

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-88-12>

УДК 331.101.26:005.336.1

ЦИФРОВІ ТАКТИЛЬНІ ІНТЕРФЕЙСИ ЯК ІНСТРУМЕНТ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ ГРУПОВОЮ ВЗАЄМОДІЄЮ

DIGITAL HAPTIC INTERFACES AS A TOOL FOR ENHANCING GROUP INTERACTION MANAGEMENT EFFICIENCY

Кліменко Олена Миколаївна

кандидат економічних наук, доцент,
Харківський національний економічний університет імені Семена Кузнеця
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2573-9333>

Колодзєєва Тетяна Вікторівна

LLC Movement
ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-3562-3752>

Klimenko Olena

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

Kolodzheieva Tetiana

LLC Movement

Дослідження присвячене організаційно-економічному обґрунтуванню можливостей використання інноваційних невербальних інтерфейсів для підвищення ефективності менеджменту персоналу. Проаналізовано світовий досвід інтеграції тактильних технологій у контур управління соціо-технічними системами промисловості, логістики та транспорту в межах парадигми Менеджменту 5.0. На прикладі вітчизняної корисної моделі способу невербальної синхронізації дій групи осіб доведено управлінські та інфраструктурні переваги автономної координації команд в умовах високого виробничого шуму. Сформовано матрицю організаційних, економічних та соціальних ефектів тактильної синхронізації. Обґрунтовано її економічну результативність завдяки зниженню внутрішніх транзакційних витрат, підвищенню рентабельності інвестицій, максимізації використання фонду робочого часу та скороченню втрат від виробничого браку. Визначено високу значущість таких підтримувальних рішень як інструменту масштабної професійної реабілітації ветеранів та цивільних осіб у післявоєнний період відновлення національної економіки.

Ключові слова: тактильні інтерфейси, групова взаємодія, менеджмент персоналу, невербальна синхронізація, трудовий потенціал, соціально-економічний ефект, інноваційний менеджмент, комерціалізація інновацій.

The modern stage of global economic transformation is driven by the deployment of the Industry 5.0 paradigm, which returns the human factor to the centre of production and management processes. Under these conditions, the efficiency of corporate management and labour potential utilization critically depends on the quality and speed of team coordination. Modern complex socio-technical systems in manufacturing, logistics, and transport require maximum reaction speed during group interaction. However, traditional visual and auditory communication channels face chronic information overload, necessitating the development of innovative non-verbal synchronization tools within the framework of Management 5.0. The methodological basis of the study relies on a systemic approach to analysing socio-technical systems, methods of innovation management, and labour economics. The paper synthesizes global experience in integrating haptic technologies into corporate management contour to reduce cognitive load and eliminate time lags during team coordination. The study provides an organizational and economic substantiation for utilizing innovative non-verbal communication systems to improve personnel management efficiency. Based on the domestic utility model Method of Non-Verbal Synchronization of Actions of a Group of Persons, the paper demonstrates the managerial and infrastructural advantages of autonomous team coordination under high production noise. A matrix of organizational, economic, and social effects of haptic synchronization has been developed. The research justifies that implementing such technology optimizes the use of working time funds

and increases group labour productivity. Furthermore, the paper highlights the critical social significance of these assistive solutions as tools for the large-scale professional rehabilitation of veterans and civilians during the post-war recovery period of the national economy. This approach opens up pathways to financial independence, dignity, and active integration of previously isolated populations into the labour market. The practical value of the results lies in developing applied recommendations for enterprise management regarding the commercialization of innovations, diversification of communication channels, and maximization of the socio-economic effects of group interaction.

Keywords: haptic interfaces, group interaction, personnel management, non-verbal synchronization, labour potential, socio-economic effect, innovation management, commercialization of innovations.

Постановка проблеми. Сучасний етап розвитку глобальної економічної системи характеризується глибинними трансформаційними процесами, викликаними розгортанням парадигми Індустрії 5.0. На відміну від попереднього етапу тотальної автоматизації Індустрії 4.0, нова концепція базується на суворому антропоцентричному підході, повертаючи людину в центр виробничих та управлінських процесів як головного суб'єкта створення доданої вартості [1]. Технологічні зрушення Індустрії 5.0 зумовлюють об'єктивну трансформацію класичних управлінських підходів та формування нової філософії управління – Менеджменту 5.0 [2] із забезпеченням високої гнучкості, ергономічності та мінімізації стресогенних факторів для персоналу. Сучасні складнопідрядні соціо-технічні системи, що функціонують у промисловості, логістиці, транспортній сфері чи управлінні ризиками, вимагають від персоналу максимальної швидкості реакції та синергії під час групової взаємодії. Проте традиційні візуальні та слухові канали комунікації наразі перебувають у стані хронічного інформаційного перевантаження. Екзогенні чинники, такі як високий рівень виробничого шуму, психологічний стрес або необхідність паралельного виконання hands-free операцій, суттєво знижують якість передачі управлінських команд. Це призводить до зростання часу, внутрішніх трансакційних витрат та збільшення ризику помилок через людський фактор. Зазначене обумовлює гостру об'єктивну потребу в дослідженні та впровадженні інноваційних невербальних інструментів синхронізації дій персоналу, серед яких особливе місце посідають цифрові тактильні інтерфейси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання розробки та технологічного забезпечення гнучких сенсорних систем та виконавчих механізмів для людино-машинних інтерфейсів детально висвітлено в фундаментальному огляді J. Park та співавторів [3]. Мережеву інфраструктуру, протоколи передачі даних у реальному часі та концеп-

цію тактильного інтернету в межах сучасних цифрових просторів досліджено в праці K. A. Tychola, K. Voulgaridis та T. Lagkas [4]. Методологічні аспекти використання носимих технологій для об'єктивного моніторингу, оцінки ефективності та фізіологічної синхронізації всередині команд у процесі менеджменту досліджено Е. А. Halgas та ін. [5]. Питання практичного моделювання групової тактильної колаборації та її математичного оцінювання у віртуальних середовищах експериментально підтверджено у роботі B. Tian зі співавторами [6]. Економіко-соціальний вимір асистивних та інклюзивних технологій, а також бар'єри на шляху їх інтеграції в соціо-технічні системи проаналізовано L. Nierling та M. Maia [7], тоді як сучасний стан розвитку тактильних пристроїв для осіб із порушеннями слуху узагальнено A. Flores Ramones та M. S. del-Rio-Guerra [8]. Новітні альтернативні методи безконтактної людино-машинної взаємодії на основі комп'ютерного зору досліджено S. Zelinskyi та Y. Boyko [9], а трансформацію сенсорних інтерфейсів у межах мультимедійного інформаційного простору висвітлено у праці Д. Гончара [10].

Незважаючи на значну кількість публікацій, більшість наявних досліджень мають вузькотехнічний, медичний або матеріалознавчий характер. Питання організаційно-економічного обґрунтування, оцінки ефективності менеджменту та комерціалізації конкретних вітчизняних розробок у сфері тактильної синхронізації групової праці залишаються практично нерозробленими.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Існує суттєвий теоретико-прикладний розрив між інженерною готовністю цифрових тактильних інтерфейсів та браком методичного інструментарію для оцінки їх впливу на економічні показники підприємств, такі, як продуктивність праці, економія фонду робочого часу, зниження витрат від браку тощо. Потребує додаткового дослідження економічний потенціал комерціалізації способів невербальної фазової синхронізації в умовах цифровізації менеджменту.

Формулювання цілей статті. Метою статті є організаційно-економічне обґрунтування можливостей використання інноваційних систем невербальної комунікації на прикладі способу невербальної синхронізації дій групи осіб як інструменту підвищення ефективності менеджменту персоналу, покращення координації групової взаємодії та сприяння професійній реабілітації громадян у післявоєнний період відновлення економіки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Практична реалізація концептуальних засад Менеджменту 5.0 на вітчизняних підприємствах потребує докорінної модернізації інформаційних каналів внутрішньої комунікації. В умовах цифрової трансформації традиційні системи управління персоналом натрапляють на бар'єр обмеженої пропускну здатності людського сприйняття. Дослідження доводять, що надмірне когнітивне навантаження операторів соціо-технічних систем у промисловості, логістиці та транспорті виступає головним чинником зростання часових лагів та виникнення збитків через людський фактор [3; 4].

У межах вирішення цієї науково-прикладної проблеми авторами обґрунтовано організаційно-економічну доцільність впровадження новітнього інструментарію невербальної координації команд. Центральним елементом практичного втілення цієї концепції виступає інноваційне організаційно-технічне рішення, спосіб невербальної синхронізації дій групи осіб [11], захищене матеріалами заявки на корисну модель України.

Економічна та управлінська сутність запропонованої технологічної інновації полягає у формуванні замкнутого контуру управління безпосередньо через сомато-сенсорну систему працівників. Замість трансляції команд через перевантажені зорові чи слухові канали, керуючі імпульси від ведучого пристрою передаються на множину ведених пристроїв у формі модульованих вібраційних сигналів високої роздільної здатності. Це дозволяє трансформувати інформаційний потік у миттєву синхронну дію персоналу.

Для системної оцінки комплексного ефекту від комерціалізації та інтеграції розробленого способу в реальний сектор економіки та соціальну сферу сформовано матрицю організаційних, соціальних та економічних переваг тактильної синхронізації команд (табл. 1).

Аналіз елементів сформованої матриці дозволяє стверджувати, що впровадження розробленого способу у промислове виробни-

цтво, зокрема у металургії, машинобудуванні, капітальному будівництві дозволяє кардинально змінити структуру внутрішніх транзакційних витрат. За умов високого рівня екзогенного шуму традиційні радіо- та аудіосистеми вимагають підвищеної концентрації уваги. Заміна їх на тактильні модульовані імпульси високої роздільної здатності мінімізує когнітивне навантаження оператора, що, спираючись на висновки світових досліджень [3; 4], забезпечує приріст індивідуальної та групової продуктивності праці.

У секторі медицини та інклюзивної економіки спосіб невербальної синхронізації дій групи осіб виступає високоефективною асистивною технологією, яка нівелює соціо-технічні бар'єри комунікації для осіб із порушеннями слуху чи зору. Згідно з концепцією L. Nierling та M. Maia [7], головним бар'єром для осіб із порушеннями слуху чи зору є обмеженість соціо-технічних каналів комунікації. Використання вібраційних сигналів високої роздільної здатності повністю знімає цей бар'єр [8].

З позицій економіки праці, використання вібраційних сигналів високої роздільної здатності створює умови для розширення національного ринку праці через залучення раніше ізольованих верств населення, зокрема осіб із обмеженими можливостями. Завдяки цьому вони отримують можливість розкрити свій трудовий потенціал, здобути економічну самостійність та зробити власний вагомий внесок у суспільний добробут. Особливого стратегічного значення це набуває в умовах воєнного стану та у післявоєнний період відновлення України, коли масштабна медична, соціальна та професійна реабілітація стає нагальною потребою для великої кількості постраждалих громадян, зокрема ветеранів та цивільних осіб із набутою інвалідністю.

Обґрунтуємо переваги вітчизняного способу невербальної синхронізації дій групи осіб. По-перше, це економічна доступність у порівнянні зі світовими винаходами. У фундаментальному огляді J. Park та співавторів [3] акцент зроблено на розробці ультрасучасних м'яких сенсорів та виконавчих механізмів, які базуються на складних мікроструктурах електродів і наноматеріалах. Безумовно, такі рішення забезпечують високу біосумісність, проте їх виробництво потребує значних капіталовкладень і має високу собівартість. Це суттєво обмежує їх масову комерціалізацію на вітчизняних підприємствах у короткостроковій перспективі. На противагу цьому, корисна

Таблиця 1

Матриця ефектів від впровадження способу невербальної синхронізації дій групи осіб у промисловості та медицині

Сфера застосування	Організаційні переваги	Економічні ефекти (Есопому)	Соціальні та інклюзивні ефекти
Промисловість, логістика та транспорт (умови високого шуму, екстремальні середовища)	1. Оптимізація операційного тайм-менеджменту	1. Зниження рівня виробничого браку на основі усунення помилок інтерпретації	1. Зниження психоемоційного та когнітивного навантаження на працівників.
	2. Скорочення часу при передачі команд	2. Максимізація коефіцієнта використання фонду робочого часу	2. Підвищення рівня безпеки праці та ергономіки робочих місць.
	3. Автоматизація групової координації без відволікання від hands-free операцій	3. Мінімізація фінансових втрат від аварій та збоїв	
Медицина, реабілітація, інклюзивна економіка (деривація слуху/зору)	1. Трансформація методик професійного навчання	1. Комерціалізація вітчизняного патентного капіталу на ринку медтехніки.	1. Повна соціально-економічна інтеграція осіб із обмеженими можливостями.
	2. Спрощення диспетчеризації в асистивних центрах	2. Скорочення бюджетних витрат на довгострокову реабілітацію пацієнтів	2. Розширення зайнятості та залучення до активних економічних процесів осіб із обмеженими можливостями

Джерело: сформовано авторами на основі [11]

модель Т. В. Колоджеєвої [11] фокусується на архітектурі передачі інформації у формі модульованих імпульсів. Це дозволяє реалізувати спосіб на базі вже наявної, менш кошовної елементної бази без втрати просторової роздільної здатності вібрації. З позицій інноваційного менеджменту, це забезпечує значно вищу рентабельність інвестицій та суттєво скорочує термін окупності проєкту при впровадженні у промисловість.

По-друге, це мережева автономність та невисокі трансакційні витрати інфраструктури. Так, концепція тактильного інтернету, описана К. А. Tychola та ін. [4], критично залежить від масштабних та дороговартісних мережевих схем 5G, які здатні забезпечити ультранизку затримку сигналу. Для багатьох українських підприємств створення такої локальної інфраструктури є економічно обтяжливим. Запропонований же спосіб групової фазової синхронізації передбачає пряму бездротову взаємодію за схемою «ведучий пристрій – множина ведених пристроїв». Така архітектура мінімізує залежність від глобальних стільникових мереж загаль-

ного користування. Як наслідок, підприємство мінімізує трансакційні витрати на високошвидкісні канали зв'язку.

Висновки. У статті здійснено теоретико-методологічне узагальнення та запропоновано прикладні засади щодо модернізації систем менеджменту персоналу та координації групової взаємодії на принципах антропоцентричної парадигми Менеджменту 5.0. Доведено організаційно-економічну доцільність інтеграції цифрових тактильних інтерфейсів у контур управління складними соціотехнічними системами. За аналізом світового досвіду визначено, що перенесення частини управлінських команд на невербальний тактильний канал дозволяє подолати інформаційне перевантаження зору та слуху працівників. Це забезпечує мінімізацію когнітивного навантаження, ліквідацію часу передачі розпоряджень та оптимізацію використання фонду робочого часу персоналу. Обґрунтовано управлінські та інфраструктурні переваги вітчизняної технологічної інновації – способу невербальної синхронізації дій групи осіб, зокрема високу рентабельність інвес-

тицій, короткі терміни окупності та зниження внутрішніх трансакційних витрат. Визначено комплексний соціально-економічний ефект від комерціалізації розробленого способу. У промисловості, логістиці та транспорті економічний ефект досягається за рахунок підвищення продуктивності групової праці та зменшення збитків від виробничого браку в умовах високого шуму. У секторах медицини та інклюзивної економіки технологія набуває

критичного значення як засіб масштабної професійної реабілітації ветеранів та цивільних осіб. Перспективи подальших досліджень полягають у розробці прикладного методичного інструментарію для розрахунку економічного ефекту від впровадження тактильних систем на підприємствах різних секторів національної економіки, а також у моделюванні довгострокового впливу вібраційних імпульсів на ергономіку робочих місць.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Breque M., De Nul L., Petridis A. Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry. *Policy Brief. European Commission*. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2021. 48 p. DOI: 10.2777/308407.
2. Копитов С., Поплавська О. Розвиток підсистем управління в менеджменті 5.0. *Економіка та суспільство*. 2025. Вип. 72. DOI: 10.32782/2524-0072/2025-72-132.
3. Soft Sensors and Actuators for Wearable Human–Machine Interfaces / J. Park, Y. Lee, S. Cho, A. Choe, J. Yeom, Y. G. Ro, J. Kim, D. H. Kang, S. Lee, H. Ko. *Chemical Reviews*. 2024. Vol. 124, № 4. P. 1464–1534. DOI: 10.1021/acs.chemrev.3c00356.
4. Tychola K.A., Voulgaridis K., Lagkas T. Tactile IoT and 5G & beyond schemes as key enabling technologies for the future metaverse. *Telecommunication Systems*. 2023. Vol. 84, № 3. P. 363–385. DOI: 10.1007/s11235-023-01052-y.
5. A Review of Using Wearable Technology to Assess Team Functioning and Performance / E. A. Halgas, K. H. J. van Eijndhoven, J. M. P. Gevers, T. J. Wiltshire, J. H. D. M. Westerink, S. Rispens. *Small Group Research*. 2023. Vol. 54, № 1. P. 41–76. DOI: 10.1177/10464964221125717
6. Group Haptic Collaboration: Evaluation of Teamwork Behavior during VR Four-Person Rowing Task / B. Tian, Y. Zheng, Z. Zhuang, H. Luo, Y. Zhang, D. Wang. *IEEE Transactions on Haptics*. 2024. Vol. 17, № 3. P. 384–395. DOI: 10.1109/TOH.2023.3346683.
7. Nierling L., Maia M. Assistive Technologies: Social Barriers and Socio-Technical Pathways. *Societies*. 2020. Vol. 10, iss. 2. Art. 41. DOI: 10.3390/soc10020041.
8. Flores Ramones A., del-Rio-Guerra M. S. Recent Developments in Haptic Devices Designed for Hearing-Impaired People: A Literature Review. *Sensors*. 2023. Vol. 23, № 6. Art. 2968. DOI: 10.3390/s23062968.
9. Zelinsky S., Boyko Y. Using facial expressions for custom actions: development and evaluation of a hands-free interaction method. *Computer Systems and Information Technologies*. 2024. № 4. P. 116–125. DOI: 10.31891/csit-2024-4-14.
10. Гончар Д. Сенсорний інтерфейс як співавтор наративу мультимедійних текстів. Синопис: текст, контекст, медіа. 2026. Т. 32, № 1. С. 100–106. DOI: 10.28925/2311-259x.2026.1.13.
11. Колоджеева Т. В. Спосіб невербальної синхронізації дій групи осіб : матеріали заявки на корисну модель України. МПК G08B 6/00, H04W 4/08, H04W 56/00. № u202602766; заявл. 11.05.2026. Неопубл.

REFERENCES:

1. Breque, M., De Nul, L., & Petridis, A. (2021). *Industry 5.0: towards a sustainable, human-centric and resilient European industry* (Policy Brief). European Commission. Publications Office of the European Union. 10.2777/308407
2. Kopytov, S., & Poplavska, O. (2025). Rozvytok pidsystem upravlinnia v menedzhmenti 5.0 [Development of management subsystems in management 5.0]. *Economy and Society*, (72). 10.32782/2524-0072/2025-72-132.
3. Park, J., Lee, Y., Cho, S., Choe, A., Yeom, J., Ro, Y. G., Kim, J., Kang, D. H., Lee, S., & Ko, H. (2024). Soft sensors and actuators for wearable human–machine interfaces. *Chemical Reviews*, 124 (4), 1464–1534. <https://doi.org/10.1021/acs.chemrev.3c00356>.
4. Tychola, K. A., Voulgaridis, K., & Lagkas, T. (2023). Tactile IoT and 5G & beyond schemes as key enabling technologies for the future metaverse. *Telecommunication Systems*, 84, 363–385. <https://doi.org/10.1007/s11235-023-01052-y>
5. Halgas, E. A., van Eijndhoven, K. H. J., Gevers, J. M. P., Wiltshire, T. J., Westerink, J. H. D. M., & Rispens, S. (2023). A review of using wearable technology to assess team functioning and performance. *Small Group Research*, 54 (1), 41–76. <https://doi.org/10.1177/10464964221125717>

6. Tian, B., Zheng, Y., Zhuang, Z., Luo, H., Zhang, Y., & Wang, D. (2024). Group haptic collaboration: Evaluation of teamwork behavior during VR four-person rowing task. *IEEE Transactions on Haptics*, 17 (3), 384–395. <https://doi.org/10.1109/TOH.2023.3346683>
7. Nierling, L., & Maia, M. (2020). Assistive Technologies: Social Barriers and Socio-Technical Pathways. *Societies*, 10 (2), Article 41. <https://doi.org/10.3390/soc10020041>
8. Flores Ramones, A., & del-Rio-Guerra, M. S. (2023). Recent developments in haptic devices designed for hearing-impaired people: A literature review. *Sensors*, 23 (6), Article 2968. <https://doi.org/10.3390/s23062968>
9. Zelinskyi, S., & Boyko, Y. (2024). Using facial expressions for custom actions: Development and evaluation of a hands-free interaction method. *Computer Systems and Information Technologies*, (4), 116–125. <https://doi.org/10.31891/csit-2024-4-14> .
10. Honchar, D. (2026). Sensornyi interfeis yak spivavtor naratyvu multymediinykh tekstiv [Sensory interface as a co-author of the narrative of multimedia texts]. *Synopsys: Tekst, Kontekst, Media*, 32 (1), 100–106. <https://doi.org/10.28925/2311-259x.2026.1.13> .
11. Kolodzieieva, T. V. (2026). *Sposib neverbalnoi synkhronizatsii dii hrupy osib* [Method of non-verbal synchronization of actions of a group of persons] (Unpublished patent application No. u202602766). Ukrainian National Office for Intellectual Property and Innovations (UACP).

Дата надходження статті: 26.06.2026

Дата прийняття статті до публікації: 31.07.2026

Дата публікації статті: 05.08.2026