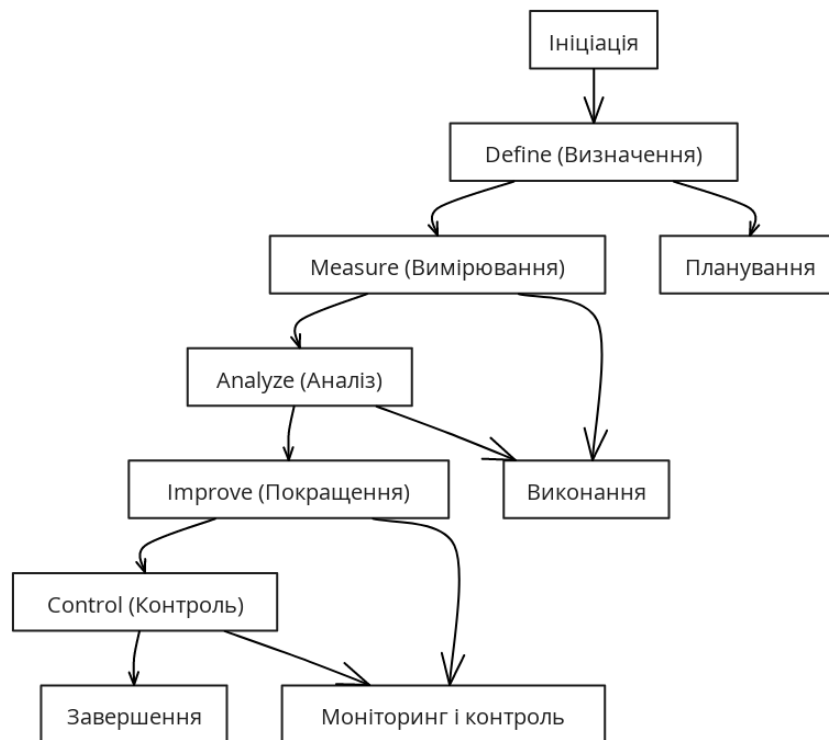


Рис. 1. Концептуальна інтеграція DMAIC (Lean Six Sigma) з фазами проєкту

Джерело: розроблено авторами

➤ **Фаза виконання + Аналіз / Покращення:** На етапі реалізації основних робіт проєкту інтегровані методи проявляються найяскравіше.

Команда, керуючись класичним планом, паралельно здійснює аналіз процесів проєкту та впроваджує поліпшення. Наприклад, якщо це будівництво залізничної колії, то на старті робіт може виявитися, що певні операції виконуються повільніше, ніж планувалося. Замість того, щоб лише реєструвати відставання, підхід LSS підказує проаналізувати кореневі причини: застосувати діаграму Ішікави для виявлення причин затримок (можливо, проблема в постачанні матеріалів, неефективній організації зміни, простій техніки тощо). Six Sigma-прийоми (регресійний аналіз, DOE – експериментальне планування) можуть бути застосовані для оптимізації технологічних параметрів, якщо проєкт пов'язаний з налаштуванням обладнання. Lean-інструменти – наприклад, метод 5S, візуальний менеджмент – допомагають організувати будівельний майданчик чи депо для максимальної продуктивності. Важливо, що підхід *Analyze* в LSS – це не разовий акт, а безперервний процес протягом виконання: команда проєкту постійно збирає дані про хід робіт (щотижневі показники продуктивності, витрати матеріалів, кількість дефектів чи переробок) і шукає тенденції та відхилення. Відповідно, етап *Improve* теж реалізується ітеративно: як зазначено в дослідженні, Lean-методи створюють культуру постійних удосконалень і швидких виправлень, що дає змогу значно зменшити

типові затримки в проєктах. У практичному сенсі це означає впровадження малих змін без зупинки всього проєкту – наприклад, графік роботи бригад, нова послідовність монтажу, зміна постачальника на більш надійного, додаткове навчання персоналу прямо під час виконання. Таким чином, у фазі виконання проєкт переходить у *режим безперервного вдосконалення*: класичні контрольні точки доповнюються циклами DMAIC для кожної виявленої проблеми. Це принципова відмінність від стандартного підходу, де коригувальні дії часто переносяться в пост-проєктний період.

➤ **Фаза моніторингу і контролю + Контроль:** Класична функція моніторингу виконується менеджером проєкту протягом всього циклу – відстежуються прогрес, витрати, ризики.

При інтеграції LSS акцент зміщується на моніторингу процесів з точки зору якості та стабільності. Використовуються контрольні карти (наприклад, контрольні карти Шухарта для відстеження варіації часу виконання завдань або витрат матеріалу) та інші SPC інструменти, щоб в режимі реального часу бачити, чи виходить процес проєкту за встановлені «межі контролю». Якщо класичний контроль проєкту переважно реагує на відхилення в строках та бюджеті, то LSS-контроль реагує і на відхилення у параметрах процесу, що можуть передувати зриву строків. Наприклад, якщо розкид часу на встановлення однієї опори контактної мережі зріс удвічі порівняно з початковим етапом – це сигнал, що процес нестабільний

і потребує уваги, навіть якщо поки загальний графік не порушено. На фінальній стадії (завершення проєкту) елемент *Control* дуже важливий для передання результатів у операційну діяльність. В рамках закриття проєкту команда розробляє контрольні плани для експлуатації нової інфраструктури або процесу, навчання персоналу, щоб досягнуті поліпшення збереглися. Також обов'язково підбиваються підсумки з точки зору цілей LSS: чи вдалося скоротити ті дефекти/втрати, що були визначені на початку? Якщо ні – то чому, і цей досвід стає основою для наступних циклів вдосконалення. Таким чином, завершення проєкту включає ретроспективу LSS і формування рекомендацій, які можуть бути використані, як база знань для майбутніх проєктів.

Інтеграція Lean Six Sigma з традиційним проєктним менеджментом має на меті об'єднати сильні сторони обох підходів. Класична методика дає чіткість структур і відповідальностей: є менеджер проєкту, план, графік, контрольні точки. LSS приносить *культуру даних і вдосконалення*: рішення приймаються на основі аналізу, а не інтуїції, і в будь-який момент допускається і заохочується коригування процесів задля досягнення кращого результату. В результаті утворюється замкнений цикл управління: проєкт планується і виконується, але паралельно сам процес виконання постійно оптимізується.

Досвід компаній показує переваги такого поєднання. Згідно з дослідженням на iSixSigma, інтеграція проєктного менеджменту і Six Sigma дозволила створити більш передбачувану та контрольовану систему вирішення проблем: класичний менеджмент додав проєктам Six Sigma дисципліну дотримання строків, а Six Sigma проєктам – ефективні методи усунення причин відхилень [14].

В контексті залізниці це означає, що масштабні проєкти (наприклад, електрифікація ділянки або запуск швидкісного сполучення) виконуватимуться не лише вчасно, але й з досягненням максимальної якості процесів – без «вбудованих» втрат, якот надлишкові запаси матеріалів, зайві простої робочої сили чи техніки, дефекти будівництва, що проявляться після відкриття руху.

Практичне впровадження інтегрованої методології потребує врахування поточного контексту галузі. В Україні через військові дії залізнична компанія вимушена реалізовувати численні проєкти відновлення: від ремонту зруйнованих колій і мостів до модернізації локомотивного парку. Ці проєкти мають жорсткі часові рамки (відновити сполучення в найкоротший термін, бо це «дорога життя» для прифронтових територій) та обмежені ресурси (дефіцит матеріалів, фінансування, персоналу). У таких умовах Lean Six Sigma стає не лише інструментом ефективності, а й засобом забезпечення стійкості і адаптивності проєктів.

Lean-підхід історично виник як спосіб робити більше з меншими затратами, що прямо відповідає теперішнім задачам Укрзалізниці. Але не меншу роль зіграла організація процесу: залізничники працювали у режимі постійного вдосконалення технології монтажу цих мостів, вчилися на перших спробах і оптимізували процес – фактично застосовуючи Lean на практиці, навіть якщо не називали це так.

Культура швидких експериментів і навчання на досвіді є критичною у кризових проєктах. Six Sigma підхід у воєнний час може застосовуватися для аналізу надійності та ризиків: збираючи дані про характер пошкоджень колій від обстрілів, можна статистично виявити найбільш уразливі елементи і проєктувати посилені рішення.

Крім відбудови, залізниця готується до повоєнної модернізації і інтеграції в європейську мережу. Це означає реалізацію масштабних проєктів – перехід на євроколію 1435 мм на заході країни, оновлення сигналізації на стандарти ЄС, цифровізація перевезень.

Такі проєкти вимагатимуть одночасно строгого дотримання міжнародних стандартів (де допоможе Six Sigma з її увагою до якості) та раціонального використання коштів від донорів (де Lean мінімізує нецільові витрати). Наприклад, плануючи перешивання колії на європейський стандарт, Lean-аналіз може допомогти зменшити час «вікна», коли колія закрита для руху, за рахунок оптимального потокового виконання робіт, а Six Sigma – забезпечити, щоб нова колія була укладена з мінімальними відхиленнями геометрії (стабільність якості).

Важливо зазначити, що інтеграція LSS не зводиться лише до впровадження набору методик – вона потребує певної трансформації культури управління проєктами.

Персонал, залучений до проєктного менеджменту (керівники проєктів, інженери, менеджери з якості), має бути навчений принципам Lean та Six Sigma. У світовій практиці існують сертифікації “Green Belt”, “Black Belt” LSS, що дають фахівцям відповідні знання. Укрзалізниця та інші підприємства галузі могли б запровадити програми навчання LSS для своїх проєктних команд. Особливо ефективно це може бути зроблено у вигляді пілотних проєктів: наприклад, обрати один середній за масштабом проєкт (реконструкція вузлової станції чи впровадження інформаційної системи) і застосувати до нього повний підхід LSS, а потім поширити набуті навички.

Організаційно, інтеграція LSS може відобразитися у створенні окремого підрозділу або центрів компетенцій з процесного вдосконалення, які б консультували проєктні команди. Це дозволило би поставити проєктні процеси в центр уваги, усувати внутрішні неефективності та економити кошти. Українській залізниці, яка одночасно

виступає і замовником, і виконавцем багатьох проєктів, доцільно впроваджувати LSS паралельно на кількох рівнях: на рівні окремих проєктів (через навчання команд), на рівні програм і портфелів (через включення принципів LSS у методологію управління інвестиційними проєктами), та на рівні всієї компанії (через підтримку керівництвом культури безперервних покращень).

Висновки. Інтеграція Lean Six Sigma з класичними підходами PMBOK та PRINCE2 перетворює проєктне управління із «каркасної» дисципліни контролю строків та кошторису на динамічну систему безперервного вдосконалення.

Поєднання стратегічної логіки проєкту з операційною точністю Lean і статистичною верифікацією Six Sigma дає змогу не лише реагувати на зміни, а й активно запобігати втратам на етапах реалізації. Для багаторічних і капіталомістких залізничних ініціатив це означає здатність утримувати курс навіть під тиском зовнішніх ризиків і воєнних обмежень: дисципліна планується у календарі, а ощадливість і якість «врізаються» безпосередньо в робочі процеси, наближаючи кожен дію до стратегічної мети.

Запропонована модель накладає цикл DMAIC на традиційні фази проєкту, перетворюючи ініціацію на осмислення цінності для стейкхолдерів, планування – на фактологічне вимірювання вихідного стану, виконання – на аналітику причин втрат і цілеспрямоване вдосконалення, а завершення – на стандартизацію та передачу найкращих практик в операційну діяльність.

Така логіка не змінює ролей менеджера чи команди, але доповнює їх експертизою фасилітаторів процесів і аналітиків даних. Ключовою умовою успіху стає культура постійного поліпшення: від пілотних проєктів і навчання персоналу до інституціалізації функції оперативного вдосконалення, що отримує підтримку найвищого керівництва й демонструє вимірюваний економічний ефект, як це вже довели провідні європейські залізниці.

У післявоєнний період Lean Six Sigma може перетворитися на стрижень швидкого відновлення інфраструктури України і її гармонізації з європейськими стандартами. Вивіреним контролем якості відновлених колій, оптимальний розподіл міжнародної фінансової допомоги й гнучке переналаштування процесів під обмеження ресурсів здатні суттєво скоротити шлях до нової операційної досконалості.

Подальші дослідження мають зосередитися на кількісному вимірюванні цього ефекту в реальних проєктах «Укрзалізниці» та на поєднанні Lean принципів із цифровими технологіями BIM (Building Information Modeling), системами моніторингу й AI, що відповідає парадигмі Індустрії 5.0.

Таким чином, інтегроване застосування Lean Six Sigma в управлінні проєктами на залізниці дає

не лише змогу «зробити потрібні речі», а й виконувати їх правильно з першої спроби, забезпечуючи галузі сталу ефективність і стійкість.

Отже, інтеграція Lean Six Sigma є перспективним шляхом підвищення ефективності та стійкості транспортної галузі. Вона надає можливість не лише виконувати проєкти «правильно» (робити потрібні речі), але й робити їх правильно з першого разу (якісно та без втрат). Для повоєнного відродження та розвитку української залізниці це може стати одним з ключових факторів успіху, забезпечивши швидке відновлення інфраструктури і вихід на новий рівень операційної досконалості.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Sobor.com.ua (2025). «Руйнування та втрати України внаслідок війни: аналітика». Sobor. 2 лютого. URL: <https://sobor.com.ua/news/analitika-3> (дата звернення: 12.04.2025).
2. Lean Enterprise Academy. How to apply lean thinking during a crisis. 28 червня 2023 р. URL: <https://www.leanuk.org/how-to-apply-lean-thinking-during-a-crisis/> (дата звернення: 12.04.2025).
3. George M.L. Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. McGraw-Hill. 2002.
4. Womack J.P., Jones D.T. Lean Thinking. Free Press. 2003.
5. Отліванська Н. В. Управлінський аспект застосування шести сигм у невиробничих компаніях. *Ефективна економіка*. 2015. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3774> (дата звернення: 12.04.2025).
6. Laureani A. 2021. Agile and Lean Six Sigma integration: a Leadership framework. Purdue University. 2021. DOI: <https://doi.org/10.5703/1288284317325>.
7. Antony J., Vinodh S., Gijo E.V. Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises: A Practical Guide. Boca Raton: CRC Press, 2016. 221 с. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315372174>.
8. Cesarotti V., Gubinelli S., Introna V. The evolution of Project Management (PM): How Agile, Lean and Six Sigma are changing PM. *Journal of Modern Project Management*. 2019. Vol. 7. No. 3 (21). DOI: <https://doi.org/10.19255/JMPM02107>.
9. Fraser S. D., Mancl D. Agile Culture: A Panels Report from XP 2017. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 2019. Vol. 43. No. 4. P. 21–23.
10. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 5th ed. Newtown Square. PA: PMI. 2013.
11. Project Management Institute. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square. PA: PMI, 2021.
12. Project Management Institute. Agile Practice Guide. Newtown Square. PA: PMI. 2019.
13. Gautam L., Sahu V., Singh R., Thiagarajan S.V., Suseelan A. Sustainable Solutions for Metro Project Delays: Lean Practices for Enhanced Resource Efficiency and Cleaner Production. *Sustainability*. 2024. Vol. 16. No. 24. DOI: <https://doi.org/10.3390/su162410897>.

14. Snyder J. (Ed.) Integrating Project Management into a Six Sigma system. iSixSigma.com. URL: <https://www.isixsigma.com/dmaic-methodology/integrating-project-management-six-sigma-system/> (дата звернення: 10.04.2025)

REFERENCES:

1. Sobor.com.ua. (2025). Ruinuannia ta vtraty Ukrainy vnaslidok viiny: analityka [Destruction and losses of Ukraine due to war: Analytics]. Sobor. Available at: <https://sobor.com.ua/news/analitika-3>
2. LeanEnterpriseAcademy. How to apply lean thinking during a crisis. Available at: <https://www.leanuk.org/how-to-apply-lean-thinking-during-a-crisis/> (accessed: 12.04.2025).
3. George M.L. (2002) Lean Six Sigma: Combining Six Sigma Quality with Lean Speed. McGraw-Hill.
4. Womack J.P., Jones D.T. (2003) Lean Thinking. Free Press.
5. Otlivanska, N. V. (2015). Upravlinskyi aspekt zastosuvannia shesty syhm u nevirobnychkykh kompaniyakh [Managerial aspect of applying Six Sigma in non-manufacturing companies]. *Efektivna Ekonomika*, no. 2. Available at: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=3774>
6. Laureani A. (2021) Agile and Lean Six Sigma integration: a Leadership framework. Purdue University. DOI: <https://doi.org/10.5703/1288284317325>.
7. Antony J., Vinodh S., Gijo E. V. (2016). Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises: A Practical Guide. CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781315372174>
8. Cesarotti V., Gubinelli S., Introna V. (2019). The evolution of project management (PM): How Agile, Lean and Six Sigma are changing PM. *Journal of Modern Project Management*, vol. 7, no. 3 (21). DOI: <https://doi.org/10.19255/JMPM02107>.
9. Cesarotti V., Gubinelli S., Introna V. (2019) The evolution of Project Management (PM): How Agile, Lean and Six Sigma are changing PM. *Journal of Modern Project Management*, vol. 7, no. 3 (21). DOI: <https://doi.org/10.19255/JMPM02107>.
10. Project Management Institute. (2013). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (5th ed.). Project Management Institute.
11. Project Management Institute. (2021). A guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide) (7th ed.). Project Management Institute.
12. Project Management Institute. (2019). Agile practice guide. Project Management Institute.
13. Gautam L., Sahu V., Singh R., Thiyagarajan S.V., Suseelan A. (2024) Sustainable Solutions for Metro Project Delays: Lean Practices for Enhanced Resource Efficiency and Cleaner Production. *Sustainability*, vol. 16, no. 24. DOI: <https://doi.org/10.3390/su162410897>.
14. Snyder J. (Ed.) Integrating Project Management into a Six Sigma system. iSixSigma.com. Available at: <https://www.isixsigma.com/dmaic-methodology/integrating-project-management-six-sigma-system/> (accessed: 10.04.2025)