

РОЗВИТОК СВІТОВОГО РИНКУ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В УМОВАХ ТЕХНОГЛОБАЛІЗМУ

DEVELOPMENT OF WORLD ADDITIVE TECHNOLOGIES MARKET IN THE CONDITIONS OF TECHNOGLOBALISM

Технології адитивного виробництва привносять у розробку нового продукту невідомі раніше можливості. Адитивне виробництво, як випливає з назви, «додає» матеріал для створення об'єкта. Навпаки, створення об'єкта звичайними засобами передбачає видалення матеріалу шляхом механічної обробки, фрезерування, формування, різьблення тощо. Три основні переваги адитивного виробництва включають спрощене виготовлення, складну геометрію та підвищену продуктивність. Проаналізувати особливості функціонування ринку адитивних технологій в умовах техноглобалізму. Автором з'ясовано у ході дослідження, що збільшення державної підтримки для вдосконалення технології адитивного виробництва в різних регіонах є ключовим фактором, що впливає на ринковий попит. Ідентифіковано цінність адитивних технологій та перспективи розвитку ринку адитивних технологій.

Ключові слова: адитивні технології, виробництво, галузевий підхід, техноглобалізм, продуктивність.

Additive production technologies bring previously unknown possibilities to the development of a new product. Additive production, as the name implies, "adds" material to create an object. On the contrary, the creation of an object by conventional means involves the removal of material by machining, milling, forming, carving, etc. The three main advantages of additive manufacturing include simplified fabrication, complex geometry, and increased productivity. The purpose of the article is to analyze the peculiarities of the formation, functioning and development of the additive technologies market in the conditions of technoglobalism. In most cases, the construction material used to make these 3-D models is environmentally friendly because they can be recycled. Increasing the use of environmentally friendly technologies and raising awareness of environmental technologies further stimulates the growth of this segment. The low cost of creating a product combined with a simple setup has the same positive effect on the market. Depending on the field of application, the following can also be achieved: lower product weight, multi-material products, ergonomic products, efficient short production cycles, fewer assembly errors and therefore lower associated costs, lower tool costs, combination of different production processes, optimized use materials and a more sustainable production process. Additive production is considered one of the main revolutionary industrial processes of the next few years. Additive manufacturing has several alternatives, from simple RepRap machines to complex molten metal deposition systems. It is important to say that the choice of technology directly depends on the specific application that is planned: first the application, and then the technology. There is a correlation between the relevance of new technologies and the speed of implementation of new business model solutions. Changes in current supply chains are due to operational and new technologies. Five key technologies that are currently different. It is expected that the stages in terms of the level of readiness and implementation in industries will significantly affect supply chains, both individually and in combination: the Internet of Things, artificial intelligence, advanced robotics, and additive manufacturing.

Key words: additive technologies, production, branch approach, technoglobalism, productivity.

УДК 338.24

DOI: <https://doi.org/10.32782/dees.1-6>

Ахновська І.О.¹

к.е.н., доцент,
Донецький національний університет
імені Василя Стуса

Брацлавець О.Ю.²

аспірантка,
Донецький національний університет
імені Василя Стуса

Akhnovska Inna

Vasyli' Stus Donetsk National University
Bratslavets Olena

Vasyli' Stus Donetsk National University

Постановка проблеми. Одним із головних революційних промислових процесів наступних кількох років вважається адитивне виробництво. Як випливає з назви, воно «додає» матеріал для створення об'єкта, використовуючи програмне забезпечення CAD (комп'ютерне проектування) або 3D-об'єктні сканери для наведення апаратного забезпечення на нанесення матеріалу шар за шаром у точних геометричних формах. На відміну від традиційних виробничих процесів, що включають віднімання та формування, адитивне виробництво об'єднує матеріали для створення виробів [1]. Хоча адитивне виробництво не є новим терміном, воно набрало темпів на комерційному рівні лише в останній час. Світовий ринок адитивного виробництва у минулому 2021 році становив 21,30 мільярда доларів США і, як очікується, зросте на 4 мільярди доларів США до

кінця 2022 року. Використання розумних виробничих процесів для розробки продуктів і переважна роль 3D-друку в Індустрії 4.0 є одним із майбутніх застосувань цієї технології. Провідні компанії використовують 3D-друк як технологію для створення складних конструкцій, що розроблені відповідно до вимог клієнта, таким чином впроваджуючи розумну промислову революцію.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню питань розвитку ринку адитивних технологій та галузевого аспекту застосування таких технологій, у тому числі в умовах техноглобалізму, присвячено роботи багатьох дослідників, серед яких: Ю. Павлова, Т. Рулевська, В. Колесніков [2], Д. Моргунова [3], Р. Лісова [4] та інші. Зроблено аналіз іноземних науковців в рамках проблематики, а саме: Caffrey, T., Advincola R.C., Dizon J. R., Chen Q., Niu I., Chung J., Kilpatrick L., Wohlers T.,

¹ ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9731-3801>

² ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6500-6054>

Campbell I., Diegel O., Huff R., Kowen J., Ransikarbum, K.; Pitakaso, R.; Kim, N. З посиланням на дослідження, різні пропозиції для виробничих фірм, а також для політиків щодо ефективного впровадження стратегічних екологічних цілей у виробничих фірмах. До життєво важливих перешкод належать відсутність інформації про вплив на навколишнє середовище, відсутність експертних знань і брак виділених ресурсів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Відзначаючи наявні дослідження у цій сфері, зауважимо, що досить мало уваги з боку науковців приділено питанню становлення і розвитку ринку адитивних технологій в умовах техноглобалізму.

Формулювання мети статті. Метою статті є аналіз особливостей формування, функціонування і розвитку світового ринку адитивних технологій в умовах техноглобалізму.

Виклад основного матеріалу. Адитивне виробництво пропонує промисловості низку унікальних можливостей і надає змогу створювати конструкції з явними перевагами перед традиційно виготовленими: вони складніші, мають більшу геометричну свободу та більше здатні виконувати декілька функцій. Основні його переваги наведено на рис. 1.

Північна Америка домінує на світовому ринку з ринковою вартістю 24 мільярди доларів США завдяки зростанню інвестицій у дослідження та розробки в цьому секторі в поєднанні з інфраструктурою, яка підтримує це. Раннє впровадження технології 3D-друку в Північній Америці є ще одним фактором, який стимулює зростання ринку. Європа є другим за величиною сегментом; це пояснюється зростаючою індустріалізацією цього ринку в поєднанні з низькою вартістю адитивного виробництва. Очікується, що APAC буде зростати



Рис. 1. Переваги адитивного виробництва

Джерело: сформовано автором

з найвищим CAGR приблизно на 27–30%, хоча традиційні засоби адитивного виробництва більш поширені в країнах, що розвиваються (рис. 2).

Присутність гігантів промисловості в регіоні, таких як Mercedes, Boeing, очікується, що Airbus і Volkswagen, і зростаюче впровадження адитивних технологій виробництва в аерокосмічній та автомобільній промисловості для виробництва невеликих, складних і легких компонентів будуть стимулювати зростання регіональної промисловості.

У розвитку АТ не відстають і країни Азії. Лідируючі позиції займає Китай, чий ринок 3D-друку оцінюється в \$ 1,8 млрд в 2018 р. (3-й ринок після США і Європи). Уряд Китаю в 2017 р. випустив план «Additive Manufacturing Industry Development Action Plan», що передбачає досягнення до 2020 р. адитивного виробництва в об'ємі \$ 3 млрд. [6]; перспективні компанії в області 3D-друку підтримують у розробці стандартів і підготовці фахівців в цій області. За прогнозами, Азійсько-Тихоокеанський регіон зростатиме з найвищими темпами в 18% у 2020–2027 роках через невикористаний ринок із великою споживчою базою та збільшенням наявного доходу. Зараз Китай є третьою країною у світі з найбільшою кількістю промислових систем 3D-друку та другою за кількістю публікацій та патентних заявок у цій галузі [7]. Дослідження у китайському контексті показало необхідність кращого зв'язку між кожною підсистемою, особливо між технологіями та бізнес-екосистемами. Для технологічних галузей, що розвиваються, важливо, щоб компанії відкрито використовували місцеві дослідницькі ресурси для інновацій (рис. 3).

Очікується, що випробування теоретичних проектів перед запуском виробничих ліній змінить процес розробки продукції в найближчі роки [8]. На рис. 4 відображено розподіл напрямів

використання адитивних технологій у розрізі галузей економічної діяльності.

За прогнозами, глобальний ринок адитивних технологій постійно зростатиме (рис. 5), при цьому метал в 3D-друці отримає найбільше поширення, а також збільшиться частка виробництва функціональних компонентів.

Основними учасниками ринку адитивних технологій є 3D Systems Inc., General Electric, EnvisionTEC та інші (рис. 6).

Віха, яка ознаменувала початок адитивного виробництва, відбулася 9 березня 1983 року, коли Чарльз В. Халл успішно надрукував чайну чашку на стереолітографічному апараті SLA-1, який він сам побудував [10]. На рис. 7 наведено розподіл доходів від продажу на ринку адитивних технологій за 2019 рік в розрізі галузей економічної діяльності.

Можемо зробити також висновок, що адитивне виробництво має великий потенціал і пропонує численні переваги для масового налаштування: гнучкість, швидкість і можливість безпосередньо створювати об'єкти роблять його привабливою альтернативою звичайній механічній обробці, ковці, формуванню та литтю нестандартних деталей [12–14]. Основні тренди ринку 3D-друку наведено на рис. 8. Адитивне виробництво може стати багатогранним інструментом для пом'якшення впливу на навколишнє середовище шляхом заміни багатьох процесів лиття, формування та інших виробничих процесів, які споживають значну кількість енергії та утворюють небезпечні промислові відходи.

Технологія також накладає кілька обмежень на дизайн продукту, дозволяючи об'єднати раніше окремі частини в єдиний об'єкт із розширеною функціональністю, одночасно зменшуючи кількість

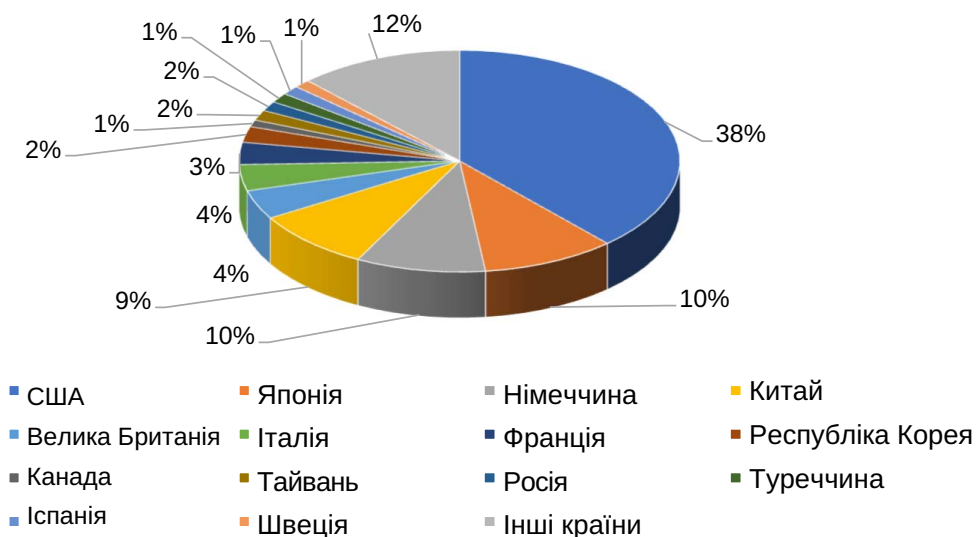


Рис. 2. Частка АТ-технологій у провідних країнах світу, %

Джерело: [5]

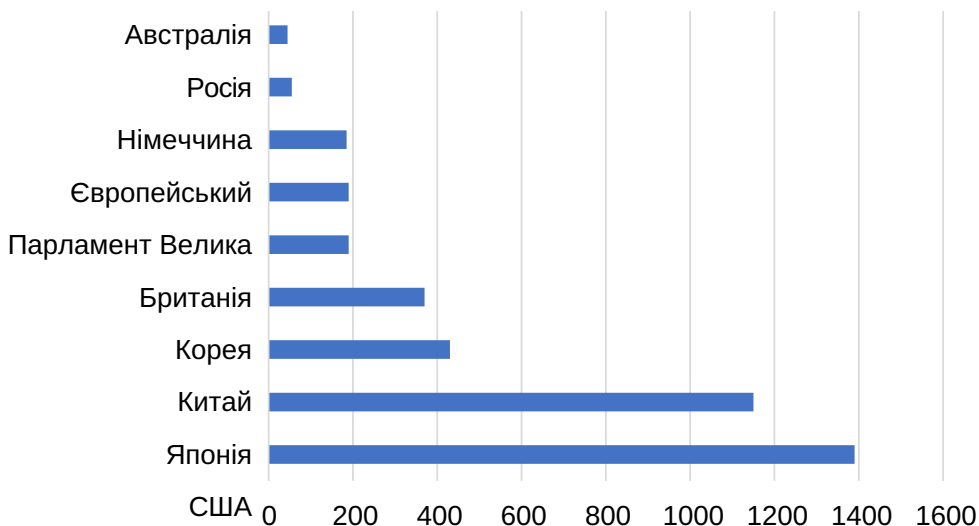
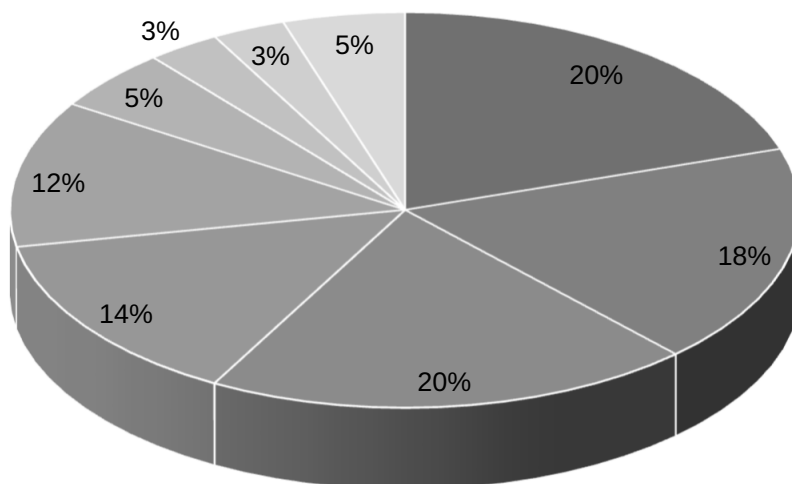


Рис. 3. Розподіл опублікованих заявок у сфері 3D-друку за країнами подання

Джерело: [5]



- Автомобільна промисловість
- Виробнича промисловість
- Медицина
- Наукова (академічна) діяльність
- Інше
- Аерокосмічне машинобудування
- Споживчі товари
- Військова справа
- Архітектура

Рис. 4. Напрями використання адитивних технологій за галузями економічної діяльності

Джерело: [9]

енергії та природних ресурсів, необхідних для його роботи.

Очікується, що етапи з точки зору рівня готовності та впровадження в галузях промисловості суттєво вплинуть на ланцюги поставок, як окремо, так і в поєднанні: Інтернет речей, штучний інтелект, передова робототехніка, та адитивне виробництво.

Висновки. Технології адитивного виробництва привносять у розробку нового продукту невідомі раніше можливості. Вперше з'явилася технологія, здатна підтримувати процес проектування та інженерії з виготовленням окремих елементів або деталей, демонстраторів і прототипів, яка не обмежена технічними обмеженнями традиційних технологій, виробляючи їх швидко і за зниженою ціною.

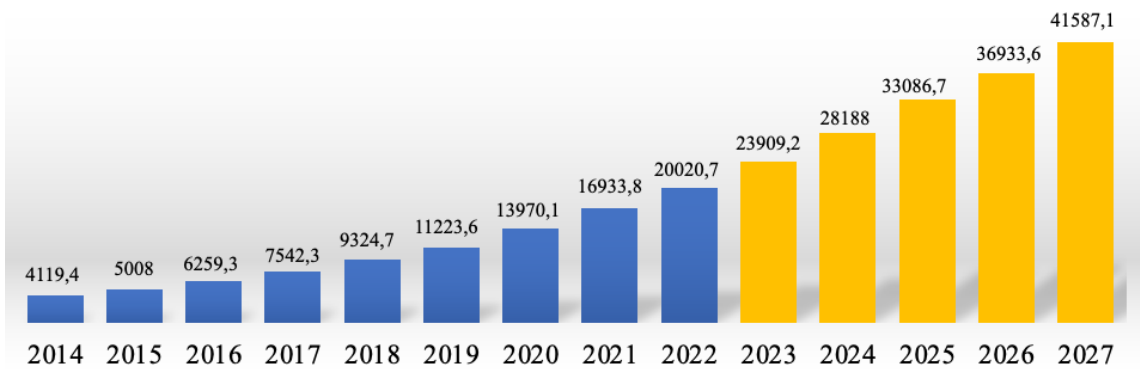


Рис. 5. Стан і прогноз обсягу світового ринку адитивного виробництва у 2014–2027 рр., млн. дол.

Джерело: Exponential technologies in manufacturing, SmarTechPublishing

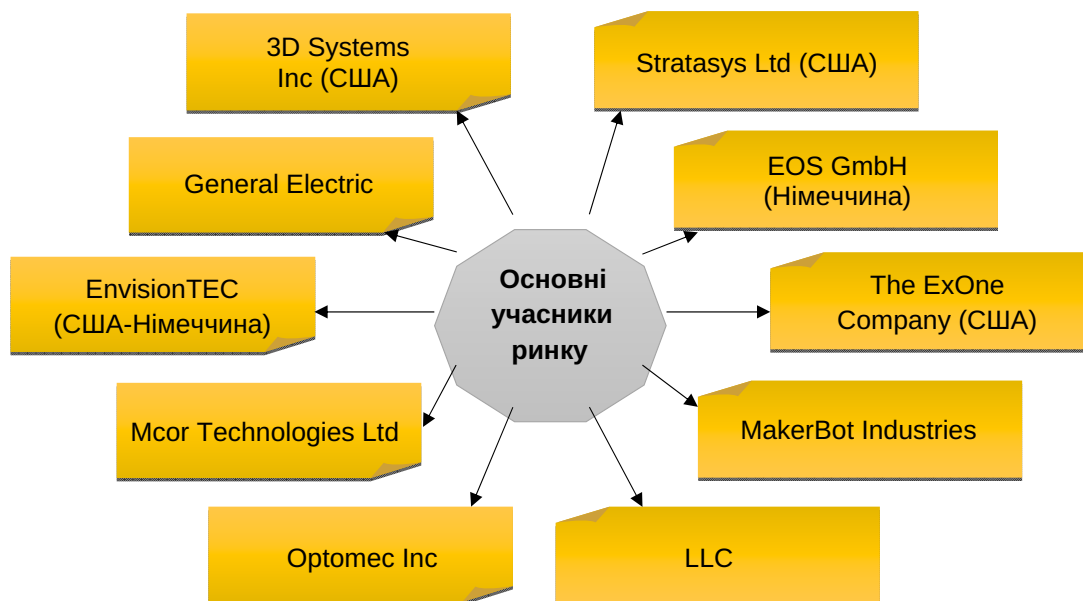


Рис. 6. Основні учасники світового ринку адитивних технологій

Джерело: систематизовано автором за [1]



Рис. 7. Розподіл сукупного доходу від продажів на ринку адитивних технологій за 2019 рік в розрізі галузей економічної діяльності

Джерело: [11]



Рис. 8. Основні тренди розвитку ринку 3D-друку в світі

Джерело: складено автором

Проведений аналіз свідчить, що існуючі технології адитивного виробництва все ще є повільними, не дуже ефективними, а ціна на деталі є занадто високою, щоб конкурувати з традиційними методами. Однак адитивне виробництво має дуже амбітні прогнози на майбутнє, і багато зусиль докладаються в різних напрямках, щоб зробити його економічно, соціально та екологічно життєздатним. Збільшення використання адитивних технологій і той факт, що багато нових бізнес-моделей все ще знаходяться на ранній стадії, свідчить про необхідність додаткових досліджень.

Перспективними напрямками подальших досліджень є наступний аналіз попиту та пропозиції на ринку адитивних технологій, а також проведення оцінки потенціалу ринку адитивних технологій в умовах техноглобалізму.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Additive Manufacturing Demand Analysis (2013–2021) v/s Market Outlook (2022–2028). URL: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/additive-manufacturing-market.asp> (дата звернення: 28.06.2022).
2. Павлова Ю. Ф., Рулевська Т. Ф., Колесніков В. О. Застосування адитивних технологій в автомобільній галузі. *Проблеми та перспективи розвитку автомобільного транспорту: Матеріали V-ї Міжнародної науково-технічної інтернет-конференції*. Вінниця, 2017. С. 97–102.
3. Моргунова Д. Особливості впровадження адитивних технологій в аерокосмічній промисловості. 2018. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197269204.pdf> (дата звернення: 28.06.2022).
4. Лісова Р. М. Застосування адитивних технологій у виробництві та їхній вплив на бізнес-процеси. *Науково-виробничий журнал*. 2019. № 5 (110). С. 122–126.

5. Андрощук Г. О. Адитивні технології: перспективи і проблеми 3D-друку. Наука, технології, інновації. 2017. № 1. С. 68–77. URL: http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/12990/Androshchuk_Adytyvni_tekhnolohii.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

6. Дорошенко В. Стан і тенденції розвитку ринку 3D-технологій як елементу цифровізації виробництва продукції з полімерів і металів. Світогляд. 2021. № 6 (92). С. 44–48. URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2021-16-6/svit-6-2021-doroshenko-012.pdf>.

7. Caffrey, T. Wohlers Report 2015; Wohlers Associates: Fort Collins, CO, USA, 2015.

8. Global Additive Manufacturing Market and Technology Forecast to 2028. URL: <https://www.marketresearch.com/Market-Info-Group-v4199/Global-Additive-Manufacturing-Technology-Forecast-13576963/> (дата звернення: 28.06.2022).

9. Wohlers T., Campbell I., Diegel O., Huff R., Kowen J. *3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry: Annual Worldwide Progress Report*. Lund University: Lund, Sweden, 2017.

10. Advincula R. C., Dizon J. R., Chen Q., Niu I., Chung J., Kilpatrick L. Additive manufacturing for COVID-19: devices, materials, prospects, and challenges. *MRS Communications*. 2017. Vol. 10 No. 3. P. 413–427.

11. Distribution of sales revenue of the additive manufacturing market worldwide in 2019, by industry. URL: <https://www.statista.com/statistics/1268618/share-sales-revenue-of-additive-manufacturing-by-industry/> (дата звернення: 28.06.2022).

12. Amin D., Nguyen N., Roser S.M. Abramowicz S. 3D printing of face shields during COVID-19 pandemic: a technical note. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery Official*. 2020. Vol. 78 No. 8. P. 1275–1278.

13. ISO/ASTM 52900:2015 Additive manufacturing – General principles – Terminology. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/69669.html> (дата звернення: 28.06.2022).

14. Ransikarbum, K.; Pitakaso, R.; Kim, N. A Decision-Support Model for Additive Manufacturing Scheduling Using an Integrative Analytic Hierarchy Process and Multi-Objective Optimization. *Appl. Sci*. 2020, 10, 5159.

REFERENCES:

1. Additive Manufacturing Demand Analysis (2013–2021) v/s Market Outlook (2022–2028). Available at: <https://www.persistencemarketresearch.com/market-research/additive-manufacturing-market.asp> (accessed June 28, 2022).

2. Pavlova Yu. F., Rulievskaya T. F., Kolesnikov V. O. (2017). Zastosuvannia adytyvnykh tekhnolohii v avtomobilnii haluzi [Application of additive technologies in the automotive industry]. Proceedings of the *Problemy ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu: Materialy V Mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi internet-konferentsii*. Vinnytsia, pp. 97–102. (in Ukrainian)

3. Morhunova D. (2018). Osoblyvosti vprovadzhennia adytyvnykh tekhnolohii v aerokosmichnii promyslo-

vosti [Features of introduction of additive technologies in the aerospace industry]. Available at: <https://core.ac.uk/download/pdf/197269204.pdf> (accessed June 28, 2022).

4. Lisova R. M. (2019). Zastosuvannia adytyvnykh tekhnolohii u vyrobnytstvi ta yikhonii vplyv na biznes-protsesy [Application of additive technologies in production and their impact on business processes.]. *Naukovo-vyrobnychi zhurnal*, № 5 (110), pp. 122–126. (in Ukrainian)

5. Androschuk G. O. (2017). Adytyvni tekhnolohii: perspektyvy i problemy 3D-druku [Additive technologies: prospects and problems of 3D printing]. *Nauka, tekhnolohii, innovatsii*, no. 1, pp. 68–77. Available at: http://ekmair.ukma.edu.ua/bitstream/handle/123456789/12990/Androshchuk_Adytyvni_tekhnolohii.pdf?sequence=1&isAllowed=y (accessed June 28, 2022).

6. Doroshenko V. (2021) Stan i tendentsii rozvytku rynku 3D-tekhnolohii yak elementu tsyfrovizatsii vyrobnytstva produktsii z polimeriv i metaliv [State and trends of the market development of 3D technologies as an element of digitization of production of products from polymers and metals]. *Svitohliad*, no. 6 (92), pp. 44–48. Available at: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2021-16-6/svit-6-2021-doroshenko-012.pdf> (accessed June 28, 2022).

7. Caffrey, T. Wohlers, J. (2015). Report 2015; Wohlers Associates: Fort Collins, CO, USA.

8. Global Additive Manufacturing Market and Technology Forecast to 2028. Available at: <https://www.marketresearch.com/Market-Info-Group-v4199/Global-Additive-Manufacturing-Technology-Forecast-13576963/> (accessed June 28, 2022).

9. Wohlers T., Campbell I., Diegel O., Huff R., Kowen J. (2017). *3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry: Annual Worldwide Progress Report*. Lund University: Lund, Sweden.

10. Advincula R. C., Dizon J. R., Chen Q., Niu I., Chung J., Kilpatrick L. (2020). Additive manufacturing for COVID-19: devices, materials, prospects, and challenges. *MRS Communications*, vol. 10, no. 3, pp. 413–427.

11. Distribution of sales revenue of the additive manufacturing market worldwide in 2019, by industry. Available at: <https://www.statista.com/statistics/1268618/share-sales-revenue-of-additive-manufacturing-by-industry/> (accessed June 28, 2022).

12. Amin D., Nguyen N., Roser S.M. Abramowicz S. (2020). 3D printing of face shields during COVID-19 pandemic: a technical note. *Journal of Oral and Maxillofacial Surgery Official*, vol. 78, no. 8, pp. 1275–1278.

13. ISO/ASTM 52900:2015 Additive manufacturing – General principles – Terminology. Available at: <https://www.iso.org/ru/standard/69669.html> (accessed June 28, 2022).

14. Ransikarbum, K.; Pitakaso, R.; Kim, N. (2020). A Decision-Support Model for Additive Manufacturing Scheduling Using an Integrative Analytic Hierarchy Process and Multi-Objective Optimization. *Appl. Sci*. vol. 10, pp. 51–59.