

*В.М. Дозорцев (ООО «Центр цифровых технологий»)*

### **Цифровые двойники в промышленности: жизнь после Хайпа**

*Споры вокруг названия, определения, структуры и функциональности цифровых двойников (ЦД) начались с момента возникновения этого прорывного направления цифровизации. Несмотря на появление специализированных инструментов, платформ разработки и ширящиеся практические применения, эти дискуссии в исследовательской среде не утихают, что серьезно усложняет реализацию ЦД-проектов. Подключение отраслевых экспертов и пользователей могло бы помочь взглянуть на проблему с практической стороны, но учесть их видение в сопоставлении с огромным массивом публикаций по теме возможно только при совместном анализе систематических литературных обзоров и специализированных опросов производителей. В работе излагаются и комментируются примеры применения такого подхода, приближающие консенсус в сообществе исследователей, разработчиков и пользователей ЦД, совершенно необходимый для успешного развития этого уже зрелого научно-технического направления.*

*Ключевые слова: цифровой двойник, цифровая модель, цифровая тень, архетипы цифровых двойников, доверие к цифровым двойникам, цикл технологического хайпа.*

*Дозорцев Виктор Михайлович – д-р техн. наук, директор по развитию бизнеса  
ООО «Центр цифровых технологий».*

#### **Список литературы**

1. Grieves M. Business is war: An investigation into metaphor use in Internet and non-Internet IPOs // Executive Doctor of Management (EDM) diss., Weatherhead School of Management, Case Western Reserve University. 2000.
2. Piascik R., Vickers J., Lowry D., et al. Technology Area 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing Road Map. NASA Office of Chief Technologist. 2010.
3. Grieves M. Digital Twin: Developing a 21st Century Product Model // In book: Voices of Practitioner Scholars in Management: The History and Impact of the Doctor of Management Programs at Case Western Reserve University. Publisher: Orange Frazer Press, 2020. Pp. 7-17.
4. Grieves M., Vickers J.: Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In Trans-Disciplinary Perspectives on System Complexity, edited by Franz-Josef Kahlen, Shannon Flumerfelt and Anabela Alves, Switzerland: Springer. 2017. Pp. 85–114.
5. Grieves M. Intelligent digital twins and the development and management of complex systems // Digital Twin. 2022. Vol. 2(8).
6. Экспертно-аналитический доклад «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности» – М.: Ассоциация «Технет», 2019. <https://technet-nti.ru>
7. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч.1. Возникновение и становление цифровых двойников. Как существующие определения отражают содержание и функции цифровых двойников? // Автоматизация в промышленности. 2020. № 9. С. 3-11.
8. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Научный редактор профессор Боровков А. Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020.
9. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч.2. Ключевые технологии цифровых двойников. Типы моделирования физического объекта // Автоматизация в промышленности. 2020. № 11. С. 3-10.
10. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленности: генезис, состав, терминология, технологии, платформы, перспективы. Ч. 3. Прикладные платформы, практические примеры, прогнозы развития, вызовы // Автоматизация в промышленности. 2021. № 1. С. 3-12.
11. IoT Platform Creates a Digital Twin of F-35 Manufacturing Facilities – SME, 2017. <https://www.sme.org>

12. Shengli W. Is Human Digital Twin possible? // Computer Methods and Programs in Biomedicine Update. 2021. Vol. 1.
13. Duerst M., A Digital Twin of a Customer Predicts the Best Consumer Experience. – Gartner, 2022. <https://www.gartner.com>
14. de Souza, M. et al. Creation and implementation of an IoT-based thermometer prototype for a food organization: case study // Procedia Computer Science. 2022. Vol. 199. Pp. 710-717.
15. Lerner A. et al. Hype Cycle for Enterprise Networking – Gartner, 2023. <https://www.gartner.com>
16. Дозорцев В.М. Цифровые двойники в промышленной автоматизации – на пике моды или наступившее будущее? // Автоматизация в промышленности". 2022. №7. С. 3-14.
17. Perno M., Hvam L., and Haug A. Implementation of digital twins in the process industry: A systematic literature review of enablers and barriers // Computers in Industry. 2021. Vol. 134. Pp. 103558.
18. Neto A. A., Deschamps F., da Silva E. R., and Lima E. P. de. Digital twins in manufacturing: an assessment of drivers, enablers and barriers to implementation // Procedia CIRP. 2020. Vol. 93. Pp. 210-215.
19. Trauer J. et al. Challenges in implementing digital twins - A survey // Proceedings of the ASME. International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, IDETC/CIE2022, 2022. St. Louis, Mis., USA.
20. Trauer J. et al. A Digital Twin Trust Framework for Industrial Application // Proceedings of the Design Society. 2. 2022. Pp. 293-302.
21. Pronost G. et al. Towards a Framework for the Classification of Digital Twins and their Applications // IEEE International Conference on Engineering, Technology and Innovation (ICE/ITMC), Cardiff, United Kingdom, 2021. Pp. 1-7.
22. Madni A. et al. Leveraging Digital Twin Technology in Model-Based Systems Engineering // Systems. 2019. Vol. 7(1). P. 7.
23. Kritzinger W.M. et al. Digital Twin in manufacturing: A categorical literature review and classification // IFAC-PapersOnLine. 2018. Vol. 51. No. 11. Pp. 1016–1022.
24. Tekinerdogan B. and Verdouw C. Systems Architecture Design Pattern Catalog for Developing Digital Twins // Sensors. 2020. Vol. 20. No. 18. Pp. 5103.
25. Дозорцев и др. Компьютерный тренинг операторов: непреходящая актуальность, новые возможности, человеческий фактор // Автоматизация в промышленности. 2015. № 7. С. 8-20.
26. Дозорцев В.М. Обучение операторов технологических процессов на базе компьютерных тренажеров // Приборы и системы управления. 1999. №8. 61-70.
27. Li W. et al. Digital twin for battery systems: Cloud battery management system with online state-of-charge and state-of-health estimation // Journal of Energy Storage. 2020. Vol. 30(7). P. 101557.
28. Milton M. et al. Controller-Embeddable Probabilistic Real-Time Digital Twins for Power Electronic Converter Diagnostics / IEEE Trans. Power Electron. 2020. Vol. 35. No. 9. Pp. 9852–9866.
29. Wagner R. et al. Challenges and potentials of digital twins and Industry4.0 in product design and production for high performance products // Procedia CIRP. 2019. Vol. 84. Pp. 88–93.
30. van der Valk H. et al. Archetypes of Digital Twins // Business & Information Systems Engineering. 2022. Vol. 64(3). Pp. 375–391.
31. Дозорцев В.М., Венгер А.Л. Взаимодействие человека-оператора с искусственным интеллектом: проблема доверия / Институт психологии РАН. Организационная психология и психология труда. 2022. Т.7. № 2. Pp. 204-232.
32. Lee J.D. and See K.A. Trust in automation: designing for appropriate reliance // Human Factors. 2004. Vol. 46. No. 1. Pp. 50–80.
33. Liu L. and Loper M. Trust as a Service: Building and Managing Trust in the Internet of Things / IEEE International Symposium on Technologies for Homeland Security (HST), Woburn, MA, USA, 2018, Pp. 1-6.

### **Dozortsev V.M. Digital twins in industry: life after hype**

*Discussions around the name, definition, structure, and functionality of digital twins (DT) started from the very moment when this breakthrough digitation area appeared. Notwithstanding the advent of specialized tools, development platforms, and growing applications, these discussions in academia do not subside, that seriously hampers the implementation of DT projects. The involvement of industry experts and users might have help in viewing the problem in the practical perspective, but, against the vast amount of publications on this topic, the opinion of these experts could be allowed for only by means of collaborative analysis of systematic literary reviews and specialized industry surveys. The paper expounds and comments on application examples of such approach, which speed up the*

*consensus in the community of DT researchers, developers, and users that is critical for successful development of this already mature area of science and technology.*

*Keywords: digital twin, digital model, digital shadow, archetypes of digital twins, confidence in digital twins, technology hype cycle.*