



УДК 005.8:658.5

АДАПТАЦІЯ AGILE-ПІДХОДІВ ДО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ В МАШИНОБУДУВАННІ В УМОВАХ СТРУКТУРНИХ ТРАНСФОРМАЦІЙ

Вікторія Шашко

Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ-Тернопіль, Україна
ORCID: 0000-0002-6567-9873

Резюме. Досліджено можливості та обмеження застосування Agile-підходів до управління проєктами в машинобудуванні з урахуванням сучасних умов функціонування галузі, що характеризуються високим рівнем невизначеності, структурними трансформаціями, воєнними викликами та необхідністю підвищення адаптивності виробничих систем. Актуальність дослідження зумовлена зростанням складності машинобудівних проєктів, підвищенням вимог до інноваційності продукції, скороченням життєвого циклу технологій і обмеженою ефективністю традиційних каскадних моделей управління в умовах динамічного зовнішнього середовища. Проаналізовано сучасний стан машинобудівної галузі України, визначено ключові економічні, технологічні та організаційні чинники, що впливають на вибір моделей управління проєктами. Узагальнено наукові підходи до управління проєктами, розкрито еволюцію проєктного управління в діяльності промислових підприємств та обґрунтовано причини зростання інтересу до гнучких і гібридних управлінських моделей у машинобудуванні. Особливу увагу приділено аналізу сутності Agile-підходів та критичному оцінюванню можливостей їх прямого перенесення з IT-сфери у виробниче середовище машинобудівних підприємств. Показано, що висока капіталомісткість, жорстка регламентованість процесів, тривалі виробничі цикли та висока вартість помилок обмежують універсальність застосування гнучких методів управління. На основі цього обґрунтовано доцільність використання гібридних моделей управління проєктами, які поєднують прогностичну логіку традиційних каскадних підходів із адаптивними інструментами Agile. Проаналізовано життєвий цикл машинобудівного проєкту та визначено етапи, на яких застосування гнучких підходів є найефективнішим з точки зору управління змінами, інноваційності та зниження ризиків. Отримані результати дозволяють розглядати Agile не як альтернативу традиційним моделям управління, а як елемент еволюційної трансформації системи проєктного управління в машинобудуванні. Сформульовані висновки створюють теоретичну основу для подальших прикладних досліджень, спрямованих на розроблення інструментів оцінювання готовності підприємств до впровадження гнучких і гібридних моделей управління проєктами.

Ключові слова: машинобудування, управління проєктами, Agile-підходи, гібридні моделі управління, життєвий цикл проєкту, адаптивність управління, промислові підприємства, антикризове управління, галузева специфіка.

Дата надходження 15.01.2026

Дата прийняття 30.01.2026

Дата публікації 30.04.2026

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2026.02.257

UDC 005.8:658.5

ADAPTATION OF AGILE APPROACHES TO PROJECT MANAGEMENT IN MECHANICAL ENGINEERING UNDER CONDITIONS OF STRUCTURAL TRANSFORMATIONS

Viktoriia Shashko

Donbass State Engineering Academy, Kramators'k-Ternopil, Ukraine

Summary. The article examines the opportunities and limitations of applying Agile approaches to project management in mechanical engineering, taking into account the current conditions of the industry's functioning, which are characterized by a high level of uncertainty, structural transformations, wartime challenges, and the need to enhance the adaptability of production systems. The relevance of the study is driven by the increasing

complexity of mechanical engineering projects, growing requirements for product innovativeness, the shortening of technology life cycles, and the limited effectiveness of traditional waterfall management models in a dynamic external environment. In the course of the research, the current state of Ukraine's mechanical engineering industry is analyzed, and the key economic, technological, and organizational factors influencing the choice of project management models are identified. Scientific approaches to project management are generalized, the evolution of project management in the activities of industrial enterprises is outlined, and the reasons for the growing interest in flexible and hybrid management models in mechanical engineering are substantiated. Particular attention is paid to the analysis of the essence of Agile approaches and a critical assessment of the possibilities of their direct transfer from the IT sector to the manufacturing environment of mechanical engineering enterprises. It is shown that high capital intensity, strict process regulation, long production cycles, and the high cost of errors limit the universality of flexible management methods. On this basis, the feasibility of using hybrid project management models that combine the predictive logic of traditional waterfall approaches with adaptive Agile tools is substantiated. The article analyzes the life cycle of a mechanical engineering project and identifies the stages at which the application of Agile approaches is most effective in terms of change management, innovativeness, and risk reduction. The obtained results make it possible to consider Agile not as an alternative to traditional management models, but as an element of the evolutionary transformation of the project management system in mechanical engineering. The formulated conclusions create a theoretical basis for further applied research aimed at developing tools for assessing enterprises' readiness to implement flexible and hybrid project management models.

Key words: *mechanical engineering, project management, Agile approaches, hybrid management models, project life cycle, management adaptability, industrial enterprises, crisis management, industry specificity.*

Received 15.01.2026

Accepted 30.01.2026

Published 30.04.2026

https://doi.org/10.33108/galicianvisnyk_tntu2026.02.257

Постановка проблеми. Сучасні машинобудівні підприємства України функціонують в умовах повномасштабної війни, цифрової трансформації, глобальної конкуренції, скорочення життєвого циклу продукції та зростання вимог до індивідуалізації виробів. У таких умовах ефективність управління проектами стає критичним чинником конкурентоспроможності. Традиційні каскадні підходи (Waterfall), що ґрунтуються на жорсткій послідовності етапів і фіксованих вимогах, не завжди забезпечують необхідну гнучкість та здатність швидко реагувати на зміни зовнішнього і внутрішнього середовищ.

Одним із перспективних напрямів підвищення результативності управління проектами є застосування Agile-підходів, які довели свою ефективність у сфері інформаційних технологій та розроблення програмного забезпечення. Водночас специфіка машинобудування – висока капіталомісткість, тривалі виробничі цикли, жорсткі технічні регламенти та значна вартість помилок – обмежує можливість прямого перенесення класичних Agile-моделей у виробничу практику. Це зумовлює необхідність науково обґрунтованої адаптації гнучких підходів до галузевих умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання Agile-управління проектами ґрунтовно висвітлені в роботах, присвячених розробленню програмного забезпечення. Класичним концептуальним джерелом є Маніфест Agile, в якому сформульовано базові цінності та принципи гнучкого управління проектами [1]. Подальший розвиток цих ідей представлено в працях К. Швабера та Д. Сазерленда, які описують методологію Scrum як одну з найпоширеніших Agile-практик [2]. У науковій літературі також розглядаються питання масштабування Agile та його застосування в організаціях зі складною структурою. Зокрема, у роботах Б. Боеема та Р. Тернера обґрунтовується доцільність використання гібридних моделей управління проектами, що поєднують елементи Agile та традиційних підходів [3]. Такі моделі розглядаються як компроміс між гнучкістю та необхідністю формалізації процесів.

Проблематику управління проектами в інженерних і машинобудівних галузях активно досліджують українські науковці в контексті підвищення ефективності

виробничих систем, управління складними технічними проєктами та інтеграції інноваційних підходів до менеджменту. Значна частина досліджень зосереджена на поєднанні проєктної та операційної діяльності підприємств машинобудування, а також на адаптації сучасних інструментів управління до умов високої технологічної складності та невизначеності.

У працях Ю. Теслі, Ю. Хлевної, О. Єгорченкова та ін. [4] розроблено метод узгодження проєктної та операційної діяльності в процесі виготовлення складної наукоємної продукції. Автори акцентують увагу на необхідності синхронізації короткотермінових виробничих процесів із довготерміновими проєктними цілями, що є характерним для машинобудівних підприємств із багаторівневою структурою управління. Запропоновані підходи формують передумови для впровадження гнучких методів управління, хоча безпосередньо Agile-підходи у дослідженні не розглядаються.

Питання планування проєктно-виробничої діяльності з використанням цифрових технологій досліджуються у роботах В. Веретельника, Т. Латишевої, Л. Кубявки та ін. [5], де запропоновано концепцію комбінованого планування із застосуванням цифрових двійників. Автори доводять, що цифровізація управління проєктами в машинобудуванні дозволяє підвищити адаптивність виробничих систем та скоротити часові витрати на прийняття управлінських рішень, що узгоджується з базовими принципами Agile-філософії, зокрема орієнтацією на швидке реагування на зміни.

Окремий напрям досліджень присвячено оцінюванню ефективності застосування проєктного управління в інженерній сфері. О. Мироненко [6] аналізує результативність використання проєктного менеджменту в управлінні інноваційними розробками, доводячи доцільність переходу від жорстких ієрархічних моделей управління до більш гнучких організаційних структур. Наголошено на значенні міждисциплінарних команд і швидкого зворотного зв'язку, що є концептуально близьким до Agile-підходів, однак специфіка машинобудівної галузі потребує додаткової адаптації таких методів.

У дослідженнях С. Кривої [7] розглянуто особливості проєктування складних технічних систем з урахуванням факторів невизначеності. Авторка наголошує на важливості гнучкості управлінських рішень у процесі реалізації інженерних проєктів, що особливо актуально для машинобудування, де зміни технічних вимог, ресурсних обмежень та зовнішнього середовища є системними. Такі висновки підтверджують доцільність використання ітеративних та адаптивних підходів до управління проєктами.

Проблеми управління підприємствами машинобудування в конкурентному середовищі розглянуто у працях Л. Ткачук та Н. Коваль [8], де акцентовано увагу на необхідності вдосконалення управлінських інструментів, зокрема в частині планування, контролю та координації діяльності. Автори зазначають, що традиційні методи управління не завжди відповідають сучасним викликам, що відкриває можливості для впровадження гнучких методологій управління проєктами.

Разом з тим, у більшості проаналізованих наукових праць Agile-підходи або не розглядаються безпосередньо, або згадуються фрагментарно без глибокої адаптації до специфіки машинобудівної галузі. Переважає орієнтація на класичні або гібридні моделі проєктного управління, тоді як питання системного впровадження Agile-методологій з урахуванням технологічної складності, регламентованості виробництва та високих вимог до якості продукції залишаються недостатньо опрацьованими. Таким чином, наявні наукові дослідження формують ґрунтовну теоретико-методологічну базу щодо управління проєктами в машинобудуванні, проте питання адаптації Agile-підходів до умов машинобудівних підприємств потребує подальшого наукового обґрунтування, що й зумовлює актуальність та мету даного дослідження.

Мета дослідження – дослідити можливості застосування Agile-підходів у машинобудівних проєктах та обґрунтувати напрями їх адаптації до галузевої специфіки.

Постановка завдання. Для досягнення поставленої мети визначено та вирішено такі наукові завдання: проаналізувати сучасні умови функціонування машинобудівної галузі України з урахуванням впливу воєнних, економічних, технологічних та інституційних факторів і визначити ключові виклики, що зумовлюють необхідність трансформації підходів до управління проектами; узагальнити та систематизувати наукові підходи до управління проектами, зокрема каскадні, гнучкі та гібридні моделі, з метою визначення їх можливостей і обмежень у контексті машинобудівного виробництва; дослідити еволюцію проектного управління в діяльності промислових і машинобудівних підприємств України, виокремивши етапи становлення та ключові тенденції розвитку в умовах ринкових трансформацій; розкрити сутність Agile-підходів та проаналізувати обмеження їх прямого застосування в машинобудуванні, зумовлені високою капіталомісткістю, регламентованістю процесів і тривалими виробничими циклами; обґрунтувати доцільність використання гібридних моделей управління проектами, що поєднують елементи Agile та традиційних каскадних підходів як найбільш прийнятний варіант для машинобудівних підприємств; проаналізувати життєвий цикл машинобудівного проекту та визначити етапи, на яких застосування гнучких підходів і окремих Agile-інструментів є методологічно та економічно обґрунтованим; сформулювати концептуальні напрями адаптації Agile-підходів до управління проектами в машинобудуванні, що враховують галузеву специфіку, рівень невизначеності, вимоги до якості та антикризову орієнтацію розвитку підприємств.

Виклад основного матеріалу. Сучасний стан машинобудівної галузі України формується під впливом економічних, технологічних і геополітичних факторів. Зокрема через тривалі наслідки повномасштабної війни та необхідність повоєнної відбудови промисловості основними викликами для підприємств важкого машинобудування стали фізичне руйнування виробничих потужностей, втрата логістичних маршрутів, зменшення внутрішнього та зовнішнього попиту, нестача кваліфікованих кадрів через вимушену міграцію населення, а також загострення інвестиційних ризиків [9].

Після повномасштабного вторгнення 2022 року частина машинобудівних підприємств переорієнтувалася на виробництво оборонної продукції, працює під держзамовленням або входить до складу оборонно-промислового комплексу. Одночасно уряд тимчасово обмежив доступ до даних про виробників ОПК, включно з інформацією про їхню локацію та виробничі потужності, щоб запобігти розкриттю тактичних даних потенційним противникам [10].

Ранні оцінювання уряду свідчили про те, що через війну бізнес подавав заяви на переміщення в безпечні регіони. Станом на кінець березня 2022 було зареєстровано понад 1160 заяв про переміщення, 108 підприємств уже переміщено, 50 – у процесі, знайдено 377 нових локацій [11].

Однак ці дані стосувалися усіх секторів економіки, були оперативними оцінками на початку війни. Вони не містять деталізованої інформації по галузях (наприклад, машинобудування окремо), і публічно не оновлювалися в режимі open data за наступні роки. Аналітичні дослідження оцінювали загальні втрати української промисловості від війни. За деякими оцінками, промислові підприємства зазнали збитків на понад 8.1 млрд доларів, і 422 підприємства були повністю або частково знищені (дані отримані зі звітів, надісланих у проект damaged.in.ua, реалізований Інститутом KSE).

Незважаючи на обмеженість можливостей повністю об'єктивного оцінювання сучасного стану машинобудівної галузі України на основі наявних аналітичних даних можна виокремити ключові ознаки й тенденції її розвитку (табл. 1).

Таблиця 1. Ключові ознаки й тенденції розвитку машинобудівної галузі України

Ключова тенденція	Зміст та характеристика	Очікуваний вплив на галузь
Відновлення та модернізація виробничих потужностей	Поступове відновлення зруйнованої інфраструктури у 2022–2025 рр. із паралельним оновленням обладнання за рахунок імпорту сучасних автоматизованих верстатів з ЄС, Японії та Південної Кореї	Підвищення точності, продуктивності та якості продукції, зростання міжнародної конкурентоспроможності
Зростання сегмента металопродукції та оборонного замовлення	Збільшення ринку металопродукції для машинобудування на 25–30%, що відбулося у 2024 р., зумовлене попитом оборонного сектора та потребами ремонту військової й цивільної техніки	Стимулювання завантаження виробничих потужностей, підтримання суміжних галузей
Диверсифікація виробництва та експорту	Розширення номенклатури продукції (аграрна, енергетична техніка, промислове обладнання), зростання експорту холодильного та вентиляційного обладнання з позитивним торговельним сальдо	Зменшення галузевих ризиків, посилення експортного потенціалу
Зростання геополітичних та логістичних обмежень	Вплив військових дій, обмежень логістики та заборон на експорт військової техніки; вимушене переміщення виробництв і персоналу	Нерівномірність розвитку підгалузей, орієнтація на внутрішні оборонні потреби
Діджиталізація та впровадження Industry 4.0	Автоматизація виробничих процесів, використання цифрових систем моніторингу й віддаленого управління	Підвищення операційної ефективності та інноваційної привабливості
Державна підтримка та інституційний розвиток	Податкові пільги, субсидії, фінансування модернізаційних проєктів; розвиток кластерів, міжвузівської кооперації та НДДКР	Формування передумов довготривалого сталого зростання галузі

Сформовано автором на основі [1–15].

Отже, в умовах економічної нестабільності, воєнних ризиків і структурних трансформацій промисловості машинобудування в Україні потребує реалізації комплексних антикризових стратегій, спрямованих не лише на відновлення виробничого потенціалу, а й на формування основ довготривалого сталого розвитку (рис. 1).

**Рисунок 1.** Комплексні антикризові стратегії галузі машинобудування в Україні

Сформовано автором.

Структурно-логічна схема розвитку машинобудівної галузі України (рис. 2) може слугувати інструментом візуалізації взаємодії зовнішніх і внутрішніх чинників, адаптаційних механізмів та довготривалих ефектів галузевої трансформації.

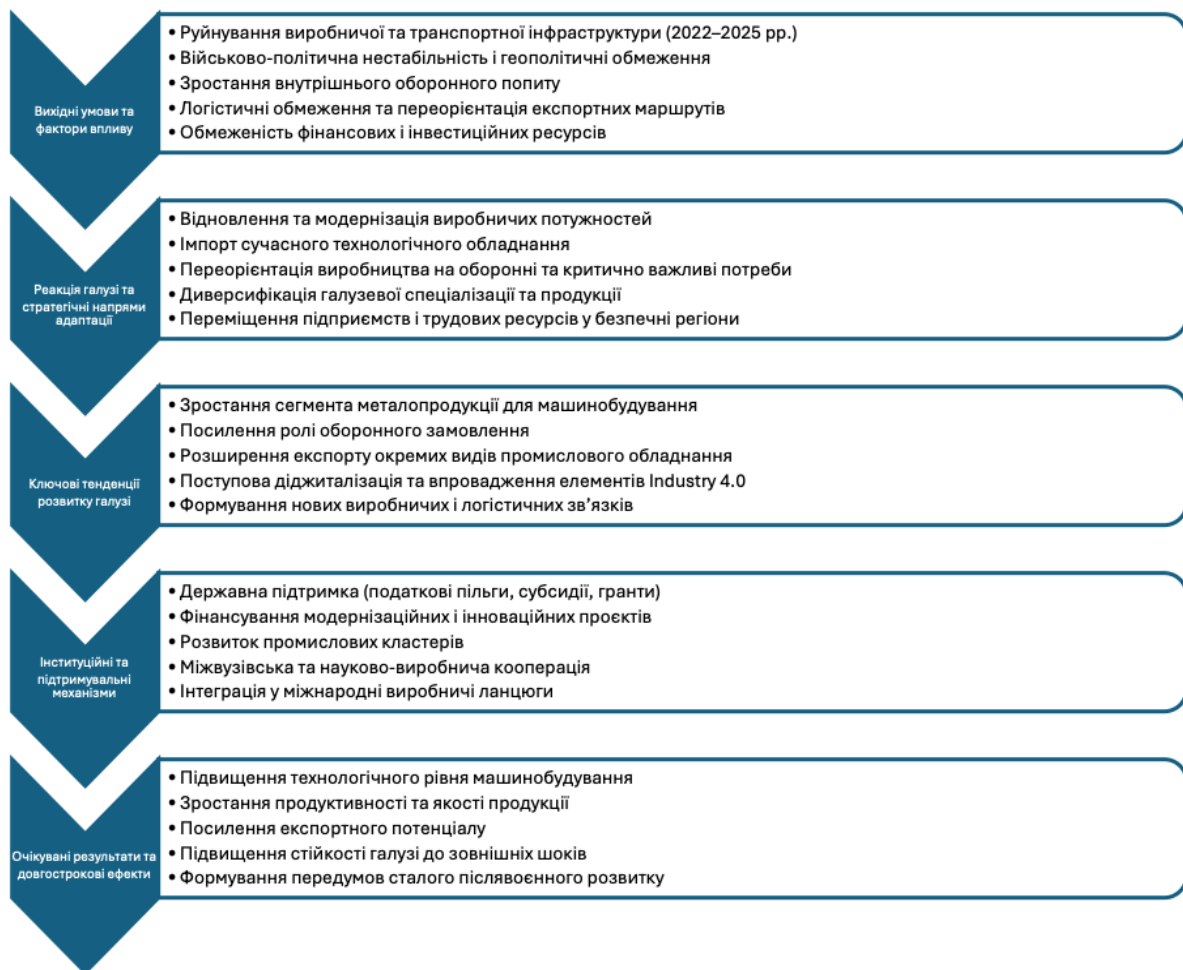


Рисунок 2. Структурно-логічна схема розвитку машинобудівної галузі України

Сформовано автором.

Ключовою умовою ефективності таких стратегій є оптимізація системи управління проектами як інструменту координації ресурсів, термінів і результатів діяльності підприємств.

Одним із пріоритетних антикризових напрямів є реструктуризація виробничих процесів з метою підвищення їх адаптивності до змін ринкового попиту та ресурсних обмежень. Це передбачає перехід від жорстко фіксованих виробничих програм до більш модульних і варіативних рішень, що дозволяють оперативно змінювати номенклатуру продукції. У цьому контексті проектне управління відіграє роль механізму узгодження технічних, економічних і часових параметрів трансформаційних процесів.

Оптимізація проектного управління є одним із ключових чинників підвищення стійкості машинобудівних підприємств. В умовах обмежених ресурсів особливої ваги набуває здатність ефективно планувати й контролювати реалізацію проектів модернізації, відновлення виробничих потужностей і розроблення нової продукції. Антикризова орієнтація проектного управління передбачає скорочення циклів прийняття управлінських рішень, підвищення прозорості виконання проектних завдань, ранню ідентифікацію ризиків та відхилень, гнучкий перерозподіл ресурсів між проектами. У

цьому контексті доцільним є впровадження гібридних моделей управління проєктами, які поєднують прогностичну логіку планування з адаптивними інструментами оперативного управління.

Важливим напрямом подолання кризових явищ є активізація інноваційної діяльності, зокрема в межах науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт. Проєктний підхід дозволяє структурувати інноваційні ініціативи, визначити їх пріоритетність і забезпечити контроль за досягненням запланованих результатів. Застосування адаптивних підходів до управління інноваційними проєктами дає змогу зменшити ризики невизначеності та підвищити ефективність використання інвестицій.

Антикризові стратегії розвитку машинобудівної галузі мають передбачати диверсифікацію як ринків збуту, так і продуктового портфеля підприємств. Реалізація таких стратегій здійснюється у формі окремих проєктів або програм розвитку, що вимагає застосування системного проєктного управління для узгодження стратегічних цілей з операційною діяльністю.

Довготривалий розвиток галузі неможливий без удосконалення інституційних механізмів управління та розвитку кадрового потенціалу. Формування проєктних офісів, підвищення кваліфікації менеджерів проєктів і поширення сучасних методів управління сприяють підвищенню організаційної зрілості підприємств і їх здатності ефективно реалізовувати антикризові та розвиткові ініціативи.

Оптимізація проєктного управління в машинобудуванні виступає не лише інструментом реагування на кризові виклики, а й основою переходу до моделі стійкого розвитку галузі. Системне застосування проєктного підходу дозволяє інтегрувати антикризові заходи в довготривалу стратегію підприємств, забезпечуючи їх конкурентоспроможність та інноваційний потенціал у післякризовий період.

Формування та впровадження проєктного управління в діяльність промислових підприємств України має еволюційний характер і тісно пов'язане з трансформацією національної економіки від централізованої планової системи (дорадянський та радянський періоди) до ринкових механізмів господарювання (пострадянський період та сучасність) (табл. 2). Особливе місце в цьому процесі посідають машинобудівні підприємства, діяльність яких традиційно характеризується високою складністю виробничих і технологічних процесів.

На сучасному етапі розвитку промисловості в Україні проєктне управління в машинобудуванні еволюціонує у напрямі поєднання класичних каскадних підходів із гнучкими та гібридними моделями. Каскадні моделі (зокрема Waterfall) зберігають актуальність для реалізації проєктів із чітко регламентованими вимогами, високим рівнем технічної визначеності та жорсткими нормативними обмеженнями, характерними для значної частини машинобудівної продукції.

Водночас зростання технологічної складності, динамічність зовнішнього середовища та необхідність оперативної адаптації до змін стимулюють впровадження гнучких підходів (Agile), орієнтованих на ітеративний розвиток, міжфункціональну взаємодію та безперервне уточнення вимог.

Поєднання цих підходів у межах гібридних моделей проєктного управління дозволяє узгоджувати вимоги стандартизації та контролю з потребами інноваційності й адаптивності, що є критично важливим для підвищення ефективності управління проєктами машинобудівних підприємств в умовах нестабільного ринкового середовища.

Застосування Agile-інструментів на етапах НДДКР, проектування та підготовки виробництва розглядається як відповідь на зростання невизначеності та потребу в швидкому прийнятті управлінських рішень. Водночас виробнича фаза зберігає високий рівень формалізації, що зумовлює доцільність гібридних моделей управління проєктами [16; 18].

Таблиця 2. Еволюція проектного управління на промислових підприємствах України

<i>Період</i>	<i>Економічний контекст</i>	<i>Характер управління підприємствами</i>	<i>Стан проектного управління</i>	<i>Особливості для машинобудування</i>
Дорадянський та радянський період (до 1991 р.)	Централізована планова економіка	Директивне планування, жорстка ієрархія, централізований розподіл ресурсів	Проектне управління як окрема концепція відсутнє; елементи проектного підходу існують фрагментарно без методологічного оформлення	Реалізація масштабних інженерних і виробничих програм у межах адміністративно-командної системи; відсутність автономії проектів
Початковий пострадянський період (1991 – кінець 1990-х рр.)	Перехід до ринкової економіки, скорочення держзамовлення, втрата традиційних ринків	Децентралізація управління, необхідність самостійного залучення інвестицій	Проектне управління починає застосовуватися як прикладний інструмент; використання має епізодичний характер і базується на запозичених західних підходах	Реалізація окремих інвестиційних, інноваційних і модернізаційних ініціатив у форматі проектів
Етап формування науково-освітньої бази (початок 2000-х рр.)	Інституційна стабілізація, розвиток ринку освітніх послуг	Поступове впровадження сучасних управлінських інструментів	Формування освітніх програм з управління проектами; професіоналізація сфери	Застосування проектного підходу в технічному переоснащенні, впровадженні систем якості, модернізації виробництва
Період систематизації та стандартизації (2010-ті рр.)	Інтеграція у міжнародний економічний простір	Розвиток корпоративних систем менеджменту	Інтеграція міжнародних стандартів (PMI, ISO); перехід до управління програмами та портфелями проектів	Проектне управління використовується як універсальний механізм узгодження стратегічних і операційних цілей
Сучасний етап	Нестабільне ринкове середовище, підвищені вимоги до адаптивності	Гнучкі та комбіновані управлінські підходи	Проектне управління розглядається як ключовий інструмент підвищення конкурентоспроможності	Підвищення адаптивності машинобудівних підприємств та ефективності управління розвитком

Узагальнено автором на основі [16–18].

Розглянемо, що таке Agile-підхід в управлінні проектами. Agile (або гнучкі підходи до управління проектами) – це сукупність принципів, методів і практик організації проектної діяльності, орієнтованих на адаптивність, ітеративність та швидке реагування на зміни зовнішнього і внутрішнього середовища. Сутність Agile полягає у відмові від жорстко фіксованих довготривалих планів на користь поетапного створення результату з постійним уточненням вимог, цілей і рішень у процесі виконання проекту. Концептуально Agile ґрунтується на положеннях Agile Manifesto [1], відповідно до яких пріоритет надається: людям та взаємодії понад процеси й інструменти; працездатному результату понад формальну документацію; співпраці із замовником понад контрактні узгодження; готовності до змін понад слідування початковому плану. Змістовно Agile передбачає поділ проекту на короткі ітерації (спринти), кожна з яких завершується створенням вимірюваного проміжного результату. Це забезпечує раннє виявлення ризиків, зниження втрат ресурсів та можливість оперативного коригування рішень. Управління в Agile базується на принципах самоорганізації команд, прозорості процесів, постійного зворотного зв'язку та безперервного вдосконалення (continuous improvement).

Проекти в машинобудуванні характеризуються низкою особливостей, що ускладнюють застосування класичних Agile-моделей [19] (рис. 3).

Особливості машинобудування	Базові вимоги Agile
• Тривалі виробничі цикли • Висока вартість помилок • Жорсткі технічні регламенти • Розгалужена система постачання • Об'ємна технічна документація	• Короткі ітерації та спринти • Допустимість швидких змін • Гнучкість вимог • Автономність команд • Мінімізація документації

Рисунок 3. Особливості машинобудівних проєктів та вимоги Agile

Сформовано автором.

Попри класичність, Waterfall, яка зазвичай застосовувалася у машинобудуванні, має низку обмежень: низька гнучкість до змін вимог, складність реагування на ринкові або технологічні зміни, відкладений зворотний зв'язок від замовника, ризик виявлення критичних недоліків на пізніх етапах. Саме ці обмеження стали передумовою поступового поєднання Waterfall із гнучкими підходами (Agile, Hybrid, Stage-Gate + Agile) у сучасному машинобудуванні.

У контексті промислових і машинобудівних підприємств сутність Agile трансформується з урахуванням технологічної складності, високої капіталомісткості та регламентованості виробничих процесів. Тут Agile не замінює класичні підходи до управління, а доповнює їх, формуючи гібридні моделі (Agile–Waterfall, Agile–Stage-Gate), що дозволяють поєднати гнучкість у фазах проєктування, інжинірингу та підготовки виробництва зі стабільністю виконання критичних технологічних операцій.

Незважаючи на зазначені обмеження (рис. 3), окремі принципи та інструменти Agile можуть бути ефективно використані в машинобудівних проєктах. Насамперед це стосується етапів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, де рівень невизначеності є найвищим. Ітеративне проєктування з використанням прототипів, цифрових двійників і комп'ютерного моделювання дає змогу отримувати ранній зворотний зв'язок та знижувати ризики помилок на пізніших стадіях [20].

Формування кросфункціональних команд, до складу яких входять конструктори, технологи, спеціалісти з якості та представники замовника, сприяє кращій координації та узгодженню рішень. Використання візуальних інструментів управління, зокрема Kanban-дошок, підвищує прозорість виконання завдань і полегшує контроль за ходом проєкту. Регулярні огляди результатів робіт (ретроспективи) дозволяють оперативно коригувати вимоги на ранніх етапах без суттєвих фінансових втрат.

Життєвий цикл машинобудівного проєкту можна представити як: Ініціація → Планування → Проєктування → Виробництво / Виготовлення → Тестування / Валідація → Впровадження. Моделі управління, які доречно застосовувати на кожному етапі, представлено у таблицях 3, 4. Отже, аналіз особливостей машинобудівних проєктів та принципів Agile-підходу свідчить про неможливість його універсального застосування на всіх етапах життєвого циклу проєкту. Водночас обґрунтованою є доцільність вибіркової інтеграції окремих принципів, методів та інструментів Agile у ті фази проєкту, які характеризуються підвищеним рівнем невизначеності та високою чутливістю до змін управлінських і технічних рішень. Ключовим напрямом адаптації Agile до машинобудування є використання гібридних моделей управління проєктами, що поєднують гнучкі та каскадні елементи [3, 7].

Таблиця 3. Моделі управління, які доречно застосовувати на кожному етапі життєвого циклу машинобудівного проекту

<i>Етап життєвого циклу</i>	<i>Зміст етапу</i>	<i>Особливості управління</i>	<i>Рекомендовані моделі управління</i>
Ініціація	Визначення цілей, доцільності проекту, первинне оцінювання ризиків, ресурсів і бюджету	Високий рівень невизначеності, стратегічні цілі	Waterfall (класичне планування), Stage-Gate, Agile Conceptual
Планування	Детальне планування термінів, ресурсів, бюджету; складання WBS (Work Breakdown Structure); визначення ключових показників ефективності	Формалізація завдань, ресурсів, термінів	Waterfall (детальне планування), Critical Path Method (CPM), Gantt Chart, PRINCE2
Проектування	Розроблення технічної документації, CAD-моделей, прототипів, вибір технологій і матеріалів	Часті зміни технічних рішень, прототипування	Agile (Scrum/Kanban для R&D), Concurrent Engineering
Виробництво / Виготовлення	Безпосереднє виготовлення деталей та вузлів, складання прототипів або серійних виробів	Чіткі технологічні процеси, контроль якості	Lean Manufacturing, Six Sigma, Waterfall для стандартних процесів
Тестування / Валідація	Перевірка відповідності технічним характеристикам, випробування продукції, усунення дефектів	Висока потреба у перевірках, корекціях	Iterative Testing, Agile (для швидкого усунення дефектів), Stage-Gate
Впровадження / Розгортання	Передавання готового продукту замовнику, монтаж, навчання персоналу	Координація з замовником, навчання персоналу	Waterfall (план упровадження), Agile (для адаптації до вимог замовника)
Закриття / Оцінювання	Оцінювання досягнення цілей проекту, фінальний аудит, аналіз помилок і уроків для наступних проектів	Аналіз результатів, lessons learned	Post-Mortem Analysis, PRINCE2 Closure, Agile Retrospective

Сформовано автором на основі [21–26].

Таблиця 4. Характеристика моделей управління

<i>Модель управління</i>	<i>Коротке визначення/характеристика</i>
Waterfall (Каскадна модель)	Послідовна модель, де етапи виконуються один за одним; зміни на пізніх етапах складно інтегрувати
Stage-Gate	Проект поділяється на етапи (stages) з контрольними точками (gates) для прийняття рішень про подальші роботи
Agile (Scrum, Kanban)	Гнучкий підхід з ітеративним розробленням та швидким реагуванням на зміни; Scrum – робота в спринтах, Kanban – візуалізація та обмеження незавершеної роботи
Critical Path Method (CPM)	Метод визначення критичного шляху завдань для мінімізації часу завершення проекту
Gantt Chart (Діаграма Ганта)	Візуальний інструмент для планування та контролю завдань на часовій шкалі з їх взаємозв'язками
PRINCE2	Методологія з акцентом на контроль, структурування процесів і чіткі ролі учасників; включає ініціацію, виконання та закриття
Concurrent Engineering	Паралельне виконання проєктних та виробничих робіт для скорочення часу розроблення і підвищення якості
Lean Manufacturing	Філософія виробництва для усунення втрат, оптимізації ресурсів та підвищення ефективності процесів
Six Sigma	Методологія управління якістю для зменшення дефектів і варіацій у виробничих процесах через статистичний контроль
Iterative Testing	Багатократне тестування продукту на різних стадіях розроблення для раннього виявлення та виправлення дефектів
Post-Mortem Analysis	Оцінювання результатів проекту після завершення для виявлення сильних і слабких сторін та уроків для майбутніх проектів
Agile Retrospective	Регулярний аналіз командою виконаних ітерацій з метою покращення процесів, взаємодії та продуктивності

Сформовано автором на основі [21–26].

Доцільним є застосування Agile-підходів на етапах НДДКР і проектування, де зміни є відносно дешевими, та поступовий перехід до більш формалізованих процедур на виробничій фазі. Обмеження гнучкості на етапі серійного виробництва зумовлене необхідністю дотримання стандартів якості, термінів і бюджету. Водночас принципи Agile можуть використовуватися для управління змінами та вдосконалення процесів у межах встановлених регламентів. Важливим елементом адаптації є формалізація документації в межах ітерацій. Це передбачає створення та актуалізацію технічної документації за результатами кожного спринту (фіксований, короткий період часу, протягом якого команда виконує певний набір завдань або робіт для досягнення визначеного результату), що забезпечує відповідність вимогам галузевих стандартів без втрати гнучкості управління. Ми систематизували етапи життєвого циклу машинобудівного проекту з позицій можливості та доцільності застосування гнучких підходів, а також оцінили очікувані ефекти від їх упровадження. Узагальнення результатів такого аналізу наведено в таблиці 5, де відображено відповідність між етапами життєвого циклу проекту, формами інтеграції Agile-підходів та їх впливом на ефективність управління машинобудівними проектами.

Таблиця 5. Відповідність між етапами життєвого циклу проекту, формами інтеграції Agile-підходів та їх впливом на ефективність управління машинобудівними проектами*

<i>Етап життєвого циклу машинобудівного проекту</i>	<i>Доцільність застосування Agile</i>	<i>Форми та інструменти Agile</i>	<i>Обґрунтування інтеграції</i>	<i>Основні ефекти від впровадження</i>
Ініціація	Обмежена / часткова	Agile Conceptual, ітеративні обговорення вимог	Високий рівень стратегічної та ринкової невизначеності; відсутність жорстко зафіксованих технічних рішень	Зменшення ризику помилкового вибору концепції; краща узгодженість цілей між замовником і командою
Планування	Низька	Окремі елементи адаптивного планування	Необхідність формалізації бюджету, ресурсів і термінів; домінування регламентованих процедур	Підвищення гнучкості уточнення окремих параметрів без порушення загального плану
Проектування (НДДКР, ДКР)	Висока (ключовий етап)	Scrum, Kanban, ітеративне прототипування, Concurrent Engineering	Максимальний рівень технічної невизначеності; відносно низька вартість змін; активне прототипування та моделювання	Раннє виявлення помилок; скорочення циклів проектування; підвищення якості інженерних рішень; покращення міжфункціональної взаємодії
Виробництво / виготовлення	Дуже обмежена	Agile для управління змінами, Kanban для допоміжних процесів	Жорстка регламентованість технологічних процесів; висока вартість відхилень; стандартизація	Підвищення прозорості виконання робіт; оперативне реагування на локальні відхилення без порушення регламентів
Тестування / валідація	Помірна	Iterative Testing, короткі ітерації усунення дефектів	Висока потреба в перевірках та корекціях; можливість ітеративного усунення недоліків	Скорочення часу реагування на дефекти; зниження ризику накопичення критичних помилок
Впровадження / розгортання	Помірна	Agile-взаємодія із замовником, адаптивне навчання	Необхідність адаптації продукту до умов експлуатації та вимог замовника	Підвищення прийнятності продукту; зменшення організаційних втрат під час передавання
Закриття / оцінка	Помірна	Agile Retrospective, lessons learned	Аналіз результатів і формування знань для майбутніх проектів	Накопичення організаційного досвіду; підвищення зрілості системи управління проектами

Сформовано автором.

Висновки. Обґрунтовано доцільність адаптації Agile-підходів до управління проєктами в машинобудуванні з урахуванням високої невизначеності, структурних трансформацій, воєнних ризиків і зростання вимог до інноваційності та адаптивності виробництва. Доведено, що за таких умов ефективне управління проєктами набуває стратегічного значення для забезпечення стійкості та конкурентоспроможності машинобудівних підприємств. Встановлено обмежену ефективність класичних каскадних моделей у динамічному зовнішньому середовищі та методологічну необґрунтованість прямого перенесення Agile-підходів, сформованих у сфері програмного забезпечення, у машинобудівну практику з огляду на її галузеву специфіку.

Найперспективнішим напрямом розвитку системи управління проєктами в машинобудуванні визначено застосування гібридних моделей, що поєднують прогнозне каскадне планування з адаптивними інструментами Agile. Обґрунтовано доцільність вибіркової інтеграції Agile-інструментів у фази науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, проєктування та підготовки виробництва, де ітеративність, прототипування та міжфункціональна взаємодія забезпечують максимальний управлінський ефект за відносно низької вартості змін. На етапах серійного виробництва та впровадження пріоритет зберігають формалізовані підходи, а принципи Agile доцільно застосовувати переважно в управлінні змінами та вдосконаленні допоміжних процесів.

Agile-підходи в машинобудуванні доцільно розглядати як складову еволюційної трансформації системи проєктного управління, інтегрованої в антикризові стратегії та довготривалі програми розвитку галузі. Отримані результати формують теоретико-методологічну основу для подальших досліджень, спрямованих на розроблення інструментів оцінювання готовності машинобудівних підприємств до впровадження Agile та обґрунтування вибору традиційних, гібридних або гнучких моделей управління проєктами з урахуванням конкретних умов їх функціонування.

Conclusions. The study substantiates the feasibility of adapting Agile approaches to project management in mechanical engineering, taking into account the high level of uncertainty, structural transformations, wartime risks, and the growing requirements for innovation and production adaptability. It is demonstrated that under such conditions effective project management acquires strategic importance for ensuring the resilience and competitiveness of mechanical engineering enterprises. The limited effectiveness of classical waterfall models in a dynamic external environment and the methodological inadequacy of directly transferring Agile approaches developed in the software industry to mechanical engineering practice, given its sectoral specifics, are established.

The most promising direction for the development of project management systems in mechanical engineering is identified as the application of hybrid models that combine predictive waterfall planning with adaptive Agile tools. The expediency of selectively integrating Agile instruments into the phases of research and development, engineering design, and production preparation is substantiated, where iteration, prototyping, and cross-functional interaction provide the greatest managerial effect at a relatively low cost of change. At the stages of serial production and implementation, formalized management approaches remain dominant, while Agile principles are advisable mainly for change management and the improvement of supporting processes.

Agile approaches in mechanical engineering should be regarded as a component of the evolutionary transformation of project management systems integrated into anti-crisis strategies and long-term sectoral development programs. The obtained results form a theoretical and methodological basis for further research aimed at developing tools to assess the readiness of mechanical engineering enterprises for Agile implementation and to justify managerial decisions on the selection of traditional, hybrid, or agile project management models in accordance with specific operating conditions.

Список використаних джерел

1. Agile Manifesto. Manifesto for Agile Software Development. 2001. URL: <https://agilemanifesto.org> (дата звернення: 05.01.2026).
2. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide. Scrum.org, 2020. URL: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (accessed: 05.01.2026).
3. Boehm B., Turner R. Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed. Boston: Addison-Wesley, 2004. 336 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-24675-6_1
4. Тесля Ю. М., Хлевна Ю. Л., Єгорченков О. В. та ін. Development of a method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. № 5/3 (113). С. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247248>
5. Веретельник В. М., Латишева Т. А., Кубявка Л. М. та ін. Development of a concept of combined project-production activities planning using digital twins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2024. № 1/3 (127). С. 23–34. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311751>
6. Мироненко О. О. Assessing the efficiency of application of project management in the field of engineering of innovative developments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2023. № 4/3 (124). С. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285542>
7. Кривова С. Г. Designing complex technical systems considering uncertainty factors. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2025. № 1. С. 112–121. Doi: [https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1\(104\).316582](https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1(104).316582)
8. Ткачук Л. М., Коваль Н. О. Проблеми та перспективи управління підприємствами машинобудування в конкурентному середовищі. *Інноваційна економіка*. 2023. № 3. С. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2023.3.28.33>
9. Стан промисловості Донбасу в умовах війни: аналітичний звіт. Центр економічного відновлення. 2023. URL: <https://cer.org.ua/analytics/stan-promyslovosti-donbasu-v-umovakh-vijny> (дата звернення: 05.01.2026).
10. Про затвердження Порядку тимчасового обмеження доступу до інформації щодо підприємств, установ та організацій у сфері оборонно-промислового комплексу: постанова Кабінету Міністрів України від 03.10.2025 № 1257 URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KP251257> (дата звернення: 05.01.2026).
11. Економіка України під час війни: оперативна оцінка, квітень 2022. URL: https://ces.org.ua/wp-content/uploads/2022/04/UKR_Економіка-України-під-час-війни.pdf (дата звернення: 05.01.2026).
12. Дніпропетровське інвестиційне агентство. Ukrainian market of steel products for mechanical engineering grew by 25–30% in 2024 URL: <https://dia.dp.gov.ua/en/ukrainian-market-of-steel-products-for-mechanical-engineering-grew-by-25-30-in-2024> (дата звернення: 05.01.2026).
13. Export and industry performance – Diia Business. Analysis of Ukrainian machinery export trends and automation efforts. 2024. URL: <https://export.gov.ua/directory/industry/machinery> (дата звернення: 05.01.2026).
14. GMK Center. Ukrainian market of steel products for mechanical engineering to grow by 25–30% in 2024 URL: <https://gmk.center/en/opinion/ukrainian-market-of-steel-products-for-mechanical-engineering-to-grow-by-25-30-in-2024> (дата звернення: 05.01.2026).
15. Целикова А., Миско Є. Сучасний стан і проблеми розвитку машинобудівних підприємств в Україні. *Український журнал прикладної економіки і технологій*. 2024. № 2. С. 228–235. Doi: 10.36887/2415-8453-2024-2-39.
16. Батенко Л. П. Еволюція проектного менеджменту в умовах трансформації економіки України. *Наукові праці ДВНЗ «Київський національний економічний університет імені Вадима Гетьмана»*. 2016. № 2. С. 45–56. URL: <https://ir.kneu.edu.ua/handle/2010/18666> (дата звернення: 05.01.2026).
17. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». Історія кафедри стратегічного управління. Харків, 2020. URL: <https://kpi.kharkov.ua/ukr/structure/strategic-management/> (дата звернення: 05.01.2026).
18. Кривов Г. О., Зворикін К. О., Кривова С. Г. Управління проектами у наукоємному машинобудуванні : монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 312 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30187> (дата звернення: 05.01.2026).
19. ISO 21502:2020. Project, programme and portfolio management Guidance on project management. Geneva: ISO, 2020.
20. Cooper R. G. Winning at New Products: Creating Value Through Innovation. New York : Basic Books, 2019. 416 p.
21. Schwaber K., Sutherland J. The Scrum Guide. Scrum.org, 2020. URL: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (дата звернення: 14.01.2026).
22. Leech B., Hanslo R. The evolution of agile and hybrid project management methodologies: A systematic literature review. *arXiv*. 2025. URL: <https://arxiv.org/abs/2511.02859> (дата звернення: 14.01.2026).

23. Lee S., Shvetsova O. A. Optimization of technology transfer using Gantt charts and critical path analysis. *Processes*. 2019. Vol. 7. No. 12. Article 917. URL: <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/9/917> (дата звернення: 14.01.2026).
24. Wadhwa K. The role of Gantt chart in project management: Master's thesis. Vaasa University of Applied Sciences, 2024. URL: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/865913/Wadhwa_Kanika.pdf (дата звернення: 14.01.2026).
25. Womack J. P., Jones D. T. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press, 2003. 416 p.
26. PMI. *A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide)*. 7th ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.

References

1. Agile Manifesto (2001). Manifesto for Agile Software Development. Available at: <https://agilemanifesto.org> (accessed: 5 January 2026).
2. Schwaber K., Sutherland J. (2020) The Scrum Guide. Scrum.org, 2020. Available at: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (accessed: 5 January 2026).
3. Boehm B., Turner R. (2004). *Balancing Agility and Discipline: A Guide for the Perplexed*. Boston: Addison-Wesley, 336 p. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-540-24675-6_1
4. Teslia Yu. M., Khlevna Yu. L., Yehorchenkov O. V. ta in. (2021) Development of a method of coordination of project and operational activities in the process of manufacturing complex knowledge-intensive products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 5/3 (113), pp. 6–15. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.247248>
5. Veretelnik V. M., Latysheva T. A., Kubiavka L. M. ta in. (2024) Development of a concept of combined project-production activities planning using digital twins. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 1/3 (127), pp. 23–34. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311751>
6. Myronenko O. O. (2023) Assessing the efficiency of application of project management in the field of engineering of innovative developments. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, no. 4/3 (124), pp. 39–47. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.285542>
7. Kryvova S. H. (2025) Designing complex technical systems considering uncertainty factors. *Marketynh i menedzhment innovatsii*, no. 1, pp. 112–121. DOI: [https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1\(104\).316582](https://doi.org/10.20535/2521-1943.2025.9.1(104).316582)
8. Tkachuk L. M., Koval N. O. (2023) Problemy ta perspektyvy upravlinnia pidpriemstvamy mashynobuduvannia v konkurentnomu seredovyschi [Problems and prospects of management of machine-building enterprises in a competitive environment]. *Innovatsiina ekonomika [Innovative economy]*, no. 3, pp. 28–33. DOI: <https://doi.org/10.31649/ins.2023.3.28.33>
9. Stan promyslovosti Donbasu v umovakh viiny: analitychnyi zvit. Tsentri ekonomichnogo vidnovlennia [The state of Donbas industry in the conditions of war: an analytical report. Center for Economic Recovery]. 2023. Available at: <https://cer.org.ua/analytics/stan-promyslovosti-donbasu-v-umovakh-viiny> (accessed: 5 January 2026).
10. Pro zatverdzhennia Poriadku tymchasovoho obmezhenia dostupu do informatsii shchodo pidpriemstv, ustanov ta orhanizatsii u sferi oboronno-promyslovoho kompleksu [On the approval of the Procedure for temporary restriction of access to information regarding enterprises, institutions and organizations in the field of defense-industrial complex]: postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 03.10.2025 № 1257. Available at: <https://ips.ligazakon.net/document/KP251257> (accessed: 2 January 2026).
11. *Ekonomika Ukrainy pid chas viiny: operativna otsinka, kviten 2022* [Economy of Ukraine during the war: operational assessment, April 2022]. Available at: https://ces.org.ua/wp-content/uploads/2022/04/UKR_Ekonomika-Ukrainy-pid-chas-viiny.pdf (accessed: 5 January 2026).
12. Dnipropetrovske investytsiine ahentstvo [Dnipropetrovsk Investment Agency]. Ukrainian market of steel products for mechanical engineering grew by 25–30% in 2024. Available at: <https://dia.dp.gov.ua/en/ukrainian-market-of-steel-products-for-mechanical-engineering-grew-by-25-30-in-2024> (accessed: 5 January 2026).
13. Export and industry performance – Diia Business. Analysis of Ukrainian machinery export trends and automation efforts. 2024. Available at: <https://export.gov.ua/directory/industry/machinery> (accessed: 5 January 2026).
14. GMK Center. Ukrainian market of steel products for mechanical engineering to grow by 25–30% in 2024. Available at: <https://gmk.center/en/opinion/ukrainian-market-of-steel-products-for-mechanical-engineering-to-grow-by-25-30-in-2024> (accessed: 5 January 2026).
15. Tselykova A., Mysko Ye. (2024) SAAuchasnyi stan i problemy rozvytku mashynobudivnykh pidpriemstv v Ukraini [The current state and problems of the development of machine-building enterprises in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal prykladnoi ekonomiky i tekhnolohii [Ukrainian Journal of Applied Economics and Technologies]*, no. 2, pp. 228–235. Doi: 10.36887/2415-8453-2024-2-39.

16. Batenko L. P. (2016) Evoliutsiia proiektnoho menedzhmentu v umovakh transformatsii ekonomiky Ukrainy [Evolution of project management in the conditions of transformation of the economy of Ukraine]. Naukovi pratsi DVNZ "Kyivskyi natsionalnyi ekonomichnyi universytet imeni Vadyma Hetmana" [Scientific works of the Kyiv National University of Economics named after Vadym Hetman], no. 2, pp. 45–56. Available at: <https://ir.kneu.edu.ua/handle/2010/18666> (accessed: 5 January 2026).
17. Natsionalnyi tekhnichnyi universytet «Kharkivskyi politekhnichnyi instytut». Istoriia kafedry stratehichnoho upravlinnia [National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». History of the Department of Strategic Management]. Kharkiv, 2020. Available at: <https://kpi.kharkov.ua/ukr/structure/strategic-management/> (accessed: 5 January 2026).
18. Kryvov H. O., Zvorykin K. O., Kryvova S. H. (2019). Upravlinnia proektamy u naukoiemnomu mashynobuduvanni: monohrafiia [Project management in science-intensive mechanical engineering: monograph]. Kyiv: KPI im. Ihoria Sikorskoho, 312 p. Available at: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/30187> (accessed: 5 January 2026).
19. ISO 21502:2020. Project, programme and portfolio management Guidance on project management. Geneva: ISO, 2020.
20. Cooper R. G. (2019). Winning at New Products: Creating Value Through Innovation. New York: Basic Books, 416 p.
21. Schwaber K., Sutherland J. (202) The Scrum Guide. Scrum.org. Available at: <https://scrumguides.org/scrum-guide.html> (accessed: 14 January 2026).
22. Leech B., Hanslo R. (2025) The evolution of agile and hybrid project management methodologies: A systematic literature review. arXiv. Available at: <https://arxiv.org/abs/2511.02859> (accessed: 14 January 2026).
23. Lee S., Shvetsova O. A. (2019) Optimization of technology transfer using Gantt charts and critical path analysis. Processes, vol. 7, no. 12, pp. 917. Available at: <https://www.mdpi.com/2227-9717/7/12/917> (accessed: 14 January 2026).
24. Wadhwa K. (2024) The role of Gantt chart in project management: Master's thesis. Vaasa University of Applied Sciences, Available at: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/865913/Wadhwa_Kanika.pdf (accessed: 14 January 2026).
25. Womack J. P., Jones D. T. (2003) Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. New York: Free Press, 416 p.
26. PMI. A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide). 7th ed. Newtown Square: Project Management Institute, 2021.