

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2024-80-34>

УДК 004.5

ЮХИМЧУК Марія

Вінницький національний технічний університет

<https://orcid.org/0000-0002-8131-9739>

[umc1987@vntu.edu.ua](mailto:umc1987@vntu.edu.ua)

НЕСТИЮК Людмила

Вінницький національний технічний університет

e-mail: [lynestiuk@gmail.com](mailto:lynestiuk@gmail.com)

БОНДАР Нікіта

Вінницький національний технічний університет

## ЛЮДИНО-МАШИННІ ІНТЕРФЕЙСИ – ПОСЕРЕДНИКИ МІЖ РОБІТНИКАМИ ТА СУЧАСНИМ АВТОМАТИЗОВАНИМ ВИРОБНИЦТВОМ

*Сучасний світ перебуває на перетині технологічного прогресу та індустріальних трансформацій, де автоматизація виробництва та людино-машинні інтерфейси (ЛМІ) визначають нове обличчя промислового прогресу. Зростаюча потреба в оптимізації виробничих процесів та пошук ефективних шляхів взаємодії між людьми та технікою є важливим питанням, що висвітлюється у даній статті.*

*Ключові слова: автоматизація виробництва, людино-машинні інтерфейси (ЛМІ), промисловий прогрес, оптимізація виробничих процесів, ефективність виробництва, технологічні інновації, сучасні технології виробництва, охорона праці.*

YUKHIMCHUK Mariya, NESTIUK Liudmyla, BONDAR Nikita

Vinnitsia National Technical University

## HUMAN-MACHINE INTERFACES - MEDIATORS BETWEEN WORKERS AND MODERN AUTOMATED PRODUCTION

*The modern world is at the intersection of technological progress and industrial transformations, where production automation and human-machine interfaces (HMI) define the new face of industrial progress. The growing need to optimize production processes and search for effective ways of interaction between people and technology is an important issue highlighted in this article.*

*Effective operation of any enterprise is possible only under the condition of using up-to-date tools for supporting production processes. Specific properties of modern information systems for production automation are their difficult perception by untrained workers. This leads to a lack of mutual understanding between workers and automated devices and, as a result, a decrease in the productivity of the enterprise and an increase in the probability of dangerous situations at work. The paper presents the results of the study of the relationship between man and automation tools through human-machine interfaces. The obtained results can be used in the design or conversion of outdated production facilities. Human-machine interfaces are one of the most important automation tools used in modern industry. In today's conditions, the further development of automation technologies is a reflection of the natural needs of production, in order to increase the specific productivity of enterprises and reduce the costs of wages for redundant workers. The increase in relative labor productivity makes it possible to increase output without increasing capital and operating costs for maintaining technological equipment. In addition, modern technologies of augmented reality expand the possibilities of human-machine interaction in production, and the ergonomics and convenience of interfaces are a guarantee of quick adaptation of newcomers and effective use of their potential in production.*

*Thus, a comprehensive approach to the implementation of modern human-machine interfaces opens up wide opportunities for increasing the efficiency and competitiveness of production in various industries.*

*Keywords: production automation, Human-Machine Interfaces (HMI), industrial progress, optimization of production processes, production efficiency, technological innovations, modern production technologies, occupational safety.*

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ У ЗАГАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ ТА ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ВАЖЛИВИМИ НАУКОВИМИ ЧИ ПРАКТИЧНИМИ ЗАВДАННЯМИ

Впровадження підприємствами автоматизованих систем для підвищення продуктивності та оптимізації виробничих процесів стало доволі поширеним і навіть неминучим явищем сьогодення практично в усіх галузях людської діяльності. І чим далі потужнішими та інноваційнішими стають програмні та апаратні рішення, що для цього застосовуються, тим більше концепція функціонування виробництва в цілому, та окремих його частин віддаляється від розуміння простими робітниками.

Засобом, що покликаний полегшити взаєморозуміння людини з машиною, або навіть цілими їх системами є людино-машинний інтерфейс. Проте, без належного програмного підґрунтя, самі по собі такі інтерфейси мало чого варті. В даній статті пропонується до розгляду весь довгий шлях, що проходить інформація від свого джерела до кінцевого пункту обробки та назад.

### ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

1. Автоматизація виробництва

Автоматизація виробничих процесів підприємства сьогодні – гостре питання прогресивних компаній. Сучасне виробництво перебуває у стані переходу від принципів роботи «по-старому» до нових підходів, які менше залежать від людей.

Інтеграція машинної праці у виконання виробничих процесів забезпечує чітке, надійне та безпечне функціонування підприємства. Так, деякі можуть вважати, що роботизація промисловості є негативним явищем, адже велика кількість працівників втратять свої робочі місця. Однак, слід визнати, що людська праця за багатьма параметрами у декілька разів поступається роботизованій. Навіть не беручи до уваги те, що працівники повільніші за машини та частіше допускають помилки, виробництво завжди ризикує зазнати аварії чи матеріальних втрат через людський фактор. Машини позбавлені цього недоліку й саме тому грамотне їх використання допоможе вивести виробництво на новий рівень. А проблему робочих місць можна вирішити декількома способами:

- перекваліфікація робітників із обслуговувачів робочих ліній у наладчиків машин;
- навчання співробітників взаємодіяти з роботизованими «помічниками» та керувати ними в ході виробничого процесу.

Починаючи із середини минулого сторіччя, організація виробництва зазнала рішучих змін. А у 2011 році на Ганноверському ярмарку світ вперше почув про четверту промислову революцію (рисунок 1.1).

Індустрія 4.0 (Industry 4.0) – це новий підхід до процедури виробництва, в основі якого лежить масова інтеграція інформаційних технологій у промисловість, що забезпечує автоматизацію виробничих і бізнес-процесів, а також дає можливість використовувати штучний інтелект.

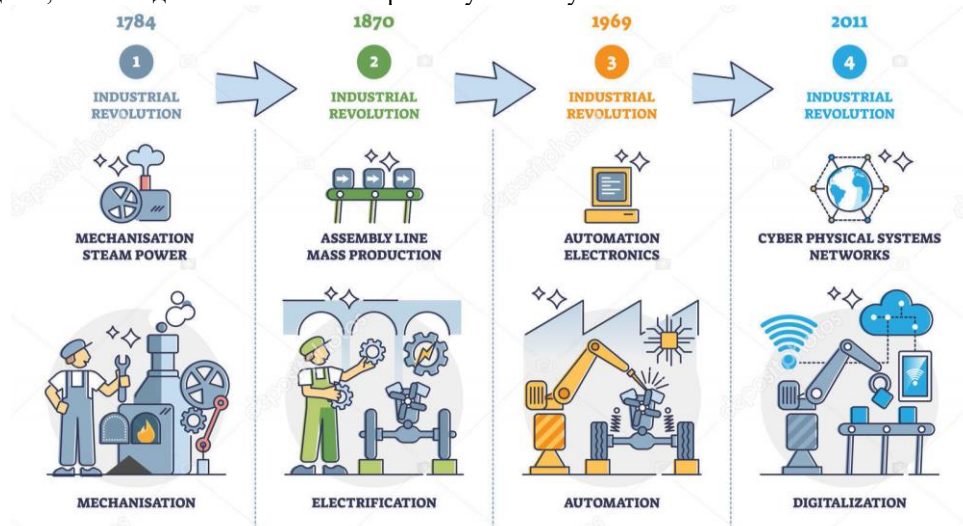


Рис. 1. Індустріальна революція

Головним інструментом, що дозволяє підприємству функціонувати за концепцією Індустрії 4.0 є кіберфізичні системи виробництва. Кіберфізичні системи (Cyber-Physical System, CPS) – це системи, що складаються з різних природних об'єктів, штучних підсистем і керуючих контролерів, що дозволяють представити таке утворення як єдине ціле. В CPS забезпечується тісний зв'язок і координація між обчислювальними й фізичними ресурсами. Комп'ютери здійснюють моніторинг і керування фізичними процесами з використанням такої петлі зворотного зв'язку, де все, що відбувається у фізичних системах, впливає на обчислення й навпаки.

У перспективі область застосування кіберфізичних систем пошириться практично на всі види людської діяльності. Включаючи все різноманіття промисловості, транспортних, енергетичних й військових систем, всі види систем життєзабезпечення від медицини до розумних будинків і міст, а також багато економічних структур.

Однак, використання даних технологій на підприємстві вимагає, в першу чергу, кардинального оновлення виробничого устаткування. Слід розуміти, що автоматизація, окрім об'єкта керування, вимагає додаткового застосування датчиків (сенсорів), керувальних пристроїв (контролерів із засобами вводу-виводу) та виконавчих механізмів.

Зокрема, автоматизації зазнають:

- виробничі (технологічні) процеси;
- проектування;
- організація, планування та керування;
- наукові дослідження;
- бізнес-процеси.

Для забезпечення якісної роботи новітнього устаткування потрібно подбати про якісне програмне забезпечення, що у переважній більшості, ґрунтується на основі використання електронної техніки та методів обчислень, що іноді наслідують нервові і розумові функції людини.

Існують різні види засобів автоматизації:

- ANN – штучна нейронна мережа;
- DCS – розподілена система керування;
- HMI – людино-машинний інтерфейс;
- SCADA – диспетчерське керування та збір даних;
- PLC – програмований логічний контролер;
- вимірювальні прилади;
- керування рухом;
- робототехніка.

Так чи інакше, використання цих технологій та керування ними для успіху власного підприємства вимагає глибокого занурення в функціонал та специфіку роботи з інструментами створення необхідного ПЗ, а саме інформаційні технології.

## 2. Інформаційні технології

Інформаційна технологія – цілеспрямована організована сукупність інформаційних процесів з використанням засобів обчислювальної техніки, що забезпечують високу швидкість обробки даних, швидкий пошук інформації, розосередження даних, доступ до джерел інформації незалежно від місця їх розташування. Виходячи з такого визначення ІТ можна стверджувати, що джерелами інформації є вище згадані засоби автоматизації.

Насправді, люди з давніх давен взаємодіяли з інформаційними системами. Проте, останні пройшли довгий наповнений змінами шлях від минулого до сучасності. Еволюція обробки та зберігання інформації людиною зображена на рисунку 2.1.

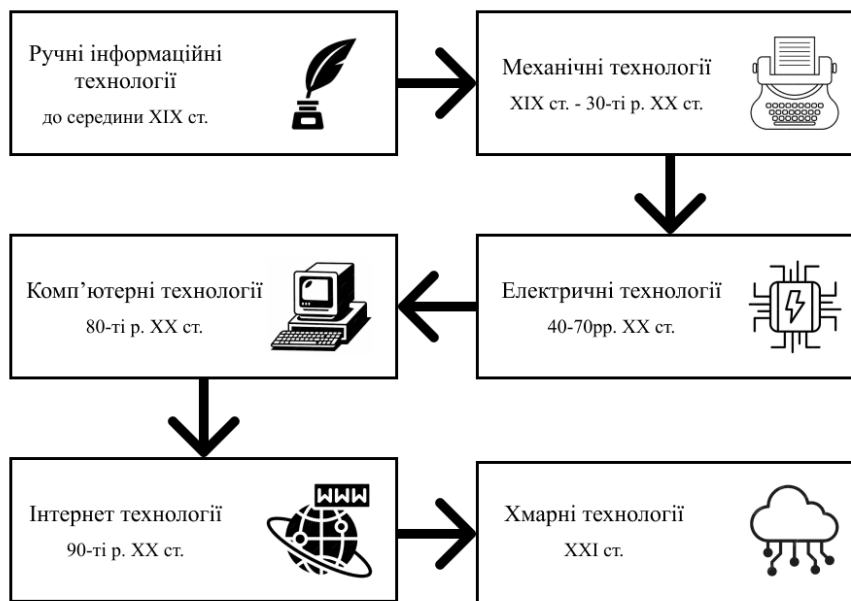


Рис. 2. Етапи становлення інформаційних технологій

В сучасному розумінні існують наступні види інформаційних технологій:

- інформаційна технологія опрацювання;
- інформаційна технологія керування;
- інформаційна технологія підтримки прийняття рішень;
- інформаційна технологія експертних систем.

Використання ІТ значно спрощує роботу людини в дуже широкому спектрі завдань. Про це говорить сама класифікація інформаційних технологій на схемі (рисунок 3).

Інформаційні технології, залучені до підтримки та керування потоками даних про усі технологічні процеси на певному виробництві перетворюють усю його інфраструктуру на інформаційну систему. Інформаційні системи включають в себе: технічні засоби обробки даних, програмне забезпечення і відповідний персонал. Чотири складові частини утворюють внутрішню інформаційну основу:

- засоби фіксації і збору інформації;
- засоби передачі відповідних даних та повідомлень;
- засоби збереження інформації;
- засоби аналізу, обробки і представлення інформації.

В залежності від ступеня (рівня) автоматизації виділяють ручні, автоматизовані й автоматичні інформаційні системи:

- ручні ІС – характеризуються тим, що всі операції з переробки інформації виконуються людиною;
- автоматизовані ІС – частина функцій (підсистем) керування або опрацювання даних здійснюється автоматично, а частина – людиною;
- автоматичні ІС – усі функції керування й опрацювання даних здійснюються технічними засобами без участі людини (наприклад, автоматичне керування технологічними процесами).

Однак, незалежно від рівня автоматизації інформаційної системи, що функціонує на підприємстві, у переважній більшості випадків, керування роботою та обслуговування автоматизованих машин здійснюється саме людиною. Дуже важливо в такій ситуації допомогти працівникові «порозумітися» з роботом, отримати потрібну інформацію та проаналізувати її коректність, а отже і відсутність збоїв у перебігу виробничого процесу. Зручним засобом такої взаємодії людини з інформаційною системою є інтерфейс користувача.



Рис. 3. Класифікація інформаційних технологій

### 3. Інтерфейси

Інтерфейси є основою взаємодії в сучасних інформаційних системах.

В обчислювальній або інформаційній системі взаємодія може здійснюватися на користувацькому, програмному й апаратному рівнях. Відповідно до цього інтерфейси можуть існувати як:

- спосіб взаємодії фізичних пристроїв (з'єднання кабелів, мікросхем);
- спосіб взаємодії віртуальних пристроїв (елементи власне інтерфейсу програми: кнопки, меню, випадні списки);
- спосіб взаємодії людина-машина (окремі периферійні пристрої, наприклад миша, клавіатура чи провідна рукавичка).

Можна виділити 4 шини інтерфейсу:

- інтерфейс основний (оперативної пам'яті та процесора);
- інтерфейс «процесор-канал»;
- інтерфейс «введення-виведення» (інтерфейс периферійних пристроїв, що забезпечує приєднання додаткових пристроїв);
- інтерфейс периферійних апаратів (малий інтерфейс, наприклад, клавіші клавіатури).

Інтерфейсом користувача, в галузі промислового дизайну, взаємодії між людиною та комп'ютером вважається простір, де відбувається співпраця між людьми та машинами. Мета цієї комунікації полягає у забезпеченні досконалої роботи та керуванні машиною з боку людини, а машина одночасно надає інформацію, яка допомагає ухваленню рішень операторами. Прикладами цієї широкої концепції інтерфейсів користувача, є:

- інтерактивні можливості комп'ютерних операційних систем;
- ручні інструменти;
- операторські засоби керування важким обладнанням;
- елементи контролю над технологічними процесами.

Існує різниця між інтерфейсом користувача й інтерфейсом оператора або людино-машинною взаємодією (HMI):

- термін «інтерфейс користувача» часто використовується стосовно (персональних) комп'ютерних систем та електронних пристроїв;
- якщо мережа обладнання або комп'ютерів, взаємопов'язані через систему MES (Manufacturing Execution System) або Host для відбиття інформації;
- інтерфейс «людина-машина» (HMI) зазвичай, є окремим для однієї машини чи частини обладнання, та є способом взаємодії між людиною та обладнанням/машиною;
- інтерфейс оператора – це спосіб взаємодії, за допомогою якого, можна отримати доступ або керувати багатьма механізмами, які пов'язані із системою контролю Host;
- система може мати кілька інтерфейсів для обслуговування різних користувачів. Наприклад, комп'ютеризована бібліотечна база даних, може містити два інтерфейси користувача, один для керівників бібліотек (обмежений набір функцій, прилаштований для простоти використання), а інший для працівників бібліотеки (широкий набір можливостей, пристосованих для продуктивності роботи);
- інтерфейс користувача механічної системи, транспортного засобу або промислової установки, іноді називають інтерфейсом «людина-машина» (HMI). Інші терміни, що використовуються – консоль інтерфейсу оператора (OIC) та інтерфейсний термінал оператора (OIT). Однак це скорочено – терміни стосуються «шару», який відокремлює людину, що керує машиною, із самою машиною. Без прозорого та зручного інтерфейсу, люди не зможуть співдіяти з інформаційними системами.

Людино-машинні інтерфейси (HMI) або інтерфейси комп'ютер-людина (CHI), зазвичай, застосовуються для зв'язку з ПЛК та іншими комп'ютерами. Допоміжний персонал, який стежить та контролює через HMI, можна назвати різними іменами. У промислових технологічних і виробничих умовах, вони називаються операторами. У котельнях та центральних відділах комунального господарства, їх називають стаціонарними інженерами.

Основні функції таких інтерфейсів включають:

1. Введення інформації.
2. Виведення інформації.
3. Керування.
4. Моніторинг.
5. Адаптація.

Оптимізація взаємодії між людьми та автоматизованим обладнанням є ключовим фактором підвищення продуктивності сучасного виробництва. Зокрема, розробка інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів дозволяє персоналу швидко опанувати системи та ефективно керувати процесами. Впровадження моніторингу в реальному часі та систем діагностики забезпечує оперативне реагування на можливі неполадки.

Це втілюється за допомогою таких основних технологічних елементів:

- сенсорні технології, такі як сенсорні екрани та тестові сенсори, що використовуються для взаємодії з системою через дотик, жести або рухи. Це надає користувачам зручний та ефективний спосіб контролю;
- розвиток голосових технологій, зокрема розпізнавання мови та синтез мовлення, дозволяє користувачам взаємодіяти з системою голосовими командами та отримувати відповіді у голосовій формі, спрощуючи введення та виведення інформації;

- штучний інтелект використовується для покращення функцій людино-машинних інтерфейсів, забезпечуючи персоналізовані взаємодії та аналіз поведінки користувачів для підвищення якості обслуговування;
- використання віртуальної та доповненої реальності дозволяє створювати імерсивні інтерфейси, розширюючи реальний світ або створюючи віртуальні оточення для кращої взаємодії;
- машинне навчання використовується для автоматизації взаємодії та адаптації ЛМІ під індивідуальні потреби користувачів, що робить їх більш адаптивними та інтелектуальними;
- біометричні технології, такі як розпізнавання обличчя та сканування відбитків пальців, гарантують безпеку та ідентифікацію користувача;
- інтеграція з Інтернетом речей (IoT) дозволяє ЛМІ взаємодіяти з різними підключеними пристроями та системами, розширюючи їхні можливості та функціональність. Це спрощує обмін даними між обладнанням та надає додаткові аналітичні можливості для оптимізації процесів.

Виробнича безпека на підприємстві є суттєвим аспектом, що вимагає постійної уваги та ефективного управління. Гарантія захисту праці та зменшення ризиків не тільки несуть в собі етичну відповідальність, але й становлять ключовий стратегічний елемент для забезпечення стабільності та надійності виробничого процесу. Однією з ключових її складових є професійне навчання та інструктаж працівників – забезпечення їх адекватною підготовкою не тільки в роботі з обладнанням, використанні матеріалів та виконанні інших технічних процесів, а й усвідомленістю з питань охорони праці. Використання особистих захисних засобів відіграє важливу роль у запобіганні травм та поранень. Грамотна організація робочого простору також має велике значення для створення оптимальних умов для працівників та уникнення нещасних випадків. Регулярний аналіз ризиків та розробка стратегій їх управління дозволяють ідентифікувати, усувати потенційні загрози та запобігати їхнім негативним наслідкам. Застосування технологій, таких як штучний інтелект дають можливість вдосконалення функцій безпеки та використання віртуальної та доповненої реальності для створення імерсивних інтерфейсів, які розширюють реальний світ, також увійшли в складову комплексної стратегії протидії критичним ситуаціям на виробництві. Надійні плани евакуації та надання першої допомоги, а також використання систем моніторингу та сповіщення допомагають у вчасному реагуванні на надзвичайні ситуації та негайному інформуванні персоналу.

## ВИСНОВКИ З ДАНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

### І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ РОЗВІДОК У ДАНОМУ НАПРЯМІ

В результаті проведеного дослідження було визначено, що зручні та зрозумілі інтерфейси відіграють вирішальне значення в успішній інтеграції нових технологій у виробничі процеси. Завдяки модульним та уніфікованим рішенням в проєктуванні інтерфейсів, нове обладнання та програмне забезпечення можна інтегрувати у діючі системи з мінімальними складнощами. Загалом, впровадження передових технологій в повсякденне життя розширює можливості людства по взаємодії та управлінню технічними системами. Тому розвиток даної галузі є ключовим напрямком прогресу, що відкриває нові обрії для суспільства.

### Література

1. Автоматизація виробництва [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sites.google.com/view/hmcinformatic/інформаційні-технології/словар-зрмонту-колісни-транспортних-засобів/2-розряд/автоматизація-виробництва>
2. Прядко І. В. Автоматизація виробництва в Україні: стан та особливості / І. В. Прядко, М. В. Пікінер – 2020.
3. Етапи розвитку інформаційних технологій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tech4science.wordpress.com/2019/11/17етапи-розвитку-інформаційних-технол/>
4. Human-Machine Interface Design for Process Control Applications. – Жан-Ів Фізе – CRC Press – 2017. – 437 с.
5. Опорний конспект лекцій з дисципліни «Людино-машинна взаємодія». – 76 с.

### References

1. Automatizatsiya vyrobnytstva [Electronniy resurs] – Rejym dostupu: <https://sites.google.com/view/hmcinformatic/інформаційні-технології/словар-зрмонту-колісни-транспортних-засобів/2-розряд/автоматизація-виробництва>
2. Pryadko I. V. Automatizatsiya vyrobnytstva v Ukraini: stan ta osoblivosti / I. V. Pryadko, M. V. Pikiner – 2020.
3. Etapy rozvitku informacijnih tehnologiy [Electronniy resurs] – Rejym dostupu: <https://tech4science.wordpress.com/2019/11/17етапи-розвитку-інформаційних-технол/>
4. Human-Machine Interface Design for Process Control Applications. – Jean-Yves Fize – CRC Press – 2017. – 437 s.
5. Oporniy conspect lecsiy z discipliny «lyudino-masinna vzayemodiya». – 76 s.