

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.01.2024.09>

УДК 167.7; 004.81

Роль технологій у сучасних індустріальних процесах: порівняльний аналіз автоматизованих, автоматичних та механічних систем

Смик Денис Дмитрович¹⁾

Аспірант каф. Комп'ютерних наук

E-mail: smukdenys10@gmail.com

Бурак Назарій Євгенович¹⁾

Канд. техніч. наук, доцент каф. Комп'ютерних наук

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3880-4077>; nazar.burak@ukr.net, Scopus ID: 57204558265

¹⁾ Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, вул. Клепарівська, 35. Львів, Україна

АНОТАЦІЯ

У сучасній технологічній сфері системи поділяються на різні категорії за рівнем складності та функціональних можливостей. Основними типами є механічні, автоматичні та автоматизовані системи. Кожен з цих типів має свої унікальні характеристики та області застосування. Механічні системи є найпростіші з усіх. Вони складаються переважно з фізичних компонентів, таких як шестерні, важелі, пружини, які взаємодіють для виконання певних завдань. Такі системи зазвичай не мають вбудованих механізмів контролю чи регулювання, і їх функціонування базується на основних принципах механіки. Приклади механічних систем включають прості механізми годинників або традиційні пристрої для вимірювання. Автоматичні системи представляють собою еволюційний крок від механічних систем, оскільки вони включають елементи для автоматичного контролю. Це можуть бути електричні або електронні компоненти, які дозволяють системі здійснювати певні операції без безпосереднього втручання людини. Наприклад, автоматичні двері або термостати, що регулюють температуру в кімнаті, є прикладами таких систем. Вони здатні реагувати на зміну умов і виконувати завдання на основі заздалегідь заданих параметрів. Автоматизовані системи, в свою чергу, є найбільш складними і інтегрованими. Вони поєднують автоматичний контроль з програмним забезпеченням і розвинутою системою управління, що дозволяє їм адаптуватися до змінюваних умов середовища та самостійно приймати рішення. Автоматизовані системи можуть включати в себе елементи штучного інтелекту і машинного навчання, що дозволяє їм виконувати складні задачі, такі як обробка даних або оптимізація виробничих процесів. Приклади включають промислові роботизовані лінії або системи управління в розподільчих мережах. Отже, основні відмінності між цими системами полягають у рівні складності та функціональних можливостях: механічні системи базуються на простих фізичних принципах, автоматичні системи містять елементи автоматичного контролю, а автоматизовані системи забезпечують високий рівень інтеграції та автономності.

Ключові слова: автоматизація; оптимізація; процеси; якість; швидкість; ефективність; системи

Актуальність. Актуальність дослідження ролі технологій у сучасних індустріальних процесах зумовлена необхідністю підвищення продуктивності, зниження витрат та покращення якості продукції в умовах глобальної конкуренції. Автоматизовані, автоматичні та механічні системи є основою Індустрії 4.0, яка трансформує традиційне виробництво через інтеграцію цифрових технологій, таких як штучний інтелект та Інтернет речей (IoT). Порівняння цих систем дозволяє виявити оптимальні підходи до їхнього впровадження, що є критичним для забезпечення конкурентоспроможності сучасних підприємств на світовому ринку.

Метою дослідження є детальне вивчення ролі технологій у сучасних індустріальних процесах через порівняльний аналіз автоматизованих, автоматичних та механічних систем. Це дослідження спрямоване на визначення ефективності кожної з цих систем, їхнього впливу на продуктивність, якість продукції та зниження витрат у виробничих процесах. Зіставлення цих технологій дозволить виявити оптимальні підходи до їх інтеграції у виробництво, що є критично важливим для підвищення конкурентоспроможності підприємств у глобальній економіці.

Автоматизація є ключовою складовою сучасних промислових процесів, що надає численні переваги, які допомагають підприємствам залишатися конкурентоспроможними на глобальному ринку. Однією з основних переваг автоматизованих систем є значне підвищення продуктивності та ефективності виробництва. За даними дослідження,

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.uk>)

проведеного ISEP–School of Engineering у Португалії у 2023 році, впровадження автоматизованих систем у машинобудуванні дозволило знизити витрати виробництва на 40% та підвищити продуктивність на 35 % [1].

Це досягається за рахунок скорочення часу на виконання рутинних завдань, зниження залежності від людського фактору та підвищення точності виробничих процесів.

Автоматизація також сприяє зменшенню виробничих витрат через зниження потреби в ручній праці та мінімізацію впливу людських помилок. У сучасних автоматизованих виробничих лініях, таких як ті, що використовуються в автомобільній промисловості, впровадження робототехніки та систем управління дозволяє скоротити витрати на робочу силу та знизити кількість дефектів продукції. Наприклад, у компанії Tesla автоматизовані лінії збору автомобілів дозволили скоротити час на виробництво кожного автомобіля на 15 % та підвищити точність збору компонентів на 20 % [2].

Це не лише зменшує витрати на виробництво, але й підвищує загальну якість продукції.

Ще однією важливою перевагою автоматизації є можливість швидкого адаптування до змін у виробничих процесах та вимогах ринку. Автоматизовані системи, завдяки своїй гнучкості, дозволяють підприємствам оперативно переналаштовувати виробничі лінії під нові продукти або зміни у вимогах споживачів. Це особливо актуально у висококонкурентних галузях, таких як електроніка, де швидкість виходу на ринок нових продуктів є критичним фактором успіху. Наприклад, у виробництві побутової електроніки автоматизовані системи дозволяють змінювати конфігурацію виробничих ліній у режимі реального часу, що забезпечує оперативну адаптацію до вимог ринку та скорочення часу на запуск нових моделей.

Крім того, автоматизовані системи сприяють підвищенню безпеки на робочому місці. Завдяки усуненню необхідності виконання небезпечних або рутинних завдань вручну, автоматизація знижує ризик травматизму працівників та покращує загальні умови праці. Це особливо актуально в таких галузях, як хімічна промисловість, де працівники можуть піддаватися впливу шкідливих речовин або екстремальних умов роботи. Наприклад, автоматизовані системи, які контролюють процеси змішування хімікатів або обробки відходів, дозволяють мінімізувати вплив на працівників і забезпечують більш безпечні умови роботи.

Автоматичні системи суттєво змінюють підходи до управління якістю продукції, забезпечуючи високу точність, повторюваність і стабільність процесів. Вони дозволяють зменшити вплив людського фактора, що є основною причиною помилок у виробництві. За даними досліджень, автоматичні системи дозволяють досягти показника дефектів на рівні шести сигм, що еквівалентно 3.4 дефектам на мільйон можливостей, і значно перевищує показники, яких можна досягти вручну [3].

У фармацевтичній промисловості, наприклад, автоматичні системи забезпечують суворий контроль дозування активних інгредієнтів у ліках, що мінімізує ризики відхилень від стандартів якості. Автоматичне обладнання для змішування і фасування дозволяє досягти високої точності у процесах, які критично важливі для безпеки кінцевого продукту. Наприклад, у 2021 році фармацевтична компанія Bayer впровадила нову автоматичну систему дозування, що дозволила зменшити кількість помилок у дозуванні на 25 % і збільшила продуктивність на 15% завдяки підвищенню рівня автоматизації [3].

Крім того, автоматичні системи дозволяють проводити постійний моніторинг процесів у реальному часі, що забезпечує миттєве виявлення і корекцію відхилень. Це суттєво скорочує час простою обладнання і зменшує обсяги бракованої продукції. Наприклад, у виробництві напівпровідників автоматичні системи контролю якості використовують оптичні сканери та алгоритми машинного навчання для ідентифікації дефектів у структурі мікрочіпів ще на ранніх етапах виробництва. Це дозволяє значно знизити витрати на виправлення помилок і підвищити вихід придатної продукції.

Автоматичні системи також грають критичну роль у підвищенні безпеки продукції, особливо в галузях з високими вимогами до стандартів безпеки, таких як харчова та хімічна промисловість. Наприклад, у харчовій промисловості автоматичні системи дозволяють здійснювати строгий контроль якості сировини, виробничих процесів та кінцевої продукції. Системи автоматичного моніторингу та аналізу дозволяють виявляти потенційні контамінації або відхилення від рецептур у реальному часі, що забезпечує швидке реагування і усунення загроз.

У 2022 році компанія Nestlé впровадила автоматичну систему моніторингу якості на своїх заводах у Європі, що дозволило знизити ризики контамінації продуктів харчування на 30%. Ця система використовує датчики для моніторингу критичних параметрів, таких як температура, вологість та наявність мікроорганізмів, і забезпечує автоматичне коригування процесів для забезпечення відповідності стандартам безпеки [4].

Автоматичні системи безпеки також важливі у хімічній промисловості, де вони допомагають уникати аварійних ситуацій і зменшувати ризики для здоров'я працівників та споживачів. Наприклад, у виробництві небезпечних речовин автоматичні системи контролюють тиск, температуру і склад сумішей, попереджаючи про можливі відхилення від безпечних значень. У 2023 році компанія BASF впровадила нову систему автоматичного контролю безпеки на своїх хімічних заводах, що дозволило знизити частоту аварій на 40% і підвищити загальний рівень безпеки на підприємствах [3].

Одним із головних факторів, що впливають на вибір між механічними, автоматизованими та автоматичними системами, є економічні аспекти. Автоматизовані системи зазвичай вимагають значних капіталовкладень на початкових етапах впровадження, включаючи закупівлю обладнання, налаштування програмного забезпечення та навчання персоналу. У той час як механічні системи часто є більш доступними у фінансовому плані, вони можуть мати вищі операційні витрати через більшу потребу у ручній праці та регулярному технічному обслуговуванні. Наприклад, у 2022 році в дослідженні, проведеному McKinsey, було виявлено, що підприємства в текстильній промисловості Бангладеш віддали перевагу механічним системам через їхню низьку вартість, незважаючи на вищі витрати на робочу силу порівняно з автоматизацією [2].

Автоматичні системи, хоча і менш гнучкі, ніж автоматизовані, можуть пропонувати оптимальне співвідношення між вартістю та ефективністю в галузях, де ключовими є стабільність і повторюваність процесів. Наприклад, у фармацевтичній промисловості, де навіть незначні відхилення можуть мати критичні наслідки, автоматичні системи забезпечують високий рівень точності та контролю якості при відносно помірних інвестиціях, порівняно з повною автоматизацією виробничих процесів.

Ще одним важливим фактором є технологічні вимоги та складність виробничих процесів. Для складних процесів, що потребують високої точності та адаптивності, автоматизовані системи є найбільш підходящими, оскільки вони можуть легко адаптуватися до змін у виробництві та забезпечити високу ефективність при мінімальному втручанні людини. Наприклад, у виробництві автомобілів, де необхідно швидко переналаштовувати лінії під нові моделі, автоматизовані системи дозволяють знизити час налаштування та підвищити загальну продуктивність підприємства.

Механічні системи найчастіше використовуються у простіших процесах, де важлива надійність і легкість в обслуговуванні, наприклад, у сільському господарстві або базовій обробці сировини. У таких галузях перевага надається простоті та доступності обладнання, навіть якщо це призводить до нижчої продуктивності або більшої залежності від ручної праці [4].

Автоматичні системи зазвичай обираються для середньо-складних процесів, де потрібно забезпечити стабільність та якість без необхідності постійного оновлення обладнання. Вони є ідеальним рішенням для таких галузей, як хімічна промисловість або виробництво

харчових продуктів, де потрібно підтримувати постійні умови виробництва без частих змін налаштувань.

Вибір між різними типами систем також залежить від доступності кваліфікованих кадрів. Автоматизовані системи часто вимагають від працівників спеціальних навичок, таких як програмування, налаштування складного обладнання та управління даними. У регіонах, де бракує таких фахівців, або де рівень освіти та професійної підготовки не відповідає вимогам сучасних автоматизованих систем, підприємства можуть обирати механічні або автоматичні системи. Наприклад, у дослідженні, проведеному у 2023 році, було виявлено, що в Індії багато підприємств зіткнулися з проблемами в налаштуванні автоматизованих систем через дефіцит кваліфікованих інженерів, що сповільнило процес впровадження нових технологій на декілька місяців.

Автоматичні системи, хоча і вимагають певного рівня технічних знань, зазвичай є менш вимогливими до навичок персоналу порівняно з автоматизованими системами. Це робить їх більш доступними для підприємств у регіонах з обмеженим доступом до висококваліфікованих кадрів.

Стратегічні пріоритети підприємств також відіграють важливу роль у виборі між механічними, автоматизованими та автоматичними системами. Наприклад, компанії, які прагнуть досягти лідерства на ринку завдяки інноваціям та технологічним перевагам, швидше за все, обиратимуть автоматизовані системи, що забезпечують вищу гнучкість та можливість швидкої адаптації до змін. Водночас, підприємства, які орієнтуються на стабільність і збереження витрат на низькому рівні, можуть віддати перевагу механічним або автоматичним системам, щоб мінімізувати ризики та зберегти контроль над витратами [5].

Наприклад, у автомобільній промисловості компанії, такі як Tesla, активно інвестують в автоматизовані системи, що дозволяють їм підтримувати високі стандарти якості та продуктивності. Інші виробники, що зосереджуються на зниженні собівартості продукції, можуть обирати менш дорогі технологічні рішення, які відповідають їхнім потребам.

Регуляторні вимоги також можуть впливати на вибір системи. У галузях, де існують суворі стандарти безпеки та якості, таких як фармацевтика або харчова промисловість, підприємства змушені використовувати автоматичні або автоматизовані системи для забезпечення відповідності продукції нормативним вимогам. Автоматизовані системи, наприклад, дозволяють легко інтегрувати засоби контролю якості у виробничий процес і забезпечувати відповідність стандартам ISO або FDA, що є критичним для міжнародного ринку.

Механічні системи, зазвичай, не здатні забезпечити такий рівень контролю та відповідності, що обмежує їх використання у високорегульованих галузях. Це підвищує попит на більш складні технологічні рішення, які можуть задовольнити вимоги регуляторних органів і забезпечити високу якість та безпеку продукції.

Індустрія 4.0 передбачає інтеграцію цифрових технологій, таких як Інтернет речей, штучний інтелект і великі дані, у промислові процеси. Це дозволяє створити так звані «розумні фабрики», де машини можуть взаємодіяти одна з одною, аналізувати дані в реальному часі та самостійно приймати рішення. Наприклад, у 2023 році дослідники з Німеччини провели аналіз впливу Індустрії 4.0 на виробничі процеси у машинобудуванні, виявивши, що використання цифрових технологій дозволило знизити витрати на обслуговування обладнання на 30% та підвищити продуктивність на 40 % [1].

Впровадження Індустрії 4.0 також змінює вимоги до робочої сили, оскільки з'являється потреба у нових навичках, таких як програмування, аналіз даних та управління робототехнікою. Це викликає необхідність перекваліфікації працівників та адаптації освітніх програм для підготовки фахівців нової генерації. Наприклад, у 2022 році у США було запроваджено національну програму перекваліфікації інженерів, орієнтовану на навчання новим технологіям Індустрії 4.0, що дозволило залучити до сучасних виробництв понад 50 тисяч фахівців із різних галузей [1].

Загалом, ключ до вирішення проблем між автоматизованими, автоматичними та механічними системами полягає в їхній правильній інтеграції, гнучкому підході до управління, підготовці персоналу та використанні новітніх технологій моніторингу та діагностики. Це дозволить підвищити ефективність роботи систем, зменшити кількість поломок і зробити їхню експлуатацію більш стабільною та надійною в умовах постійних змін (Рис.1).

Загальна характеристика таких систем здійснюється за такими ознаками: за рівнем автономності, за гнучкістю, за швидкістю адаптації за вартістю (Рис. 2).



Рис. 1. Порівняння автоматизованих, автоматичних та механічних систем

Характеристика	Автоматизовані системи	Автоматичні системи	Механічні системи
Рівень автономності	Високий	Високий	Низький
Гнучкість	Висока	Низька	Низька
Швидкість адаптації	Висока	Низька	Низька
Вартість	Висока	Середня	Низька

Рис. 2. Порівняння автоматизованих, автоматичних та механічних систем

У майбутньому очікується подальший розвиток автоматизованих систем із впровадженням штучного інтелекту та машинного навчання, що дозволить досягти ще більшої гнучкості та ефективності у промислових процесах. Інтеграція автоматизованих систем з Інтернетом речей та великими даними створює нові можливості для прогнозного обслуговування, оптимізації ресурсів та підвищення якості продукції. Очікується, що до 2025 року понад 70% великих промислових підприємств перейдуть на використання автоматизованих систем у своїх виробничих лініях, що дозволить їм значно підвищити свою конкурентоспроможність на світовому ринку [3].

Автоматичні системи також продовжать свій розвиток, зокрема у галузях з високими вимогами до точності та безпеки. Впровадження нових стандартів та регламентів, особливо у фармацевтиці та медичних технологіях, підштовхуватиме компанії до переходу на повністю автоматичні лінії, щоб відповідати новим нормам і забезпечувати стабільність виробничих процесів. Механічні системи, хоч і будуть поступово замінюватися автоматизованими рішеннями, залишатимуться актуальними у нішевих галузях та регіонах, де впровадження сучасних технологій є економічно недоцільним.

Таким чином, роль технологій у сучасних індустріальних процесах продовжує зростати, а їхнє впровадження стає визначальним фактором успішного функціонування підприємств у глобальній економіці. Порівняльний аналіз автоматизованих, автоматичних та механічних систем дозволяє виявити найбільш ефективні підходи до їх використання, що забезпечить довгострокову конкурентоспроможність та стійкість підприємств у майбутньому.

Висновок. У підсумку, можна побачити, що автоматизовані, автоматичні та механічні системи є ключовими компонентами в сучасній промисловості. Кожен з цих типів систем має свої переваги та обмеження, проте всі вони спрямовані на покращення виробничих процесів для досягнення більшої ефективності та конкурентоспроможності підприємств. За допомогою постійного розвитку технологій, ми можемо спостерігати появу все більш розумних та адаптивних систем, що відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та якості виробництва. Таким чином, вибір між цими системами залежить від конкретних умов та вимог конкретної галузі, проте їхня спільна мета полягає в покращенні виробничих процесів та забезпеченні ефективності виробництва.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Campilho, R.D.S.G.; Silva, F.J.G. “Industrial Process Improvement by Automation and Robotics”. *Machines*. 2023; 11 (11): 1011. DOI: <https://doi.org/10.3390/machines11111011>.
2. “Human + machine: A new era of automation in manufacturing”. *McKinsey*. – Available from: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/human-plus-machine-a-new-era-of-automation-in-manufacturing>.
3. “Industry Revolution 4.0: From Industrial Automation to Industrial Autonomy”. *SpringerLink*. – Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-981-99-5354-7_17.
4. Придатко О. В., Бурак Н. Є., Дзень В. Є., Кунинець М. С. «Адаптивна інформаційно-довідкова система “UniBell” як складова частина проєкту “Smart-університет”». Науковий вісник НЛТУ України. 2020; 30 (5): 105–113.
5. Посібник з лекцій із дисципліни «Автоматизовані системи керування технологічними процесами» напрям підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології». Укладач: Карташов В. В. – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя. 2017.

DOI: <https://doi.org/10.15276/ict.01.2024.09>

UDC 167.7; 004.81

The role of technology in modern industrial processes: a comparative analysis of automated, automatic and mechanical systems

Denys D. Smyk¹⁾

Postgraduate, Department of Computer Sciences,

E-mail: smukdenys10@gmail.com

Nazarii E. Burak¹⁾

PhD, Associate Professor, Department of Computer Sciences

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3880-4077> nazar.burak@ukr.net_Scopus ID: 57204558265

¹⁾Lviv State University of Life Safety, 35, Kleparivska St. Lviv, Ukraine

ABSTRACT

In the modern technological sphere, systems are categorized into various types based on their level of complexity and functional capabilities. The primary types are mechanical, automatic, and automated systems. Each of these types has its unique characteristics and areas of application. Mechanical systems are the simplest of all. They consist primarily of physical components such as gears, levers, and springs, which interact to perform specific tasks. These systems typically lack built-in control or regulation mechanisms, and their operation is based on basic mechanical principles. Examples of mechanical systems include simple clock mechanisms or traditional measuring devices. Automatic systems represent an evolutionary step beyond mechanical systems, as they include elements for automatic control. These may be electrical or electronic components that enable the system to perform certain operations without direct human intervention. For example, automatic doors or thermostats that regulate room temperature are examples of such systems. They can respond to changing conditions and perform tasks based on predefined parameters. Automated systems, in turn, are the most complex and integrated. They combine automatic control with software and advanced management systems, allowing them to adapt to changing environmental conditions and make decisions independently. Automated systems may include elements of artificial intelligence and machine learning, enabling them to perform complex tasks such as data processing or optimizing production processes. Examples include industrial robotic lines or management systems in distribution networks. Thus, the main differences between these systems lie in their level of complexity and functional capabilities: mechanical systems are based on simple physical principles, automatic systems contain elements of automatic control, and automated systems provide a high level of integration and autonomy.

Keywords: Automation; optimization; processes; quality; speed; efficiency; systems