

ОБЛІК, АНАЛІЗ ТА АУДИТ

УДК: 330.341.1:657

JEL classification: O32, O33, M41, L21

DOI: [https://doi.org/10.32515/2663-1636.2025.14\(47\).291-301](https://doi.org/10.32515/2663-1636.2025.14(47).291-301)

Р. В. Романів, доц., канд. екон. наук

*Західноукраїнський національний університет, м. Тернопіль, Україна***Технологічна зрілість (TRL) як інструмент узгодження інноваційного процесу й облікових рішень підприємства**

Стаття присвячена дослідженню показника «технологічна зрілість» та необхідності його використання в обліково-аналітичній системі підприємства при відображенні інноваційної діяльності підприємства. Визначення такого показника дає змогу мінімізувати технічні, фінансові та ринкові ризики, оптимізувати структуру інвестицій та забезпечити досягнення стратегічних цілей розвитку. Значення технологічної зрілості виходить за межі суто технічного виміру. Це поняття виконує роль **системного індикатора**, що поєднує інженерні характеристики, ринкову привабливість, економічну доцільність, управлінські пріоритети та обліково-аналітичні критерії. В умовах цифровізації, прискореної інноваційної динаміки та зростання частки нематеріальних активів у структурі капіталу підприємств, технологічна зрілість стає одним із головних орієнтирів стратегічного планування.

В статті визначено і охарактеризовано етапи становлення поняття «технологічної зрілості», оскільки це є необхідним для розуміння еволюції підходів щодо оцінювання інновацій та формування сучасних методів управління технологічними ризиками. Аналіз таких етапів дозволяє не лише відтворити закономірності формування показників рівнів **технологічної готовності** як наукової категорії, але й обґрунтувати її потенціал для застосування в економічній, управлінській та обліковій сферах. Досліджено концепцію «Рівні технологічної зрілості» (**Technology Readiness Levels (TRL)**). Це шкала, яка складається з дев'яти послідовних рівнів, кожному з яких відповідали чіткі технічні критерії, експериментальні докази та документальні підтвердження інноваційного процесу. Такий підхід забезпечує уніфікацію процесу оцінювання етапів інноваційного процесу, дозволяє стандартизувати звітність, синхронізувати інженерні, управлінські та фінансові рішення й суттєво знизити технологічні ризики.

Зроблено пропозиції щодо інтеграції показників рівнів **технологічної готовності** у нормативну базу бухгалтерського обліку, що дозволить об'єктивно визначити стадію розвитку технології, і усунути суб'єктивність у рішеннях щодо розмежування витрат на дослідження та розробку, капіталізації витрат та визнання нематеріальних активів.

облік інноваційної діяльності, технологічна зрілість, дослідження, розробки.

Постановка проблеми. В умовах стрімкої цифрової трансформації та зростання ролі нематеріальних активів у формуванні вартості підприємств особливої актуальності набуває питання об'єктивного оцінювання стадій розвитку технологій. Традиційні облікові підходи, засновані переважно на ретроспективній інформації, виявляються недостатніми для відображення інноваційного процесу, який є нелінійним, ризиковим та залежним від рівня технологічної готовності. Однією з ключових проблем є суб'єктивність у розмежуванні витрат на дослідження та розробку, визначенні моменту капіталізації інноваційних витрат і визнанні нематеріальних активів, що призводить до різночитань у звітності, зростання інформаційних ризиків та зниження якості управлінських рішень.

Попри активне використання системи TRL у технічних науках, інженерії, оборонній сфері та державному управлінні інноваціями, її потенціал як інструменту обліково-аналітичної підтримки управління інноваційною діяльністю залишається недостатньо реалізованим. Відсутність нормативного закріплення рівнів технологічної зрілості в облікових стандартах обумовлює різну інтерпретацію етапів створення й розвитку технології, що ускладнює формування прозорої інформаційної бази для інвесторів, аудиторів, менеджерів та регуляторів.

Таким чином, виникає потреба у науковому обґрунтуванні можливостей

інтеграції показників технологічної зрілості (TRL) в систему бухгалтерського обліку та аналізу. Це дозволить гармонізувати інженерні, управлінські та фінансові підходи до оцінювання інновацій, підвищити точність облікових оцінок, забезпечити зіставність інформації й мінімізувати ризики, пов'язані з інноваційною діяльністю підприємства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літератури свідчить, що питання, пов'язані з концепцією технологічної зрілості розглядалися, в основному, в працях зарубіжних авторів. Одним з перших дослідників вказаної концепції є Дж. Менкінс [9], який сформував і логічно впорядкував дев'ятирівневу шкалу оцінювання технологічної готовності. Він визначав TRL як інструмент стандартизованого контролю за технологічним прогресом від базових досліджень до повноцінного впровадження. Дж. Менкінс підкреслював важливу роль TRL як механізму управління ризиками та забезпечення прозорості технологічного життєвого циклу. Розроблена шкала створена для усунення суб'єктивності при ухваленні управлінських рішень щодо фінансування й переходу між стадіями проекту. К. Крістенсен продовжив дослідження концепції TRL в контексті феномену «підривних» інновацій. Ідеї Крістенсена підкреслюють необхідність таких інструментів, як TRL, які дозволяють формалізувати стадію розвитку технології та уникнути ситуації, коли управлінські й фінансові рішення фактично блокують розвиток підривних інновацій.

Б.-О. Лундвалль [8] розвиває підхід національних інноваційних систем, акцентуючи увагу на «інтерактивному навчанні», взаємодії користувачів і виробників, ролі інститутів і мереж у формуванні інноваційного потенціалу. У такому підході знання й технології розглядаються як результат постійної взаємодії, а не лінійного процесу «від науки до ринку». При цьому TRL як інструмент оцінки технологічної зрілості може бути інтерпретована, як одна з «фокусуючих луп» (analytical focusing devices), що дозволяє узгодити очікування різних акторів - інженерів, менеджерів, інвесторів, державних органів.

М. Маццукато [10] радикально переосмислює роль держави в інноваційному розвитку, показуючи, що публічний сектор не лише створює сприятливе середовище, але й виступає активним «підприємцем», який фінансує ранні, надризикові етапи інновацій (низькі рівні TRL). Концепція «підприємницької держави» логічно підводить до необхідності стандартизованих критеріїв оцінки зрілості технологій, які можуть бути інтегровані у фінансову та управлінську звітність.

Е. Пульезе, Дж. Чіміні, А. Габріеллі, А. Дзаккарія [11] досліджують коеволюцію науки, технологій і виробництва на рівні країн, з використанням інструментарію комплексних мереж і системних показників розвитку. Автори зазначають, що інноваційна система функціонує як взаємопов'язане мережеве середовище, де наукові результати, технологічні можливості та виробничі компетенції взаємно підсилюють одне одного. Це підкреслює, що технологічна зрілість не є суто «лабораторним» або інженерним параметром, а вбудована в ширший контекст науково-технологічної та виробничої спеціалізації країни. Таким чином, показники TRL можуть розглядатися не лише як мікрорівневі характеристики окремого проекту, а як «вузли» у системі зв'язків між знаннями, технологією і виробництвом, які повинні бути адекватно відображені в обліково-аналітичній системі підприємства для узгодження внутрішніх рішень із зовнішнім інноваційним середовищем.

С. Іфанті і Н. Саккас [14] розглядають TRL у новому контексті - екосистемної інновації. Автори критикують традиційне лінійне трактування TRL та пропонують переосмислення шкали з урахуванням багатосторонньої участі стейкхолдерів, цифрових платформ спільної розробки, інтеграції TRL із соціальними та економічними

показниками зрілості технології. Автори пропонують розширені моделі TRL, які потенційно можуть бути адаптовані до потреб інформаційних потреб підприємства

У нечислених роботах вітчизняних авторів теж підкреслюється важливість дослідження технології TRL. Зокрема, О. Артюхов, К. Артюхова та А. Самойлікова [1] вказують на можливість поєднання TRL-підходу зі системним (скриньковим) моделюванням трансферу технологій і життєвого циклу продукту. Окрім TRL, автори враховують ще інші шкали: Integration Readiness Level (IRL) і Intellectual Property Readiness Level (IPRL). Застосування на макрорівні «скринькової моделі» трансферу технологій, дозволяє розглядати інноваційний процес як систему з вхідними, вихідними, управлінськими та зовнішніми (збурюючими) параметрами. Це системний підхід, що дозволяє аналізувати і життєвий цикл продукту, і процес трансферу інновацій, і ефективність переходу від ідеї до ринкового застосування.

Узагальнюючи проаналізовані наукові дослідження слід відзначити, що незважаючи на всебічне дослідження концепції TRL, дана технологія розглядається, як частина інноваційного й технологічного дискурсу, але не як формалізований інструмент обліково-аналітичної системи підприємства. Саме недостатність розгляду зв'язку між рівнями технологічної зрілості та обліковими рішеннями і зумовлює наукову новизну та практичну значущість запропонованого дослідження.

Постановка завдання. З огляду на виявлені суперечності між динамікою інноваційного процесу та існуючими підходами до облікового відображення результатів досліджень і розробок, необхідним є формування методичного підґрунтя, яке дозволить інтегрувати показники технологічної зрілості (TRL) у систему обліково-аналітичного забезпечення підприємства. Для досягнення цієї мети передбачається проаналізувати еволюцію шкали TRL і визначити її методологічний потенціал для застосування в економічних, управлінських та облікових моделях. Це дасть можливість обґрунтувати можливості застосування TRL як інструменту об'єктивізації облікових оцінок, зокрема щодо встановлення стадії розвитку технології, визначення моменту переходу від досліджень до розробок та прийняття рішення про капіталізацію.

Виклад основного матеріалу. Відносно новим поняттям для вітчизняної інноваційної діяльності є показник технологічної зрілості, який оцінює ступінь готовності технологічних рішень до практичного застосування. Технологічна зрілість визначає наскільки технологія підготовлена до масштабування, комерціалізації, інтеграції в операційне середовище та генерації економічних вигід. Вона є критично важливою для прийняття рішень на кожному етапі інноваційного циклу від фундаментальних досліджень і прикладних розробок до тестування, впровадження та техніко-економічної експлуатації. В умовах, коли технологічні інновації дедалі частіше матеріалізуються у формі нематеріальних активів, а витрати на їх створення становлять вагомому частку ресурсів підприємства, постає нагальна потреба інтегрувати оцінку технологічної зрілості в систему бухгалтерського обліку.

Вивчення історичної еволюції та багатовимірної сутності технологічної зрілості дозволяє усвідомити, що цей показник виконує не лише технічну чи управлінську функцію, але й має фундаментальне значення для формування достовірної, об'єктивної та корисної облікової інформації про результати НДДКР. Саме розуміння траєкторії становлення технологічної зрілості створює методологічний фундамент для її інтеграції в сучасні моделі оцінювання результатів НДДКР і прийняття обґрунтованих, верифікованих управлінських та облікових рішень.

Це зумовлено тим, що рівень технологічної зрілості прямо впливає на класифікацію, визнання та оцінку витрат за етапами досліджень і розробок. Фактично вказаний показник може виступати об'єктивним критерієм розмежування стадії дослідження (research) і стадії розробок (development), які мають різний

методологічний статус згідно з міжнародними стандартами, наприклад МСБО 38 «Нематеріальні активи» [2]. Саме відповідність розробки певному рівню технологічної готовності продукту підтверджує досягнення технічної здійсненності, економічної доцільності та потенціалу створення майбутніх економічних вигід, тобто тих характеристик, що формують підставу для капіталізації витрат.

У такому контексті показник технологічної зрілості стає інструментом зменшення суб'єктивності облікових суджень, підвищення прозорості документування НДДКР, забезпечення доказовості управлінських рішень та якісного формування нематеріальних активів. Його інтеграція в обліковий процес дозволяє формувати структуровані процедури документування інноваційних етапів, узгоджувати технічні, економічні та облікові критерії розвитку технології, а також створює методологічне підґрунтя для об'єктивної оцінки ефективності інноваційної діяльності.

Аналіз літератури дозволяє стверджувати, що поняття «технологічна зрілість» (technological maturity) сформувалося, як результат тривалого розвитку поглядів на процес створення, оцінювання та впровадження технологічних інновацій. Еволюція цього терміну охоплює декілька наукових і практичних етапів, кожен з яких розкриває специфічні аспекти взаємодії науки, техніки, економіки та управління (табл. 1).

Таблиця 1 - Періодизація становлення поняття «технологічна зрілість»

Етап	Період	Сутність розвитку поняття	Науковий результат
1. Формування передумов	1950-1970	Технологія розглядається як результат науково-технічного прогресу. Виникають перші неформалізовані критерії готовності технологій.	Зародження інженерних методів вимірювання прогресу технологій
2. Концептуалізація NASA (початок TRL)	1970-1980	NASA вперше формалізує ідею поетапного розвитку технології.	Створення методології Technology Readiness Levels (TRL) - дев'ятиступеневої шкали технологічної готовності.
3. Індустріалізація та розширення застосування TRL	1980-2012	TRL інтегрується в оборонні, аерокосмічні, машинобудівні та high-tech галузі.	TRL стає міжнародним технічним стандартом оцінювання готовності технологій.
4. Нормативна стандартизація (ISO 16290)	2013	Уніфікація TRL на міжнародному рівні. Визначення критеріїв, рівнів і документальних доказів набуває статусу стандарту ISO.	Прийняття стандарту ISO 16290:2013, який фіксує офіційні визначення TRL та критерії досягнення кожного рівня.
5. Системний та інноваційний підхід (ISO 56002)	2019	Технологічна зрілість розглядається у контексті відкритих інновацій, ринкової адаптації, техніко-економічних рішень.	Інтеграція TRL у стандарти інноваційного менеджменту.

Джерело: Складено автором на підставі [4; 10; 11]

Розглянемо розширене пояснення вказаної періодизації. В середині ХХ століття технологічні системи розглядалися передусім як кінцевий продукт науково-технічного прогресу. У цьому періоді домінували уявлення про технологію як технічний артефакт, що проходить шлях від винаходу до комерційного застосування. Перші спроби оцінити ступінь готовності технологічних рішень мали суто інженерний характер і ґрунтувалися на показниках надійності, відповідності технічним вимогам, результатах експериментів та прототипів. У наукових колах ця стадія характеризувалася становленням розуміння того, що життєвий цикл технології є ієрархічним і поетапним.

Справжня трансформація поняття технологічної зрілості розпочалася саме в NASA у 1974 -1978 роках, коли перед агентством постали унікальні технічні та

управлінські виклики. Космічні програми вимагали одночасного контролю десятків різномірних технологій, які перебували на різних стадіях наукового, лабораторного й інженерного опрацювання. Водночас існуючі підходи до оцінювання готовності технологій були фрагментарними, неуніфікованими та залежали від суб'єктивних висновків окремих конструкторських груп. Це створювало суттєві ризики: технології могли бути включені в складні космічні системи без належної перевірки, що приводило до зривів місій, перевитрат бюджетів і непередбачених технологічних відмов.

У відповідь на ці проблеми NASA розробила концепцію, що згодом отримала назву Technology Readiness Levels. Вперше було запропоновано не описову, а формально структуровану шкалу, яка відображала повний шлях розвитку технології від зародження ідеї до її реального функціонування в операційному середовищі. Ця шкала складалася з дев'яти послідовних рівнів, кожному з яких відповідали чіткі технічні критерії, експериментальні докази та документальні підтвердження (табл. 2). Такий підхід забезпечив уніфікацію процесу оцінювання, дозволив стандартизувати звітність, синхронізувати інженерні, управлінські та фінансові рішення й суттєво знизити технологічні ризики.

Таблиця 2 - Рівні технологічної зрілості (TRL)

Рівень TRL	Назва / визначення рівня	Змістова характеристика рівня
TRL 1	Спостереження основних принципів	Виявлено фундаментальні наукові принципи; відсутні практичні застосування; здійснюється первинне теоретичне дослідження.
TRL 2	Формування концепції технології	Сформульована ідея застосування; проводяться прикладні дослідження; визначено ключові технічні характеристики.
TRL 3	Доказ концепції	Виконані лабораторні експерименти з моделюванням окремих елементів; підтверджено принципову технічну здійсненність.
TRL 4	Лабораторний прототип	Створено базовий прототип; проведено перевірку технології в умовах лабораторного середовища.
TRL 5	Прототип у релевантному середовищі	Технологію протестовано в умовах, максимально наближених до реальних; підтверджено працездатність основних компонентів.
TRL 6	Демонстрація системи/підсистеми	Створено демонстраційний зразок; відбувається тестування на масштабованих стендах; підтверджується інтеграція компонентів.
TRL 7	Прототип у реальному середовищі	Прототип працює в умовах реальної експлуатації; здійснюється валідація ключових функцій у реальних умовах.
TRL 8	Завершена технологічна система	Технологію повністю завершено; система пройшла всі випробування та сертифікацію; підтверджено готовність до виробничого або ринкового впровадження.
TRL 9	Реальна експлуатація	Технологія довела свою ефективність у реальних операційних умовах; експлуатується користувачами; підтверджено надійність і сталість.

Джерело: [9]

Принципова новизна NASA полягала в тому, що TRL перетворив оцінку технологічної готовності на **вимірювану, однозначну та порівнювану величину**, що зробило можливим обґрунтоване планування, бюджетування та управління складними технологічними програмами. Завдяки цьому підходу технологічна зрілість перестала

бути абстрактною характеристикою і стала інструментом стратегічного управління, що надалі було адаптовано й іншими галузями.

Після формалізації підходу TRL у NASA у 1970-1980-х роках шкала технологічної готовності набула активного поширення в оборонному секторі США, де проблема оцінювання технологічних ризиків була особливо гострою. Наприкінці 1980-х - початку 1990-х років Міністерство оборони США (DoD) [12] почало інтегрувати TRL у процедури оцінювання життєвого циклу озброєнь, системних інновацій та складних інженерних платформ. Це було зумовлено потребою знизити вартісні ризики, пов'язані з впровадженням неперевіраних технологій у великі оборонні програми, та забезпечити уніфікований підхід до планування інноваційних проєктів.

У 1995 році Дж. Манкінс [9] (NASA) опублікував відому доповідь, яка стала ключовою теоретичною основою поширення TRL у різних технічних інституціях. На її базі у 1999-2001 роках Університет оборонних закупівель Міністерства оборони США (DAU) офіційно прийняли TRL як обов'язковий елемент технологічних аудитів у програмах зі складними технологічними компонентами. Це рішення стало переломним моментом, який перевів TRL із вузького інженерного інструмента в ранг загальновизнаного стандарту для вимірювання технологічного ризику.

У цей же період концепція TRL була адаптована Європейським космічним агентством (ESA) [5], що створило власну інтерпретацію TRL відповідно до вимог космічних систем. ESA підкреслювало важливість не лише технічних критеріїв, а й системної інтеграції, що зробило TRL центральним елементом європейської моделі управління космічними технологіями.

На межі 1990-2000-х років TRL почав активно проникати й у цивільні індустрії. Компанії літакобудування інтегрували TRL у системи оцінювання ризику при розробці авіаційних і промислових технологій [14]. Цей підхід давав можливість уніфікувати етапи створення продуктів, оптимізувати розподіл ресурсів і забезпечити більш прозору комунікацію між інженерами, керівниками проєктів і інвесторами. Цивільний сектор також почав використовувати TRL для оцінювання технологій у фармацевтиці, IT, енергетиці та виробництві нових матеріалів.

Прийняття міжнародного стандарту ISO 16290:2013 «Космічні системи - Визначення рівнів технологічної готовності (TRL) та їх критеріїв» [6] стало ключовим етапом інституціоналізації та глобальної стандартизації поняття технологічної зрілості. До появи цього стандарту застосування TRL у різних організаціях та країнах було неоднорідним. Наукові установи та промислові корпорації використовували власні трактування рівнів технологічної готовності, що ускладнювало порівняння інноваційних проєктів, узгодження технічної документації та планування технологічного розвитку.

Саме ISO 16290 забезпечив уніфікацію термінології, структури та критеріїв TRL, перетворивши їх на міжнародно визнаний стандарт. Стандарт чітко визначив дев'ять рівнів технологічної готовності, деталізував ознаки кожного рівня, встановив вимоги до технічних доказів, експериментальних результатів і рівнів демонстрації технологій.

На основі ISO 16290 уряди багатьох країн (зокрема США, Канада, країни ЄС) запровадили TRL як обов'язковий критерій у державних програмах фінансування інновацій та R&D. Європейська комісія інтегрувала TRL до програм Horizon 2020 та Horizon Europe, де рівень технологічної зрілості став базовою вимогою для грантів і оцінки інноваційних проєктів.

У 2010-2020-х роках концепція технологічної зрілості перестала бути виключно інженерним інструментом та набула системного характеру, інтегруючись у сфери економіки інновацій, стратегічного управління, проєктного менеджменту, державної політики та обліку нематеріальних активів. Саме у цей період TRL перетворюється на

міждисциплінарну категорію, що використовується не лише для технічного оцінювання, а й для прийняття управлінських, фінансових та інвестиційних рішень.

Технологічна зрілість стає критерієм для прийняття рішень про перехід між етапами розробки, формування портфеля інноваційних проєктів, оцінювання ризику та потенційної дохідності нових продуктів. У великих транснаціональних компаніях TRL використовується для оптимізації розподілу інвестицій між R&D, прототипуванням та виведенням продуктів на ринок. Це забезпечує прозорість інноваційної діяльності, підвищує точність стратегічного планування та зменшує кількість провальних проєктів.

Ще одним важливим аспектом інтеграції TRL стала поява систем управління інноваціями, розроблених на основі стандартів серії ISO 5600х. Зокрема, ISO 56002:2019 [7] визнає TRL інструментом, що забезпечує ухвалення рішень у процесах інноваційного менеджменту, дозволяє узгоджувати технічні та управлінські критерії оцінювання і створює єдиний інформаційний каркас інноваційного проєкту.

Нормативні документи, зокрема МСБО 38 «Нематеріальні активи» [2] та НПСБО 8 «Нематеріальні активи» [3], містять лише загальні критерії технічної здійсненності та очікуваних економічних вигід, однак не пропонують уніфікованих, об'єктивно вимірюваних індикаторів для підтвердження цих умов. Саме ця прогалина створює високий рівень суб'єктивності рішень щодо капіталізації витрат на розробку та ускладнює аудит інноваційних проєктів.

Між тим TRL, будучи, по суті, об'єктивною, доказовою та структурованою шкалою, забезпечує можливість значно зменшити суб'єктивність у прийнятті облікових рішень, зокрема в частині розмежування стадії досліджень (витрати списуються) та стадії розробок (витрати можуть капіталізуватися). Саме ця межа є ключовою проблемою застосування МСБО 38, оскільки стандарт формулює критерії технічної здійсненності й економічної доцільності, але не встановлює конкретних індикаторів або доказів, які однозначно визначають перехід від дослідження до розробки.

У цьому контексті TRL виконує роль формалізованого індикатора технічної здійсненності, який дозволяє:

- встановити момент, коли технологія долає бар'єр наукової невизначеності;
- підтвердити наявність робочого прототипу чи функціональної моделі;
- формалізувати документальні докази рівня готовності;
- надати основу для капіталізації витрат відповідно до МСБО 38.

Хоча на сьогодні ще немає формалізованих стандартів чи офіційних рекомендацій МСБО, які прямо встановлювали б модель «TRL МСБО 38», саме логіка TRL створює методологічний потенціал для об'єктивного відображення в обліку процесу створення нематеріальних активів.

МСБО 38 вимагає, щоб для капіталізації витрат на стадії розробки були виконані, зокрема, такі умови:

- технічна здійсненність завершення нематеріального активу;
- намір підприємства завершити його та використовувати чи продати;
- здатність генерувати майбутні економічні вигоди;
- наявність належних ресурсів для завершення розробки;
- можливість достовірно оцінити витрати.

Ці критерії є концептуально чіткими, але операційно «розмитими», оскільки стандарт не визначає, за якими саме технічними індикаторами або доказами забезпечується, наприклад, «технічна здійсненність» чи «готовність до використання». Відтак облікові працівники змушені спиратися на експертні міркування, що підвищує ризик довільних або надто оптимістичних рішень.

У свою чергу, шкала TRL описує послідовний розвиток технології від наукової ідеї (TRL 1) до повноцінної експлуатації у реальному середовищі (TRL 9), з чітко визначеними вимогами щодо:

- наявності експериментальних доказів;
- створення й випробування прототипів;
- проведення випробувань в умовах, наближених до реальних;
- інтеграції в операційні системи;
- накопиченого досвіду експлуатації.

Це означає, що TRL дає структуроване технічне підґрунтя для облікових рішень: кожному рівню можна співвіднести певну якість і надійність інформації про майбутні економічні вигоди.

Тому на концептуальному рівні, використовуючи табл.2, можна виділити такі відповідності:

1) TRL 1 - 3 (фундаментальні і прикладні дослідження) - домінує наукова невизначеність, відсутня доведена працездатність технології. Витрати логічно відповідають стадії «дослідження» і згідно з МСБО 38/ НПСБО 8 підлягають списанню на витрати періоду.

2) TRL 4 - 6 (перевірка достовірності/правильності і демонстрація) - існують прототипи та результати тестувань, які підтверджують технічну здійсненність. Тут з'являються підстави для оцінки можливості завершення розробки й отримання вигід, тобто для початку розгляду питання про капіталізацію за умови виконання інших критеріїв МСБО 38/ НПСБО 8.

3) TRL 7 -8 (створення системного прототипу та його кваліфікація) - технологія протестована в умовах, максимально наближених до робочих, і інтегрована в систему. Посилюється аргументація щодо майбутніх економічних вигід, можна обґрунтовано визначати строк корисного використання НМА.

4) TRL 9 (підтвердження працездатності) - фактична експлуатація, підтвердження працездатності та ринкової спроможності. При цьому забезпечується доказовість прийнятих раніше облікових рішень, з'являється база для тестування на знецінення.

Таким чином, TRL може розглядатися як інструмент попередньої верифікації виконання умов МСБО 38/НПСБО 8. Він не замінює стандарти, але допомагає перетворити абстрактні критерії на операційно вимірювані.

Пропонуємо доповнити розділ «Терміни та їх визначення» НПСБО 8 новим терміном «технологічна зрілість» в такій редакції: технологічна зрілість (готовність) - ступінь підготовленості результату науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт до практичного використання або комерціалізації, що визначається на основі шкали рівнів технологічної готовності (TRL) відповідно до міжнародних стандартів.

Доцільно також ввести в облікову теорію і практику підкатегорію «Нематеріальні активи інноваційного характеру» - нематеріальні активи, створені внаслідок НДДКР, оцінка ідентифікованості, контролю та майбутніх економічних вигід яких ґрунтується, серед іншого, на показниках технологічної зрілості.

Запропонована інтеграція показників технологічної готовності (TRL) у нормативну базу бухгалтерського обліку дозволяє усунути зазначені недоліки шляхом формування структурованого, технічно обґрунтованого та міжнародно визнаного механізму підтвердження досягнення певної стадії НДДКР.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Виконане дослідження дозволило встановити, що шкала технологічної зрілості (Technology Readiness Levels) еволюціонувала від інженерно-технічного інструменту оцінювання готовності технологій до універсальної міждисциплінарної методології, яка дедалі ширше

використовується у програмах державного фінансування, управлінні інноваційними проектами та стратегічному плануванні. Сучасні інтерпретації TRL виходять за межі суто технічної діагностики й формують логічну шкалу поступового зниження невизначеності результатів та ризиків інноваційної діяльності.

TRL доцільно використовувати як інструмент формування об'єктивних облікових оцінок результатів НДДКР. Застосування шкали технологічної зрілості дозволяє зменшити суб'єктивізм при ідентифікації стадії розвитку технології, підвищити прозорість управлінських рішень та забезпечити логічний зв'язок між технічним станом інновації й її економічною інтерпретацією в обліку. Рівні TRL можливо використовувати як формалізований критерій визначення моменту переходу від стадії досліджень до стадії розробок. Це створює методичну основу для більш чіткого узгодження інноваційного процесу з вимогами облікових стандартів щодо розмежування витрат, які підлягають списанню, та витрат, потенційно придатних до капіталізації.

Перспективними напрямками наступних досліджень є розробка системи первинних документів, які забезпечували б формалізоване фіксування кожного етапу інноваційного проекту відповідно до технології TRL. Такі документи мають виконувати функцію доказовості та верифікації прогресу технології, забезпечуючи узгодженість управлінських, технічних і облікових рішень. Вони слугуватимуть інструментом інтеграції інженерної, управлінської та фінансово-облікової інформації в єдину аналітичну систему. Подальша робота має бути спрямована на розроблення типових форм, методичних рекомендацій і критеріїв їх заповнення для різних рівнів технологічної готовності.

Список літератури

1. Артюхов О.В., Артюхова К.С., Самойлікова А.В. Скринькова модель та рівень готовності продукту: визначення життєздатності ідей. *Економіка та суспільство*, (68). DOI:<https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-60> (дата звернення: 01.12.2025).
2. Міжнародний стандарт бухгалтерського обліку 38 «Нематеріальні активи». URL: https://mof.gov.ua/storage/files/IAS-38_ukr_2016.pdf (дата звернення: 03.12.2025).
3. Національне положення (стандарту) бухгалтерського обліку 8 «Нематеріальні активи»: Наказ МФУ від 18.10.1999 № 242. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0750-99> (дата звернення: 02.12.2025).
4. Christensen C.M. *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Boston : Harvard Business Review Press, 1997. 286 p.
5. ECSS-E-HB-11A: Space project management - Technology Readiness Levels (TRL) guideline 2017. *European Cooperation for Space Standardization (ECSS)*. URL: <https://connectivity.esa.int/sites/default/files/ECSS-E-HB-11A%281March2017%29.pdf> (дата звернення: 02.12.2025)
6. ISO 16290:2013 - Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria *International Organization for Standardization*. 2013. URL: <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/56064/173db164bf944bfc0116f89a94292ba/ISO-16290-2013.pdf> (дата звернення: 01.12.2025)
7. ISO 56002:2019 - Innovation management system - Guidance *International Organization for Standardization*. 2019. URL:<https://www.iso.org/standard/71419.html> (дата звернення: 02.12.2025)
8. Lundvall B.-A. *National Innovation System: Analytical Focusing Device and Policy Learning Tool*. Östersund : *ITPS*, 2007. URL: <https://www.scribd.com/document/374524993/National-Innovation-System-Analytical-Concept-and-Development-Tool> (дата звернення: 01.12.2025)
9. Mankins J.C. *Technology Readiness Levels: A White Paper* 1995. URL:https://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf
10. Mazzucato M. *The Entrepreneurial State: Debunking Public vs. Private Sector Myths*. London : Anthem Press, 2013. URL: <http://digamo.free.fr/mazzucato.pdf> (дата звернення: 01.12.2025)
11. Pugliese E., Cimini G., Gabrielli A., Zaccaria A. *Unfolding the innovation system for the development of countries: co-evolution of Science, Technology and Production* 2017. URL:<https://arxiv.org/abs/1707.05146> (дата звернення: 01.12.2025)

12. Technology Readiness Assessment Deskbook. *Department of Defense*. Washington : DoD, 2003. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA524200.pdf> (дата звернення: 02.12.2025).
13. TRL scale in Horizon Europe and ERC - explained. *Enspire Science*. 2024. URL: <https://enspire.science/trl-scale-horizon-europe-erc-explained/> (дата звернення: 02.12.2025)
14. Yfanti S., Sakkas N. Technology Readiness Levels (TRLs) in the Era of Co-Creation. 2024. URL: <https://www.mdpi.com/2571-5577/7/2/32> (дата звернення: 01.12.2025).

References

1. Artiukhov, O. V., Artiukhova, K. S., & Samoilkova, A. V. (2024). The funnel model and product readiness level: Determining the viability of ideas. *Ekonomika ta suspilstvo*, 68. [in Ukrainian] <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-60>.
2. Mizhnarodnyi standart bukhhalterskoho obliku 38 (2012) *Intangible assets*. https://mof.gov.ua/storage/files/IAS%2038_ukr%202020.pdf [in Ukrainian].
3. Natsionalne polozhennia (standart) bukhhalterskoho obliku 8 (1999). *Intangible assets*. <https://zakon.rada.gov.ua/go> [in Ukrainian].
4. Christensen, C. M. (1997). *The innovator's dilemma: When new technologies cause great firms to fail*. Harvard Business Review Press [in English].
5. European Cooperation for Space Standardization. (2017). *ECSS-E-HB-11A: Space project management - Technology readiness levels (TRL) guideline*. <https://connectivity.esa.int/sites/default/files/ECSS-E-HB-11A%281March2017%29.pdf> [in English].
6. International Organization for Standardization. (2013). *ISO 16290:2013 - Space systems - Definition of the Technology Readiness Levels (TRLs) and their criteria*. <https://cdn.standards.iteh.ai/samples/56064/173db164bf944bfc0116f89a94292ba/ISO-16290-2013.pdf> [in English].
7. International Organization for Standardization. (2019). *ISO 56002:2019 - Innovation management system - Guidance*. <https://www.iso.org/standard/71419.html> [in English].
8. Lundvall, B.-A. (2007). National innovation system: Analytical focusing device and policy learning tool. *ITPS*. <https://www.scribd.com/document/374524993/National-Innovation-System-Analytical-Concept-and-Development-Tool> [in English].
9. Mankins, J. C. (1995). Technology readiness levels: A white paper. https://www.artemisinnovation.com/images/TRL_White_Paper_2004-Edited.pdf [in English].
10. Mazzucato, M. (2013). The entrepreneurial state: Debunking public vs. private sector myths. *Anthem Press*. <http://digamo.free.fr/mazzucato.pdf> [in English].
11. Pugliese, E., Cimini, G., Gabrielli, A., & Zaccaria, A. (2017). Unfolding the innovation system for the development of countries: Co-evolution of science, technology and production. <https://arxiv.org/abs/1707.05146> [in English].
12. Department of Defense. (2003). *Technology readiness assessment deskbook*. <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA524200.pdf> [in English].
13. Enspire Science. (2024). *TRL scale in Horizon Europe and ERC - explained*. <https://enspire.science/trl-scale-horizon-europe-erc-explained/> [in English].
14. Yfanti, S., & Sakkas, N. (2024). Technology readiness levels (TRLs) in the era of co-creation. *Infrastructures*, 7(2). <https://www.mdpi.com/2571-5577/7/2/32> [in English].

Rostyslav Romaniv, Associate Professor, PhD in Economics (Candidate of Economic Sciences)

Western Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine

Technology Readiness Level (TRL) as a Tool for Aligning the Innovation Process and the Enterprise's Accounting Decisions

The article is devoted to the study of the indicator of «technology readiness level» and the necessity of its application within the accounting and analytical system of an enterprise when reflecting the firm's innovation activities. Defining this indicator makes it possible to minimize technical, financial, and market risks, optimize the structure of investments, and ensure the achievement of strategic development goals. The significance of technology readiness level goes beyond a purely technical dimension. This concept serves as a systemic indicator that integrates engineering characteristics, market attractiveness, economic feasibility, managerial priorities, and accounting-analytical criteria. In the context of digitalization, accelerated innovation dynamics, and the growing share of intangible assets in the capital structure of enterprises, technological maturity becomes one of the key benchmarks of strategic planning.

The article identifies and characterizes the stages of the formation of the concept of «technological maturity» as this is essential for understanding the evolution of approaches to innovation assessment and the development of modern methods of managing technological risks. The analysis of these stages makes it possible

not only to reconstruct the patterns underlying the development of technology readiness levels as a scientific category but also to substantiate its potential for application in economic, managerial, and accounting domains. The concept of Technology Readiness Levels (TRL) is examined. This is a scale consisting of nine sequential levels, each associated with clearly defined technical criteria, experimental evidence, and documented confirmation of innovation progress. Such an approach ensures unification of the evaluation process for the stages of innovation activity, allows the standardization of reporting, synchronizes engineering, managerial, and financial decisions, and significantly reduces technological risks.

Proposals are formulated regarding the integration of technology readiness level indicators into the regulatory framework of accounting. This would make it possible to objectively determine the stage of technological development and eliminate subjectivity in decisions related to distinguishing between research and development costs, capitalizing expenditures, and recognizing intangible assets.

innovation accounting, technological maturity, research, development.

Одержано (Received) 02.12.2025

Прорецензовано (Reviewed) 10.12.2025
Прийнято до друку (Approved) 23.12.2025