

УДК 681.65

JEF Classification L 10, M 11, M 31

Летницький Андрій Ігорович
здобувач PhD ступеня кафедри маркетингу,
Національний університет «Одеська політехніка»
Одеса, Україна

АДИТИВНЕ ВИРОБНИЦТВО ЯК ЕЛЕМЕНТ ПЕРЕОРІЄНТАЦІЇ БІЗНЕСУ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

У статті розглядається роль адитивного виробництва у переорієнтації бізнесу в умовах сучасних викликів та змін, зокрема у контексті цифрової трансформації та глобалізації. Проаналізовано сучасний стан адитивного виробництва, включаючи новітні технології та матеріали, а також економічні, екологічні та бізнес-аспекти впровадження цієї технології. Дослідження демонструє, як адитивне виробництво сприяє зниженню виробничих витрат, оптимізації ланцюгів постачання, швидкому виведенню продуктів на ринок та забезпеченню сталого розвитку. У статті також представлені практичні рекомендації для бізнесу щодо ефективного впровадження адитивного виробництва.

Ключові слова: адитивне виробництво, 3D-друк, переорієнтація бізнесу, новітні технології та матеріали.

DOI: 10.15276/mdt.8.2.2024.9

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими або практичними завданнями. В сучасних умовах швидких змін і невизначеності світова економіка стикається з новими викликами, що вимагають перегляду традиційних бізнес-моделей і стратегій розвитку. Одним з ключових елементів цієї трансформації є адитивне виробництво, яке відкриває нові можливості для бізнесу та наукових досліджень. Проблема, яку розглядає ця стаття, полягає у визначенні ролі адитивного виробництва в переорієнтації бізнесу в умовах цифрової трансформації та глобальних змін. Важливість цієї проблеми обумовлена деякими факторами. Адитивне виробництво може значно знизити витрати на виробництво, скоротивши витрати на матеріали та зменшуючи потребу в складських запасах. Адитивне виробництво надає можливість швидкого та економічно ефективного створення індивідуалізованих продуктів, відкриває нові ринки та збільшує конкурентоспроможність компаній. За допомогою адитивного виробництва можна зменшити відходи і оптимізувати використання матеріалів, що значно покращить екологічний стан середовища.

© 2024 The Authors. This is an open access article under the CC BY license
(<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>)

Таким чином, дослідження адитивного виробництва та його впливу на бізнес-процеси є актуальним науковим і практичним завданням, яке потребує детального вивчення та аналізу. [1]

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких покладений початок вирішенню даної проблеми і на які спирається автор. Останні роки відзначилися значним зростанням інтересу до адитивного виробництва як у наукових колах, так і в промисловості. Важливий внесок у розвиток цього напрямку зробили дослідження, що охоплюють різноманітні аспекти технології, її вплив на виробничі процеси та економічну ефективність. Одним з ключових напрямків досліджень є вивчення матеріалів, які використовуються в адитивному виробництві. Роботи, такі як дослідження Джонсона і Сміта [2], розглядають інноваційні матеріали, які можуть бути використані для 3D-друку, включаючи метали, полімери та біоматеріали. Ці дослідження демонструють, як нові матеріали можуть підвищити ефективність та якість кінцевих продуктів.

Інший важливий аспект досліджень пов'язаний з оптимізацією процесів адитивного виробництва. У роботах Лі і Ванга [5] та Чена і Лю [6] розглядаються нові методи та алгоритми для покращення точності та швидкості друку, що є ключовими факторами для масштабного впровадження цієї технології в промисловість. Також варто відзначити дослідження економічного впливу адитивного виробництва. У роботах Мартіна Робертса [8] аналізуються економічні вигоди від впровадження 3D-друку, включаючи зниження витрат на виробництво, скорочення ланцюгів постачання та можливості масової кастомізації продуктів. Не менш важливими є дослідження екологічного впливу адитивного виробництва. Роботи Патела Кхана [9] досліджують можливості зменшення відходів та оптимізації використання ресурсів, що робить цю технологію привабливою з точки зору сталого розвитку. Таким чином, широкий спектр досліджень у сфері адитивного виробництва закладає основу для розуміння його потенціалу та викликів, що стоять перед бізнесом у сучасних умовах. Автор цієї статті спирається на ці наукові праці для глибшого аналізу ролі адитивного виробництва в процесі переорієнтації бізнесу та формулювання рекомендацій для його впровадження.

Формулювання мети статті (постановка завдання). Метою цієї статті є дослідження ролі адитивного виробництва у переорієнтації бізнесу в умовах сучасних викликів та змін, зокрема у контексті цифрової трансформації та глобалізації. Для досягнення цієї мети поставлено наступні завдання:

1. Аналіз поточного стану адитивного виробництва: вивчення сучасних тенденцій, технологій та матеріалів, які використовуються у 3D-друку, а також їх впливу на різні галузі промисловості.
2. Визначення економічних переваг адитивного виробництва: дослідження економічної ефективності цієї технології, включаючи зниження витрат на виробництво, скорочення ланцюгів постачання та можливості масової кастомізації продуктів.
3. Оцінка впливу адитивного виробництва на бізнес-процеси: аналіз того, як впровадження 3D-друку змінює бізнес-моделі та стратегії компаній, зокрема в умовах цифрової трансформації.
4. Дослідження екологічних аспектів адитивного виробництва: вивчення можливостей зменшення відходів та оптимізації використання ресурсів, що сприяє сталому розвитку.
5. Формулювання рекомендацій для бізнесу: розробка практичних рекомендацій для компаній щодо впровадження адитивного виробництва з метою підвищення їх конкурентоспроможності та адаптації до сучасних викликів.

Викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Ключовим фактором, що сприяє оновленню індустріалізації в розвинених економіках, є розвиток нових виробничих технологій, які дозволяють переходити до нових бізнес-моделей, заснованих на кастомізації продукції. Кастомізація досягається шляхом прискорення і здешевлення розробки нових моделей і типів продукції завдяки адитивним технологіям, а також організації гнучких виробничих систем, які швидко реагують на зміну ринкових потреб. Адитивне виробництво (Additive Manufacturing – AM) є процесом створення фізичного об'єкта через пошарове друкування з цифрового 3D-шаблону або моделі, на відміну від субтрактивного виробництва, де шари матеріалу видаляються до досягнення бажаної форми. Це дозволяє ефективно використовувати сировину та мінімізувати відходи, забезпечуючи високу геометричну точність. AM також сприяє екологічному дизайну продуктів, оскільки гнучкість 3D-друку дає змогу оптимізувати дизайн для ощадливого виробництва, що практично виключає відходи. До того ж, топологічно оптимізовані конструкції, які можна реалізувати за допомогою адитивного виробництва, підвищують функціональність продукту, зменшуючи кількість енергії, палива або природних ресурсів, необхідних для його виготовлення.

За даними досліджень консалтингової компанії PWC [3, 4], 91% промислових компаній активно працюють над цифровим перетворенням виробничих процесів (digital factories), приділяючи значну увагу впровадженню адитивних технологій, проте лише 6% з них змогли інтегрувати цю концепцію у свої виробничі процеси. Цифрова трансформація і реалізація концепції цифрової фабрики вимагають як внутрішніх, так і зовнішніх інвестицій, зокрема найму і навчання відповідних спеціалістів, докорінної зміни виробничих процесів та інтеграції значних обсягів програмних рішень. На сьогодні основні сфери застосування 3D-друку у виробництві включають дизайн і прототипування, яке залишається найбільшим сегментом AM, однак швидко зростає попит на адитивні технології і в інших сегментах, таких як виробництво функціональних деталей та доведення концепцій. (рис. 1).

Рівень впровадження 3D-друку варіюється в різних галузях і залежить від переваг, які адитивні технології можуть принести кожній сфері, а також від існуючих бар'єрів для їх використання. Найбільше поширення технології пошарового синтезу отримали у промисловому секторі, авіакосмічній галузі, автомобілебудуванні, медицині та стоматології, а також у споживчому секторі. Довгостроковими рушіями розвитку адитивного виробництва є позитивні ефекти, які ці інноваційні технології можуть мати на розвиток окремих підприємств, галузей та економіки країн в цілому. Можливість значної трансформації виробничих систем за допомогою адитивних технологій ставить на порядок денний питання підтримки, розробки та впровадження цих технологій у виробництво.

Дослідження Additive Manufacturing Special Interest Group у Великобританії демонструють ряд потенційних переваг адитивних технологій, таких як поліпшення ефективності використання ресурсів, підвищення ефективності виробничих систем, інтеграція нових матеріалів, впровадження нових виробничих процесів і прийняття нових бізнес-моделей. Дослідження та аналіз життєвого циклу показали, що впровадження адитивних технологій дозволяє суттєво заощадити на етапах виробництва та використання продукції. За прогнозами, до 2025 року економія складе від 113 до 370 млрд дол. США на етапі виробництва та від 56 до 219 млрд дол. США на етапі використання продукції. Економія на стадії виробництва досягається за рахунок

зниження витрат на матеріали та обробку, а також скорочення ланцюгів постачання. Легкі компоненти, виготовлені за допомогою 3D-друку, дозволяють зменшити споживання енергії на стадії використання продукції. 3D-друк вважається однією з найсучасніших технологій, здатною кардинально змінити існуючі методи проектування і виробництва.

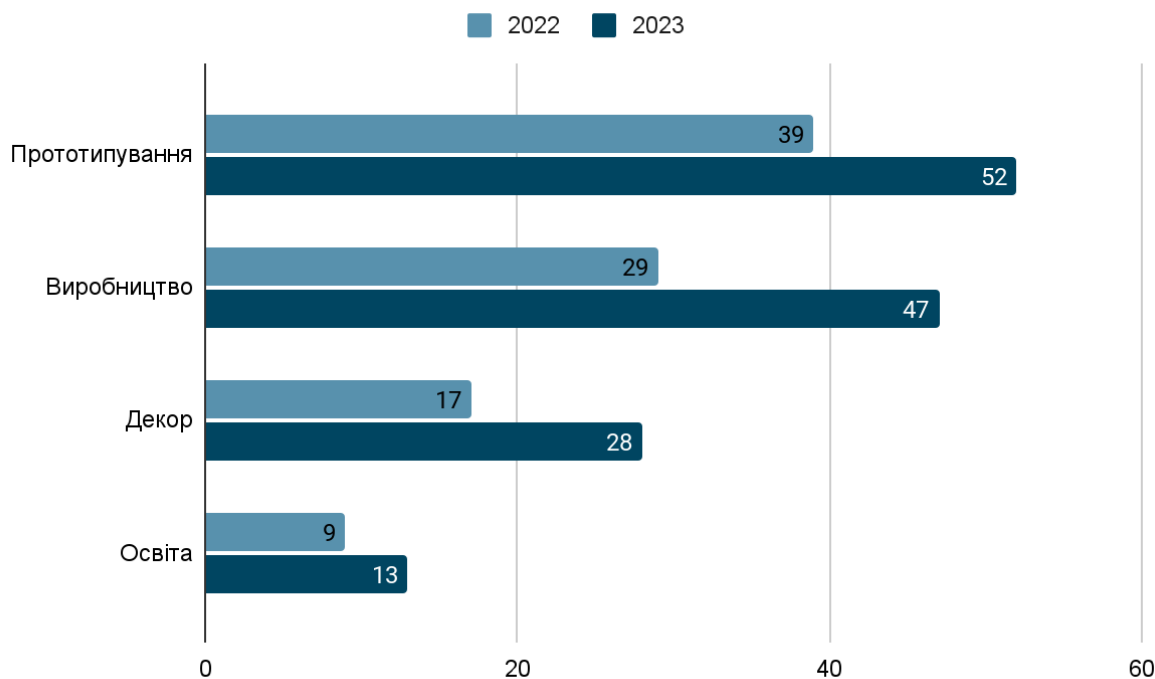


Рисунок 1 – Цілі використання 3D-друку промисловими компаніями у світі, порівняння 2022 та 2023 рр., % [3]

Крім того, адитивне виробництво сприяє оптимізації використання ресурсів. Виробничі процеси, засновані на 3D-друку, дозволяють використовувати матеріали з меншими витратами енергії та ресурсів. Наприклад, використання легких сплавів і композитних матеріалів дозволяє створювати продукцію, що має високу міцність при значно меншій вазі. Це, в свою чергу, зменшує витрати на транспортування і знижує енергоспоживання в процесі експлуатації кінцевих продуктів. Екологічні дослідження також підкреслюють важливість впровадження адитивного виробництва для підтримки сталого розвитку. Виробничі системи, засновані на 3D-друку, можуть бути легко адаптовані до нових умов та вимог, що дозволяє зменшити вплив на навколишнє середовище. Наприклад, можливість виготовлення деталей і компонентів безпосередньо на місці споживання зменшує необхідність у транспортуванні, що сприяє зниженню викидів парникових газів. Також, завдяки можливості рециклінгу матеріалів, адитивне виробництво дозволяє зменшити загальний обсяг відходів і сприяє ефективному використанню ресурсів [7].

Одне з досліджень, проведене науковцями з Мічиганського університету, показало, що адитивне виробництво може зменшити кількість виробничих відходів до 90% порівняно з традиційними методами обробки матеріалів. Це досягається завдяки тому, що 3D-друк використовує лише необхідну кількість матеріалу для створення об'єкту, тоді як субтрактивні методи, такі як фрезерування чи токарна обробка,

залишають багато відходів у вигляді стружки або відрізків матеріалу. Інше дослідження, проведене Лабораторією екологічних наук в Цюріху, показало, що адитивне виробництво дозволяє зменшити споживання енергії до 50% у порівнянні з традиційними виробничими процесами. Це пов'язано з тим, що 3D-друк вимагає менше етапів обробки і менше енергії для перетворення матеріалів у кінцевий продукт. Також було встановлено, що виробництво легких компонентів за допомогою адитивних технологій дозволяє зменшити енергоспоживання під час експлуатації готових виробів, наприклад, у авіаційній та автомобільній промисловості.

Традиційна промисловість є строго централізованою і управляється з одного центру, навіть якщо різні частини ланцюга постачання розташовані в різних країнах. Виробничі процеси ретельно регламентовані, послідовні й обмежені технічними та фізичними можливостями використовуваного обладнання. Ці обмеження здебільшого пов'язані з необхідністю застосування оснастки, різних видів механічної обробки та постобробки продукції, а також складання великої кількості деталей і комплектуючих від різних постачальників. Термін виготовлення оснастки значно подовжує загальний виробничий цикл; крім того, чим складніший кінцевий продукт, тим більше видів різного обладнання потрібно в рамках одного виробничого процесу. Жорсткі вимоги до характеристик обладнання та складності форм, а також логістичні відстані до місця виробництва забезпечують тривалий виробничий цикл і високу вартість, яка виправдана лише в умовах масового виробництва, що не дозволяє виготовляти одиничні моделі. Будь-які зміни продукту також потребують переоснащення всієї виробничої лінії, нових інструментів та тривалого часу, тому дрібносерійне виробництво у традиційних рамках є неефективним. 3D-друк значно спрощує технологічний процес, знижує трудомісткість, прискорює виробництво, зменшує логістичне та енергетичне навантаження і знижує собівартість виготовлення [9].

Підричний характер адитивних технологій кардинально змінює ситуацію організації виробничого процесу і надає спектр широких можливостей, які раніше були недосяжними, тому цю технологію вважають одним із найважливіших драйверів Індустрії 4.0 – змінюється (підривається), схема організації виробництва, замість централізованого управління можливим стає друк деталей/комплектуючих на місці, на різних ланках коопераційного ланцюжка і на різних етапах виробничого циклу залежно від галузі та від потреб споживача; – за рахунок виготовлення деталі будь-якої форми і складності, економії на оснащенні або її більш дешевого виготовлення підривається і перестає діяти головний економічний принцип сучасної промисловості – ефект масштабу. Замість ефекту масштабу виникає новий економічний принцип 3D-друку – «економіка одиниці» (economy-of-one). А також «складність за безкоштовно» (complexity for free) – друк одиничної деталі будь-якої складності за індивідуальною моделлю, за однаковою вартістю незалежно від розміру партії і без необхідності налагодження виробничої лінії й формування масового замовлення для зниження та розподілу собівартості, оскільки для принтера всеодно якої форми друкувати деталь завдяки технології пошарового додавання матеріалу. У широкому сенсі Індустрія 4.0 характеризує новий рівень організації виробництва й управління ланцюжком створення вартості протягом усього життєвого циклу продукції, що випускається. З впровадженням 3D-друку у виробництво існуючий ланцюг постачання зазнає трансформацій, їх ступінь залежить від рівня, на якому відбувається впровадження адитивних технологій [6, 7, 10].

Ланцюг постачання включає низку зацікавлених сторін – від постачальників матеріалів, постачальників компонентів до кінцевих споживачів. 3D-друк може

ефективно скоротити цей ланцюжок поставок, щоб усунути одного або декількох гравців. Застосування 3D-друку стимулюватиме децентралізоване виробництво, проте за такої виробничої схеми вартість доставки товарів за останню милю значно зростає. Дана оцінка заснована на реаліях сектору електронної комерції. Компанії повинні бути досить гнучкими, щоб протистояти зрушенням такого масштабу. Саме щодо такого протистояння було зроблено опитування наймасштабніших українських компаній, що використовують адитивні технології у своєму виробництві, або мають такий намір. Їм було поставлено три питання:

1. Якщо порівняти роль 3D-друку для вашої компанії до війни та під час війни, в яку сторону змістилась ця роль?

2. Яка саме властивість процесу 3D-друку є більш цінною для ваших потреб?

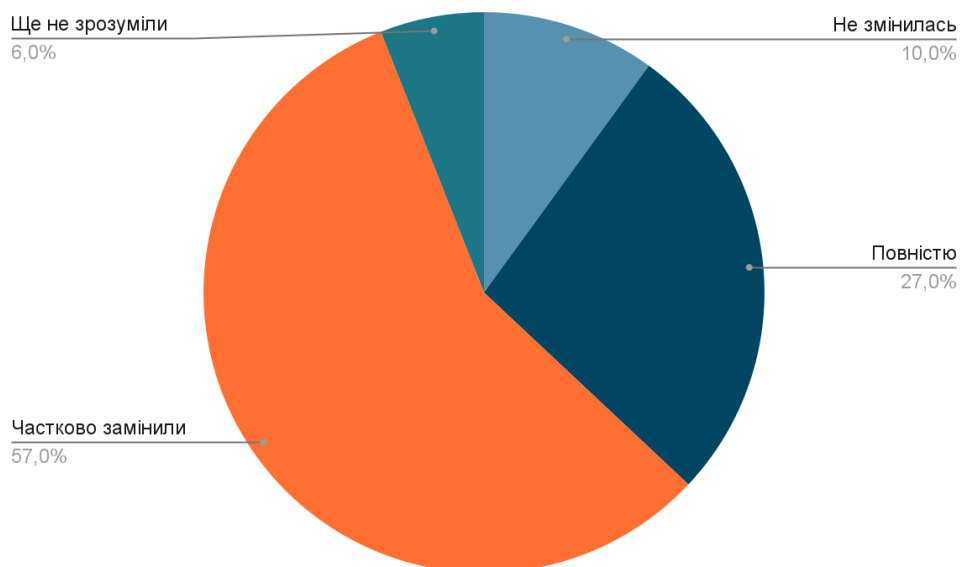
3. Які ваші очікування від розвитку сфери 3D-друку? Чого не вистачає саме зараз?

Вищенаведені запитання були обрані по принципі актуальності для підприємства саме зараз. Оскільки війна в Україні змусила бізнес кардинально змінитись, було цікаво дослідити, яку роль в цих змінах відіграє адитивне виробництво, що саме приваблює виробників у цьому процесі та чого вони прагнуть у майбутньому.

Серед підприємств, що пройшли опитування, безумовно були представники військової галузі, що віддали перевагу залишитися невідомими. Серед відомих компаній були «Аякс» — один з наймасштабніших світових виробників охоронних систем та обладнання; «Вентиляційні системи України» — найбільший виробник систем вентиляції в Україні; «Елватех» — український виробник рентгенофлуоресцентних спектрометрів з багаторічним досвідом; «Агросеа» — найбільший в Україні виробник обладнання агропромислового призначення; «Екософт» — лідер українського ринку у сфері обладнання для очищення води, один з світових лідерів у цьому сегменті; та інші.

Результати опитування представлені нижче.

1. Якщо порівняти роль 3D-друку для вашої компанії до війни та під час війни, в яку сторону змістилась ця роль?



* Не змінилась — 10%

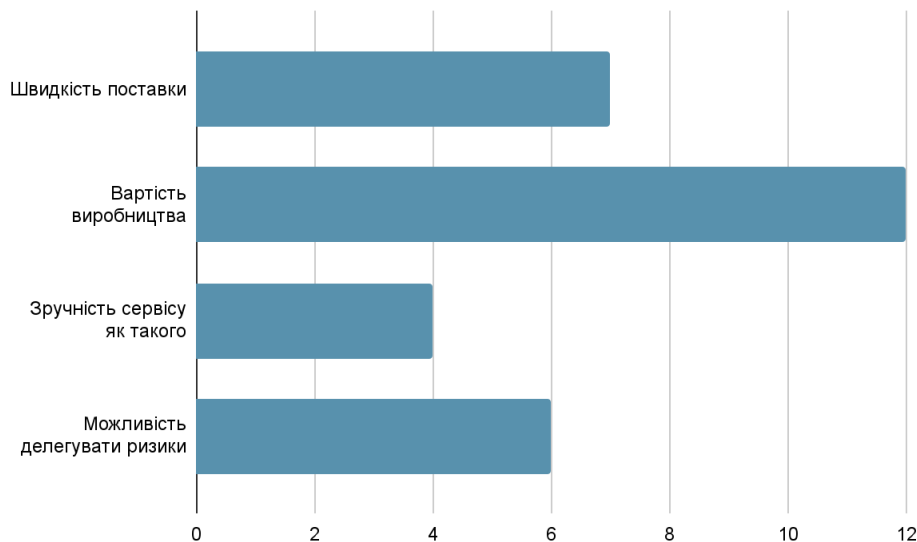
* Повністю переоснащили виробництво під 3D-друк — 27%

* Частково замінили ланцюги, які більше не використовуються — 57%

* Ще не зрозуміли до кінця цю роль — 6%

Опитування показало, що 3Д-друк фактично став помічником у відновленні виробничих процесів через втрачені ланцюги поставок у зв'язку з війною.

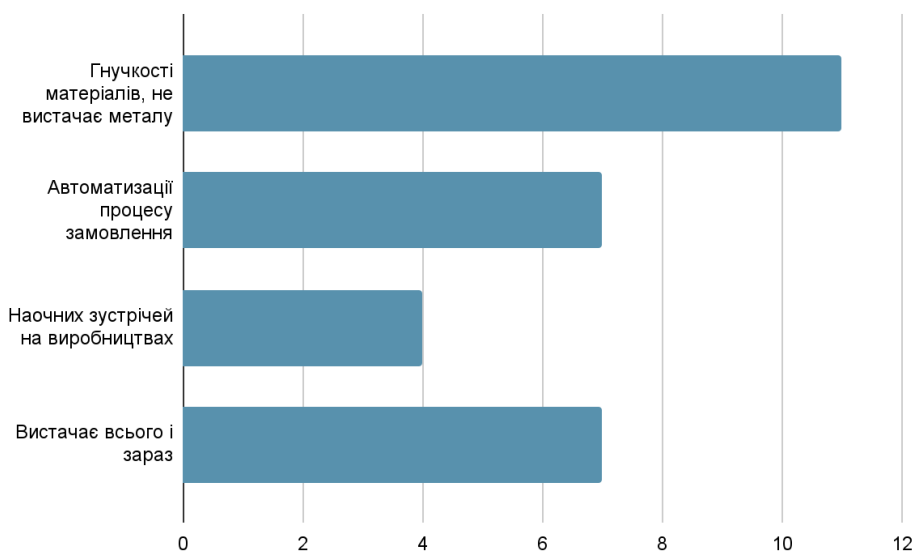
2. Яка саме властивість процесу 3Д-друку є більш цінною для ваших потреб?



* загалом опитування пройшли 29 виробничих компаній

Не дивлячись на вкрай важливу роль адитивних технологій у сучасних виробництвах, вартість послуг з використанням цих технологій для більшості респондентів все ще є досить високою.

3. Які ваші очікування від розвитку сфери 3Д-друку? Чого не вистачає саме зараз?



* загалом опитування пройшли 29 виробничих компаній

Тенденція розвитку 3Д-друку в Україні з кожним роком наближається до використання металевого порошку, і саме на це очікує більшість респондентів. Метал вже активно використовується у адитивних технологіях в США, тому є надія, що цей тренд стане популярним в Україні протягом наступних 5-7 років.

Визнаючи суттєвий вплив адитивних технологій на сучасні виробничі процеси підприємств, всеодно відкритим залишається питання, а як саме таким підприємствам почати власний шлях до впровадження 3Д-друку на своєму виробництві? Нижче запропоновано десять аспектів такого впровадження, спираючись на власний досвід та досвід замовників:

1. Оцінка готовності та потенціалу. Перш ніж впроваджувати адитивне виробництво, необхідно провести детальний аналіз готовності компанії до інтеграції нової технології. Це включає оцінку існуючих виробничих процесів, інфраструктури, а також визначення потенційних областей, де 3D-друк може принести найбільшу вигоду.

2. Інвестування в навчання персоналу. Важливо забезпечити належний рівень знань і навичок працівників для роботи з адитивними технологіями. Це включає організацію тренінгів, курсів підвищення кваліфікації та залучення зовнішніх експертів для навчання персоналу. Навчання має охоплювати як технічні аспекти роботи з обладнанням, так і управління процесами адитивного виробництва.

3. Вибір відповідних технологій і матеріалів. Адитивне виробництво включає різні технології та матеріали, кожен з яких має свої переваги та обмеження. Необхідно ретельно вибрати відповідні технології та матеріали, враховуючи специфіку виробництва та вимоги до кінцевих продуктів. Це може включати використання полімерів, металів, кераміки або композитів в залежності від конкретних потреб.

4. Інтеграція з існуючими виробничими процесами. Для максимального ефекту необхідно інтегрувати адитивне виробництво з існуючими виробничими процесами. Це може вимагати адаптації виробничої інфраструктури, змін в організації логістики та управління запасами, а також створення нових процедур контролю якості.

5. Випробування та пілотні проекти. Перш ніж впроваджувати адитивне виробництво на повний масштаб, варто провести випробування та запустити пілотні проекти. Це дозволить оцінити ефективність нових технологій, виявити можливі проблеми та адаптувати процеси під специфічні потреби компанії. На цьому етапі важливо зібрати дані для подальшого аналізу та вдосконалення.

6. Екологічний аспект. Враховуючи екологічні переваги адитивного виробництва, варто розробити стратегію, спрямовану на зменшення негативного впливу на довкілля. Це може включати використання екологічно чистих матеріалів, оптимізацію процесів для мінімізації відходів, а також розробку програм рециклінгу.

7. Моніторинг та оцінка ефективності. Після впровадження адитивного виробництва необхідно постійно моніторити його ефективність та вплив на бізнес-процеси. Це включає регулярний аналіз продуктивності, якості продукції, витрат і екологічного впливу. Зібрані дані дозволять вчасно вносити корективи та покращувати процеси.

8. Взаємодія з партнерами та клієнтами. Важливо налагодити ефективну комунікацію з партнерами та клієнтами щодо впровадження адитивного виробництва. Це може включати спільну розробку нових продуктів, адаптацію виробничих процесів під вимоги клієнтів, а також обмін досвідом та найкращими практиками.

9. Пошук нових бізнес-моделей. Адитивне виробництво відкриває можливості для створення нових бізнес-моделей, таких як масова кастомізація, виробництво на замовлення та виробництво на місці споживання. Важливо дослідити ці можливості та адаптувати бізнес-стратегію під нові умови ринку.

10. Дослідження та інновації. Для підтримки конкурентоспроможності необхідно постійно інвестувати у дослідження та розвиток нових технологій адитивного виробництва. Це може включати співпрацю з науковими установами, участь у галузевих конференціях та форумах, а також впровадження інноваційних рішень у виробничі процеси.

Висновки з цього дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. Адитивне виробництво є важливим елементом переорієнтації бізнесу в сучасних умовах. Впровадження цієї технології дозволяє бізнесу підвищити ефективність виробничих процесів, зменшити витрати та оперативно реагувати на зміни ринку. Аналіз досліджень і публікацій показав, що адитивне виробництво має значні переваги у порівнянні з традиційними методами виробництва, зокрема у зниженні матеріальних відходів, скороченні виробничих циклів та підвищенні рівня кастомізації продукції. Дослідження також підкреслюють, що адитивне виробництво сприяє розвитку інноваційних бізнес-моделей, що дозволяють створювати продукти з високим рівнем індивідуалізації, а також оптимізувати ланцюги постачання. Важливою перевагою є можливість створення більш екологічних продуктів та зменшення впливу на довкілля завдяки зниженню відходів і використанню легких матеріалів.

Подальші дослідження у сфері адитивного виробництва повинні бути спрямовані на наступні аспекти:

1. Розвиток матеріалів: дослідження нових матеріалів для 3D-друку, які можуть покращити властивості кінцевих продуктів, зменшити витрати та підвищити екологічність виробничих процесів.
2. Оптимізація виробничих процесів: вивчення можливостей інтеграції адитивного виробництва з іншими сучасними технологіями, такими як штучний інтелект, для створення більш гнучких та ефективних виробничих систем.
3. Економічні моделі: розробка нових економічних моделей та бізнес-стратегій, що дозволять підприємствам максимально ефективно використовувати переваги адитивного виробництва.
4. Екологічні дослідження: аналіз впливу адитивного виробництва на довкілля та розробка стратегій для зменшення негативного впливу, включаючи рециклінг матеріалів та енергоефективні рішення.
5. Освіта та підготовка кадрів: розробка навчальних програм та тренінгів для підготовки фахівців з адитивного виробництва, що забезпечить високий рівень знань та навичок у цій галузі.

Майбутні дослідження та впровадження адитивного виробництва в різних галузях промисловості сприятимуть не лише економічному зростанню, але й сталому розвитку, створюючи нові можливості для інновацій та підвищення конкурентоспроможності підприємств на глобальному ринку.

1. Ian Gibson, David W. Rosen (2018). Additive Manufacturing: Advances, Challenges, and Future Perspectives. Springer, 12 p. (in English).
2. Johnson & Smith (2020). Additive Manufacturing Technologies: 3D Printing, Rapid Prototyping, and Direct Digital Manufacturing. John Wiley & Sons, 113 p. (in English).

3. Scultpteo (2023). The State of 3D printing 2023. 1-29 p. 1–29 (in English).
4. Stefanie Feichtinger (2018). Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation. Procedia CIRP, Volume 41, 32 p. (in English).
5. Steven Lee & Nickolas Whanga (2019). Additive Manufacturing in the Supply Chain: Challenges and Opportunities. John Wiley & Sons, 105 p. (in English).
6. Fatima Cheng & Alfred Lyiu (2021). Vibration Testing: Theory and Practice. CRC Press, 8-9 p. (in English).
7. M. R. Duffey and S. M. Lockett (2021). Strategies for Effective Additive Manufacturing Supply Chains. Journal of Manufacturing Systems, Volume 39, 16 p. (in English).
8. Martin Roberts (2022). Additive Manufacturing and Its Implications for Supply Chains: A Scoping Review. McGraw-Hill, 11 p. (in English).
9. Patel Khang (2022). Additive Manufacturing in military solutions. International Journal of Production Economics, 17 p. (in English).
10. Thara Nagarajan (2023). Challenges and opportunities of 3D printing in filling logistics gaps. Manufacturing Letters, 4 p. (in English).

Letnytskyi Andrii, PHD degree holder of the Department of Marketing, National Letnytskyi Andrii, PHD degree holder of the Department of Marketing, National University «Odesa Polytechnic» (Odesa, Ukraine).

Additive manufacturing as an element of business reorientation in modern conditions.

The aim of the article. The purpose of this article is to investigate the role of additive manufacturing in business reorientation to accept modern challenges and changes, apart in the context of digital transformation and globalization.

Analyses results. Additive manufacturing (AM) significantly enhances production efficiency by reducing material waste and production time. Traditional manufacturing methods often result in considerable material wastage due to subtractive processes, where excess material is removed to achieve the final product shape. In contrast, AM builds products layer by layer, using only the necessary amount of material. Studies have shown that AM can reduce material waste by up to 90%, which not only lowers production costs but also minimizes environmental impact. One of the most notable advantages of AM is its ability to produce highly customized and complex products without the need for specialized tools or molds. This flexibility allows businesses to quickly respond to market demands and customer preferences, offering personalized products at a lower cost and shorter lead time. The ability to produce small batches or even single items efficiently is a significant shift from the economies of scale required in traditional manufacturing, enabling more agile and customer-focused business models. AM has the potential to revolutionize supply chains by enabling decentralized production. Companies can produce parts and products closer to the point of consumption, reducing the need for extensive transportation and warehousing. While the initial investment in AM technology can be significant, the long-term cost benefits are substantial. AM reduces the need for expensive tooling and fixtures, lowers labor costs due to automation, and decreases material consumption. Additionally, the ability to iterate designs rapidly and produce prototypes quickly accelerates the product development cycle, leading to faster time-to-market and reduced development costs. Adopting AM technology positions companies at the forefront of innovation. The ability to create complex geometries and lightweight structures that are impossible or impractical with traditional methods opens new possibilities for product design and functionality. This innovation can lead to significant competitive advantages in various industries, including aerospace, automotive, healthcare, and consumer goods. Companies that leverage AM can differentiate themselves through advanced product features, improved performance, and unique design capabilities.

Conclusions and directions for further research. Additive manufacturing (AM) is transforming business reorientation in modern conditions through its numerous advantages and impacts. This study analyzes the benefits of AM, which include enhanced production efficiency, increased customization and flexibility, optimized supply chains, cost reductions, and a competitive edge through innovation. Additionally, AM supports environmental sustainability by minimizing waste and

promoting the use of eco-friendly materials. Addressing these research areas will help businesses successfully transition to AM, realize its full potential, and achieve sustainable development.

Key words: additive manufacturing, 3D printing, business reorientation, 3D printing in business.

Надійшло до редакції 30 січня 2024