



Центр компетенций по индустриальному и общесистемному программному обеспечению Российского фонда развития информационных технологий

Глобальные технологические приоритеты развития индустриального (промышленного) ПО в разрезе индустрий ИЦК и их влияние на приоритеты реализации дорожной карты «Новое индустриальное программное обеспечение»

Содержание

Введение	4
1. Автомобилестроение.....	5
2. Железнодорожное машиностроение	9
3. Судостроение	12
4. Двигателестроение	15
5. Авиастроение.....	17
6. Ракетно-космическая промышленность.....	20
7. Общее машиностроение	23
7.1. Атомное машиностроение.....	23
7.2. Отрасли производства вооружения, боеприпасов, ракетных комплексов и смежных систем сухопутного назначения	26
8. Станкостроение	28
9. Специализированное машиностроение	31
10. Отрасль производства беспилотных авиационных систем.....	34
11. Метрология, измерительная техника и контроль качества	37
12. Черная и цветная металлургия.....	40
13. Химия и фармацевтика	43
13.1. Химия.....	43
13.2. Фармацевтика	45
14. Отрасль производства электроники и микроэлектроники	48
15. Легкая промышленность	51
16. Сфера торговли	54
17. Сельское хозяйство: растениеводство, животноводство, рыбохозяйственный комплекс и пищевая промышленность	57
17.1. Растениеводство, животноводства, рыбохозяйственный комплекс	57
17.2. Пищевая промышленность.....	60
18. Электроэнергетика	63
19. Нефтегазовая отрасль и нефтехимия.....	66
20. Отрасль морского и речного транспорта	69
21. Аэропорты.....	73
22. Авиационный транспорт	76
23. Железнодорожный транспорт и логистика.....	79

23.1. Железнодорожный транспорт.....	79
23.2. Логистика.....	82
24. Система высшего образования.....	85
25. Система здравоохранения.....	88
26. Строительство.....	91
27. Жилищно-коммунальное хозяйство	94
28. Недропользование и геологоразведка	97
29. Экология	100
30. Финансы	103
31. Мобильная связь	107
32. Фиксированная связь	110
33. Спутниковая связь	113
34. Телерадиовещание.....	118
35. Издательская деятельность и полиграфия	122

Введение

В этом документе кратко сформулированы глобальные технологические приоритеты развития индустриального (промышленного) программного обеспечения в разрезе 39 отраслей, соответствующих направлениям деятельности компаний-членов ИЦК (в некоторых из 25 ИЦК представлены предприятия нескольких отраслей).

Эти глобальные приоритеты важно учитывать, в том числе, при отборе особо значимых проектов в области индустриального (промышленного) ПО в дополнение к приоритетам, сформулированным на основе ИТ-ландшафтов ИЦК, т.к. они могут задавать стратегическую перспективу.

Как видно из разделов, посвященных, например, машиностроительным отраслям, в них повторяется достаточно много общих стратегических направлений, что естественно.

Для удобства ссылки на источники информации приведены отдельно в каждом соответствующем отраслевом разделе.

Анализ показывает, что индустриальное (промышленное) программное обеспечение во всех рассматриваемых 39 индустриях переживает переход от разрозненных автоматизированных систем к единому цифровому контуру управления жизненным циклом продукции, производственными процессами, оборудованием и эксплуатацией. В основе этого перехода лежит концепция «цифровой нити», обеспечивающей сквозную прослеживаемость требований, моделей, данных производства, эксплуатации и сервисных событий от идеи изделия до его вывода из эксплуатации, а также «цифровых двойников» изделий, производственных линий, объектов инфраструктуры и природно-технических систем.

Практически во всех отраслях фиксируется ускоренное сближение классов индустриального ПО: систем автоматизированного проектирования и инженерии (CAD/CAE/EDA, MBSE), систем управления жизненным циклом продукции (PLM/PDM), производства (MES/MOM, APS), эксплуатации и обслуживания оборудования (EAM, APM, CMMS, MRO), систем диспетчеризации и управления производственными и логистическими процессами, а также специализированных отраслевых платформ. Общий тренд состоит в том, что ключевой ценностью становится не отдельное приложение, а согласованные данные, модели и процессы, доступные всем участникам цепочек создания стоимости.

В большинстве отраслей промышленные ИТ-ландшафты развиваются в направлении платформенной архитектуры: внедряются единые корпоративные реестры объектов и конфигураций, создаются доменные модели данных, унифицируются механизмы управления справочниками, нормативно-справочной информацией и мастер-данными. Параллельно усиливается роль открытых интерфейсов и стандартов интероперабельности (в том числе OPC UA и производные профили для оборудования, отраслевые форматы обмена инженерными и эксплуатационными данными), что

позволяет строить более гибкие и масштабируемые решения, связывающие ИТ- и-контуры производственных операционных технологий (ОТ).

Во всех отраслях прослеживается тренд на внедрение искусственного интеллекта и аналитики данных как надстройки над уже существующими системами управления. Практически везде формируется запрос на переход от ретроспективной отчетности к предиктивным и оптимизационным сценариям: прогнозирование спроса и загрузки мощностей, оптимизация планов производства и ремонта, предиктивное обслуживание оборудования, интеллектуальное управление качеством и энергоэффективностью, поддержка операционных и конструкторских решений на основе анализа больших массивов отраслевых данных.

Отдельным блоком во всех индустриях выделяются задачи обеспечения доверия к данным и решениям индустриального ПО: управление версиями и конфигурациями, формирование «цифрового досье» изделий и операций, верификация и валидация моделей, информационная безопасность и киберустойчивость, соблюдение отраслевого и иного регулирования. На этом фоне усиливается роль управляемых процессов разработки и эксплуатации самого индустриального ПО: методологии DevSecOps (разработка-безопасность-эксплуатация), которая интегрирует безопасность на всех этапах жизненного цикла разработки программного обеспечения, управление жизненным циклом программных платформ, сертификация решений под отраслевые стандарты.

Наконец, практически все отрасли сталкиваются с необходимостью преодоления разрывов между уровнем предприятия и экосистемой — поставщиками, подрядчиками, регуляторами и потребителями. Индустриальное ПО развивается в сторону поддержки кооперационных моделей: совместной работы над проектами, обмена доверенными данными, интеграции с отраслевыми и государственными платформами, формирования цифровых рынков услуг и сервисов на базе производственных и инфраструктурных активов. Тем самым индустриальное ПО становится не только инструментом автоматизации, но и ключевым фактором конкурентоспособности, устойчивости и технологического суверенитета отраслей.

1. Автомобилестроение

Автомобилестроение быстро переходит от механико-электронного инжиниринга к управлению программно-определяемыми продуктами, производственными системами и сервисной эксплуатацией. По оценке McKinsey, рынок программного обеспечения и электроники для автомобилестроения может достичь 519 млрд долл. к 2035 году, а Deloitte ожидает, что программное-определяемые транспортные средства, основанные на интенсивном использовании ПО (software-defined vehicles) займут не менее 90% рынка новых автомобилей к 2029 году.¹

Наиболее важные тренды:

- **SDV (Software-Defined Vehicle – программное-определяемый автомобиль), ALM (Application Lifecycle Management – жизненный цикл прикладного ПО) и PLM как единый контур продукта:** автомобиль становится обновляемой программно-аппаратной платформой, поэтому PLM должен быть связан с ALM, требованиями, кодом, тестами, вариантами комплектаций и релизами ПО. Главная задача: обеспечить трассируемость изменений, требований и сертификационных артефактов между механикой, электроникой и программным обеспечением.²
- **Централизованные и зональные Е/Е-архитектуры (от англ. electrical/electronic architecture):** вместо множества распределенных ECU (Electronic Control Unit — это электронный блок управления) отрасль переходит к автомобильным компьютерам, зональным ECU, высокоскоростным сетям и ОТА-обновлениям (это технология беспроводной доставки и установки нового программного обеспечения на электронные устройства, расшифровывается как Over-The-Air (с английского — «по воздуху»). Задачи ПО: системная инженерия, моделирование архитектуры, управление зависимостями между электроникой, встроенным ПО и облаком, а также валидация до запуска платформы в серию.³. *Комментарий: В зональной архитектуре автомобиль делится на физические зоны (например, передняя, задняя, левая и правая стороны), а не по функциональным доменам. Каждая зона управляется зональным контроллером, который обрабатывает данные с локальных датчиков и управляет исполнительными механизмами. Центральный компьютер координирует работу зон через высокоскоростные сети передачи данных, например, Automotive Ethernet.*
- **Цифровая нить жизненного цикла:** ключевым становится не отдельное внедрение CAD/CAE/CAM, PLM, ERP, MES или QMS, а связность данных между изделием, техпроцессом, качеством, линией и сервисной историей. Практическая задача: создать управляемую интеграцию PLM, ERP, MES, IoT и аналитики без ручных перегрузок и потери контекста.⁴
- **Цифровые двойники продукта, производства и оборудования:** двойники охватывают НИОКР, инжиниринг, производство, логистику, сервис, эксплуатацию и утилизацию. Актуальные задачи: виртуальная валидация изделия и линии, виртуальный ввод в эксплуатацию, моделирование потоков, обучение ИИ на синтетических данных, предиктивное обслуживание и обратная связь в проектирование.⁵
- **MES/MOM-системы управления производством нового поколения как цифровой нервный центр завода:** MES смещается от регистрации операций к оркестрации производства, качества, трассируемости, расписаний, материалов и оборудования. Перспективные задачи: модульная архитектура, гибридное развертывание, интеграция с ПоТ, цифровыми двойниками и ИИ, замкнутый контур качества и масштабирование от пилотной линии к сети заводов.⁶
- **Промышленный ИИ, виртуальные ассистенты на базе ИИ (copilots) и агентный ИИ:** ИИ переходит от отдельных моделей обслуживания и

машинного зрения к помощникам и агентам для инженерии, производства и логистики. Задачи ПО: доверенные данные, управление знаниями, объяснимость рекомендаций, интерфейсы для инженеров и операторов, встраивание ИИ в PLM, MES, APS, QMS и EAM.⁷

- **Программно-определяемая автоматизация и гибкие ячейки:** линии должны быстрее адаптироваться к электромобилям, батарейным платформам, вариантам комплектаций и нестабильному спросу. Задачи: унификация PLC, SCADA, HMI и MES-слоя, виртуальное тестирование логики управления, low-code-инструменты для производственных команд и безопасное подключение унаследованного (brownfield) оборудования.⁸
- **Кибербезопасность, OTA и регулирование:** SDV увеличивает поверхность атаки через телематику, OTA, облачные API, мобильные приложения, цепочку поставок ПО и внутренние автомобильные сети. Задачи ПО: встроить анализ угроз и оценку рисков (TARA - Threat Analysis and Risk Assessment), обеспечить безопасность по проекту (secure-by-design), спецификации состава ПО (SBOM - Software Bill of Materials), управление уязвимостями, безопасные обновления, мониторинг инцидентов и доказательную документацию в ALM, PLM и DevSecOps (Development, Security and Operations - интеграция практик ИБ в конвейер разработки и эксплуатации ПО).⁹
- **Интероперабельность и семантические данные:** цифровая нить требует машиночитаемого обмена между CAD/CAM, PLM, MES, метрологией, станками и аналитикой. Задача состоит в реализации практики стандартов обмена данными, таких как модельное определение изделия (MBD - Model-Based Definition), производственная информация об изделии (PMI -Product Manufacturing Information), STEP AP242, QIF, STEP-NC, MTConnect, umati/OPC UA (универсальный интерфейс станочной техники - спецификация OPC UA для станкостроения), единые идентификаторы и семантические модели, связывающие контроль и фактическое производство с проектным намерением.¹⁰

В этом контексте Siemens развивает Xcelerator и Teamcenter как платформенную основу для цифрового предприятия в автомобилестроении, связывая PLM, цифровой двойник и умное производство для ускорения вывода электромобилей и программно-определяемых автомобилей на рынок. Dassault Systèmes усиливает позиции 3DEXPERIENCE в автомобильном контуре как среды для управления инженерными данными и цифровыми двойниками, а PTC продвигает модель сквозной цифровой инженерии.

BMW Group стандартизировала управление требованиями на платформе Codebeamer. Это платформа от компании Intland Software, которая в апреле 2022 года была приобретена компанией PTC, для управления жизненным циклом приложений (Application Lifecycle Management - ALM) и широко используется в автомобилестроении. Она помогает оптимизировать процессы разработки, обеспечить соответствие отраслевым стандартам и повысить

эффективность работы команд как основу интегрированной разработки мехатронных и программных систем.

На уровне инженерных расчетов и виртуальных испытаний ключевыми игроками остаются Siemens, Ansys, Altair, AVL и MathWorks, а в производственном контуре усиливается интеграция PLM/MES/автоматизации для гибких и устойчивых автомобильных производств.

Приоритетные задачи для разработки и внедрения ПО

Для проектирования приоритетом становится переход от разрозненных CAD/CAE/PDM-инструментов к платформам MBSE, PLM и ALM, где требования, функциональные модели, механика, электроника, встроенное ПО, тесты и варианты изделия образуют единую конфигурацию.

Для производства наиболее актуальны MES/MOM-системы следующего поколения, APS, QMS, EAM и IoT-платформы, связывающие план, линию, оборудование, качество и материалы в реальном времени.

Для эксплуатации возрастает роль платформ подключенного автомобиля (connected vehicle platforms - облачная платформа для управления данными, сервисами и обновлениями автомобилей в эксплуатации), системы управления обновлениями ПО OTA/SUMS, сервисной аналитики, предиктивного обслуживания и кибермониторинга, поскольку ценность продукта все больше создается после продажи через обновления, данные и цифровые сервисы.¹¹

Сквозная задача отрасли: сформировать доверенный цифровой контур «продукт, производство, оборудование, эксплуатация», где данные используются для сокращения сроков разработки, снижения брака, ускорения запуска производств, повышения киберустойчивости и управления сложностью программно-определяемого автомобиля SDV. Это требует не только новых классов ПО, но и интеграционной архитектуры, единых справочников, промышленной модели данных, стандартов интероперабельности, зрелой ИБ и новых компетенций инженерных, ИТ/ОТ и производственных команд.¹²

Источники информации

1. McKinsey, Mapping the automotive software and electronics landscape, <https://www.mckinsey.com/features/mckinsey-center-for-future-mobility/our-insights/mapping-the-automotive-software-and-electronics-landscape>; Deloitte, Automotive software trends, <https://www.deloitte.com/us/en/industries/consumer/about/automotive-software-trends.html>.
2. PTC, ALM-PLM integration, <https://www.ptc.com/en/blogs/alm/alm-plm-integration>.
3. Bosch Mobility, E/E architecture, <https://www.bosch-mobility.com/en/mobility-topics/ee-architecture/>
4. Siemens, Industrial metaverse, data, AI, digital twin, <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/industrial-metaverse-data-ai-digital-twin/>.

5. IIoT World, Automotive digital twin update, <https://www.iiot-world.com/smart-manufacturing/discrete-manufacturing/automotive-digital-twin-update/>.
6. Capgemini, Next-Gen MES assessment and consulting journey, <https://www.capgemini.com/in-en/insights/expert-perspectives/revolutionizing-automotive-manufacturing-assessment-and-consulting-journey-for-next-gen-mes/>.
7. Siemens, From data to value: smart manufacturing, <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/from-data-to-value-how-smart-manufacturing-is-transforming-production/>.
8. Siemens, From data to value: smart manufacturing, <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/from-data-to-value-how-smart-manufacturing-is-transforming-production/>.
9. Applied Intuition, ISO/SAE 21434 and automotive cybersecurity, <https://www.appliedintuition.com/blog/iso-sae-21434-shaping-automotive-cybersecurity>.
10. Metrology News, Weaving the digital thread: interoperability standards, <https://metrology.news/weaving-the-digital-thread-the-interoperability-standards-powering-smart-manufacturing/>.
11. Deloitte, Automotive software trends, <https://www.deloitte.com/us/en/industries/consumer/about/automotive-software-trends.html>.
12. Deloitte, 2025 Smart Manufacturing Survey, <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/manufacturing/2025-smart-manufacturing-survey.html>.

2. Железнодорожное машиностроение

В мировом железнодорожном машиностроении ключевым трендом становится переход от набора разрозненных инженерных и производственных систем к сквозной цифровой нити, связывающей требования, системные модели, конструкторские данные, технологическую подготовку, выпуск подвижного состава, обслуживание и модернизацию. Для отрасли это особенно важно из-за высокой вариантности платформ, длительного жизненного цикла изделий, жестких требований к безопасности и необходимости сопровождать изделие десятилетиями после поставки.^{1,2,7}

В контуре проектирования быстро растет роль MBSE, PLM и виртуальных двойников изделия. Крупные мировые производители железнодорожной техники переходят к единому цифровому базису, где системная модель, трехмерная модель, структура изделия и подтверждающие данные используются как единая конфигурация для разработки, сертификации и подготовки производства. Отсюда следуют задачи по интеграции MBSE с PLM, управлению требованиями, варианностью и прослеживаемостью изменений на всем жизненном цикле состава и его подсистем.^{2,7}

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны функции управления конфигурацией сложных изделий, кооперацией поставщиков, повторным использованием проверенных инженерных решений и возвратом эксплуатационных данных в инженерный контур. Перспективная задача

состоит в том, чтобы связать фактическую историю конкретного поезда, вагона, тележки или тягового оборудования с его эталонной конфигурацией и с цифровым двойником, чтобы ускорять модернизацию, расследование отказов и оценку влияния изменений.^{2,4}

В производственном контуре усиливается спрос на MES/MOM и связанные платформы, которые обеспечивают не только диспетчеризацию операций, но и прослеживаемость изготовления, качество, связь с оборудованием и замыкание контура между инженерными данными и цехом. Для железнодорожного машиностроения это означает задачи по цифровому сопровождению сварки, окраски, сборки, испытаний, управлению маршрутами изготовления крупных изделий, а также формированию полного цифрового досье изделия для качества, приемки и сервиса.^{3,8}

Сквозным технологическим трендом является переход к цифровым двойникам подвижного состава, депо и инфраструктуры, а также к прогнозному обслуживанию на основе данных. Отраслевые программы Европы и прикладные проекты показывают, что цифровой двойник все чаще используется не только для моделирования, но и для мониторинга технического состояния, выявления аномалий, поддержки ремонтов и оптимизации ресурсов. В результате сближаются PLM-системы управления жизненным циклом, IoT-платформы, EAM/АРМ-систему управления активами, МRO-системы технического обслуживания и ремонта изделий и техники (ТОиР) и аналитика надежности.^{1,3,5}

Для эксплуатации техники и производственного оборудования наиболее актуальны задачи по созданию гибридных цифровых двойников критических узлов, развитию систем мониторинга состояния, внедрению прогнозной аналитики и объяснимых моделей искусственного интеллекта. Отдельное значение имеет управление данными о ремонтах, дефектах и деградации, поскольку именно качество этих данных определяет ценность предиктивных моделей и возможность перехода от регламентного обслуживания к обслуживанию по состоянию.^{3,5,6}

Еще один важный тренд связан с интероперабельностью и безопасным обменом данными между инженерными, производственными и эксплуатационными системами. Для отрасли это означает развитие общих информационных моделей, машиночитаемых форматов описания изделия и процессов, а также платформенных подходов к совместной работе изготовителей, перевозчиков, сервисных организаций и владельцев инфраструктуры. В грузовом сегменте дополнительным драйвером становится цифровая автоматическая сцепка, которая требует новых программных контуров для автоматизации подготовки поезда, диагностики и управления данными на уровне состава.^{4,9}

Одновременно возрастает значение промышленного искусственного интеллекта как надстройки над инженерным, производственным и сервисным ПО. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по архивам конструкторской и ремонтной документации, автоматическая классификация

дефектов, поддержка технологической подготовки, помощь персоналу депо и ремонтных предприятий, а также совместное использование физических моделей и машинного обучения для повышения точности диагностики и планирования ремонтов.^{5,8}

Полезно отметить, что лидирующие мировые разработчики соответствующего ПО уже формируют для железнодорожного машиностроения платформенные цифровые экосистемы полного цикла. Siemens развивает Xcelerator как открытую цифровую платформу для железнодорожной отрасли, объединяя владельцев инфраструктуры, операторов и организации технического обслуживания для повышения пропускной способности, автоматизации и оптимизации жизненного цикла подвижного состава и инфраструктуры. Dassault Systèmes продвигает платформу 3DEXPERIENCE и концепцию виртуальных цифровых двойников, позволяющие моделировать изделия, производственные процессы и сценарии эксплуатации, снижать потери, повышать качество изготовления и использовать данные реальной эксплуатации для последующих улучшений. При этом PTC, Siemens и Dassault Systèmes устойчиво входят в число лидеров рынка PLM для крупных машиностроительных предприятий, что подтверждает высокий спрос на интегрированные платформы, объединяющие проектирование, управление требованиями, конфигурацией, производством и сервисом в едином цифровом контуре

В целом для железнодорожного машиностроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и производства; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция проектных, производственных и эксплуатационных данных; развитие цифровых двойников и прогнозного обслуживания; применение открытых стандартов интероперабельности; а также использование ИИ там, где он повышает надежность, безопасность, прослеживаемость и скорость принятия решений.^{1,2,3,4,5,8}

Источники информации

1. Europe's Rail. WORK PROGRAMME 2026 - URL: https://rail-research.europa.eu/wp-content/uploads/2025/12/Annex_GB-Decision_09-25_WP2026.pdf
2. Cadtech. How major railway OEMs are using 3DEXPERIENCE to transform their value chain - URL: <https://cadtech.es/en/actualidad/como-los-grandes-oems-ferroviarios-estan-usando-3dexperience-para-transformar-su-cadena-de-valor/>
3. Connected Places Catapult. A Digital Twin for Smart Rolling stock Maintenance - URL: <https://cp.catapult.org.uk/trig-project/a-digital-twin-for-smart-rolling-stock-maintenance/>

4. UNIFE. European Rail Supply Industry Annual Report 2025 - URL: <https://www.unife.org/wp-content/uploads/2026/01/UNIFE-Annual-Report-2025.pdf>

5. AI4RAILS – RAILS - URL: <https://rails-project.eu/category/ai4rails/>

6. Intel Market Research. Railway Condition Monitoring Solution Market Outlook 2026-2034 - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/railway-condition-monitoring-solution-market-28435>

7. Europe's Rail. Digital Twins for infrastructure and rolling stock - URL: <https://www.b2match.com/e/eu-rail-info-day/opportunities/UGFydGljaXBhdGlvbk9wcG9ydHVuaXR5OjE4OTU5NQ==>

8. znt-Richter. MES Trends 2025 for Smart Manufacturing - URL: <https://www.znt-richter.com/en/blog/mes-trends-2025-for-smart-manufacturing>

9. Europe's Rail. Digital Automatic Coupling (DAC) – the backbone for full digital rail freight train operations - URL: <https://rail-research.europa.eu/latest-news/digital-automatic-coupling-dac-the-backbone-for-full-digital-rail-freight-train-operations/>

3. Судостроение

В мировом судостроении ключевым трендом становится переход к единой цифровой нити, связывающей проектирование судна, управление составом изделия, технологическую подготовку, строительство корпуса и насыщение (наполнение корпусных конструкций деталями и узлами), испытания, передачу судна заказчику и дальнейшую эксплуатацию. Для отрасли это особенно важно из-за проектного характера производства, высокой доли кооперации, длительных циклов строительства и необходимости управлять изменениями на протяжении всего жизненного цикла судна.^{1,2,7}

В контуре проектирования усиливается роль специализированных связок CAD/CAE, PLM/PDM, расчетных пакетов и модельно-ориентированных подходов. Практика крупных верфей показывает переход к единому цифровому базису, где данные о конструкции, компоновке, трубопроводах, кабельных трассах, материалах и составе изделия становятся основой не только инженерии, но и производства. Отсюда вытекают задачи по управлению конфигурацией судна, вариантностью исполнения, составом поставки и синхронизацией инженерной и производственной структур изделия.^{1,2,3}

Для PLM/PDM-систем в судостроении особенно актуальны функции управления изменениями, составом изделия, контейнерами выпуска данных, версиями документации и кооперацией большого числа подрядчиков. Перспективной задачей становится переход от передачи файлов и комплектов документов к управлению единым источником данных, в котором производственные подразделения, снабжение и сервис получают согласованную и актуальную информацию по корпусу, системам, секциям, блокам и насыщению.^{3,8}

Siemens после приобретения FORAN прямо позиционирует виртуальную модель реального судна как подход к реализации единой

цифровой нити проектирования и строительства судна, охватывающую путь от концептуального проектирования и производства до эксплуатации и обслуживания в рамках всего жизненного цикла. Это показывает, что лидеры рынка связывают судостроение и последующую эксплуатацию в единую программную архитектуру Shipyard 4.0.^{11,12}

В контуре проектирования и подготовки производства особенно важны задачи по управлению конфигурацией судна, вариантностью проекта, согласованию корпусной, механической, электротехнической и кабельной частей, а также по цифровой передаче проектных данных в производство. Для судостроения цифровой двойник все чаще рассматривается не как дополнительный визуальный слой, а как рабочая основа планирования, моделирования технологичности и сокращения ошибок на верфи. На это указывают и обзоры по цифровым двойникам в судостроении, и практика Siemens с интеграцией проектирования, цифрового производства и обслуживания.^{13,14}

В производственном контуре растет значение MES/MOM и цифровых платформ верфи, которые должны связывать планирование, изготовление секций и блоков, сварку, резку, сборку, окраску, логистику и контроль качества. Для судостроения это означает задачи по формированию цифровых производственных пакетов, управлению маршрутами изготовления крупноблочных конструкций, прослеживаемости материалов и операций, а также синхронизации инженерных изменений с реальным ходом строительства.^{4,7,8}

Сквозным технологическим трендом становится использование цифровых двойников судна, оборудования и производственной среды верфи. Такие решения применяются для виртуальной проверки проектных решений, анализа коллизий, моделирования производственных сценариев и последующего сопровождения судна в эксплуатации. Отдельно усиливается связка цифровых двойников с мониторингом технического состояния и прогнозным обслуживанием, что позволяет использовать реальные данные для повышения надежности, безопасности и экономичности эксплуатации.^{1,5,6}

Для эксплуатации судов и производственного оборудования наиболее актуальны задачи по созданию гибридных цифровых двойников критических систем, объединению данных от судовых датчиков, сервисных отчетов и ремонтной истории, а также внедрению риск-ориентированной и прогнозной аналитики. Это требует увязки проектных данных с эксплуатационными контурами EAM/АРМ (управление эффективностью активов) и MRO (техническое обслуживание, ремонт и капитальное восстановление), а также построения доверенных моделей, пригодных для диагностики, планирования ремонтов и поддержки решений экипажа и береговых служб.^{5,6,9}

Еще один важный мировой тренд связан с промышленным искусственным интеллектом и автоматизацией управленческих и инженерных операций. В судостроении и морской эксплуатации ИИ все чаще рассматривается как надстройка над существующими инженерными и

сервисными системами: для поиска по массивам технической документации, интеллектуальной проверки изменений, оптимизации планов, автоматизации административных процедур и повышения качества диагностики. Одновременно возрастает значимость стандартизации данных, интероперабельности и кибербезопасности при обмене информацией между судном и берегом.^{5,9,10}

В результате для судостроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и верфи; сквозное управление конфигурацией и изменениями; интеграция проектных, производственных и эксплуатационных данных; цифровые двойники для проектирования, строительства и сервиса; использование ИИ в инженерных и эксплуатационных задачах; а также развитие интероперабельности и защищенного обмена данными между судном, верфью, поставщиками и оператором.^{1,2,4,5,7,9,10}

Источники информации

1. Review Digital twins enable shipbuilding - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016824010226>
2. HD Hyundai selects Siemens Xcelerator - URL: <https://news.siemens.com/en-us/hd-hyundai-selects-siemens-xcelerator/>
3. SSI Solution Update: May 2025 - URL: <https://www.ssi-corporate.com/blog-lighthouse/ssi-may-2025-released/>
4. BOM Management and PLM Software for Shipbuilding - URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/white-paper-bom-management-and-plm-software-for-shipbuilding/>
5. Digital Twins: The Future of Predictive Ship Maintenance - URL: <https://www.synergymarinegroup.com/gm-innovations/digital-twins-the-future-of-predictive-ship-maintenance/>
6. Digital twin for shipbuilding and process industries - URL: <https://cadmatic.com/en/solutions/digital-twin/>
7. HD Hyundai selects Siemens for shipyard digital platform - URL: <https://www.engineering.com/hd-hyundai-selects-siemens-for-shipyard-digital-platform/>
8. SSI ShipbuildingPLM - Production Planning - Work Package Demo - URL: https://www.youtube.com/watch?v=AIF_ECD6ctQ
9. From Digitalization to Automation: 2026 Will Redefine Maritime Operations - URL: <https://maritime-executive.com/editorials/from-digitalization-to-automation-2026-will-redefine-maritime-operations>
10. IMO Unveils New Guidelines for Maritime AI Integration and Data Security - URL: <https://ports.marinelink.com/ports/port/new-bedford/news/imo-unveils-new-guidelines-for-maritime-ai-integration-and-data-security>
11. Siemens acquires FORAN software to enhance its marine digital twin - URL: <https://www.eenewseurope.com/en/siemens-acquires-marine-digital-twin-software/>

12. Siemens Acquires FORAN Software To Expand Capabilities In Marine Design & Engineering - URL: <https://oceannews.com/news/milestones/siemens-acquires-foran-software-to-expand-capabilities-in-marine-design-engineering/>

13. Review Digital twins enable shipbuilding - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016824010226>

14. Siemens Acquires FORAN Software to Enhance its Marine Digital Twin - URL: <https://www.mmindia.co.in/article/1012/siemens-acquires-foran-software-to-enhance-its-marine-digital-twin>

4. Двигателестроение

В мировом авиационном двигателестроении ключевым трендом становится переход от разрозненных инженерных, производственных и сервисных систем к сквозной цифровой нити, объединяющей требования, системные и расчетные модели, конструкторские данные, технологическую подготовку, изготовление, испытания, эксплуатацию и ремонт двигателя. Для отрасли это критично из-за высокой сложности изделий, жестких требований к безопасности и сертификации, длительного жизненного цикла и необходимости сопровождать конкретный двигатель и его модули на протяжении всего срока службы.^{1,2,3}

В контуре проектирования быстро растет роль связки MBSE, CAD/CAE/CAx, PLM/PDM и высокоточных цифровых двойников. Для авиационных и вертолетных двигателей это означает переход к управлению единым цифровым определением изделия, где требования, расчетные модели, геометрия, состав изделия и результаты верификации связаны между собой и прослеживаются до уровня узла, детали и изменения конструкции. Отсюда следуют задачи по интеграции системной инженерии с PLM, управлению конфигурацией и вариантностью, а также по цифровой преемственности моделей при модернизациях и сертификационных изменениях.^{1,4,5}

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны функции управления составом изделия, изменениями, кооперацией поставщиков и доверенной цифровой конфигурацией двигателя. Ведущие поставщики такого ПО усиливают именно эти контуры: Siemens продвигает связку комплексного цифрового двойника изделия, производства и эксплуатации, PTC развивает Windchill AI и сквозную цифровую нить по всему жизненному циклу, а **отраслевые пользователи ожидают от PLM не хранения файлов, а роли единого достоверного источника данных для разработки, производства и сервиса.**^{4,5,6}

В производственном контуре усиливается значение MES/MOM, цифрового двойника производства и интеграции с оборудованием. Для двигателестроения это означает задачи по прослеживаемости изготовления критических деталей и модулей, управлению маршрутами механообработки, термообработки, покрытий, сборки и испытаний, а также по цифровой увязке инженерных данных с фактическими параметрами выполнения операций. Наибольшую ценность создают решения, позволяющие моделировать

производственные сценарии до физического запуска и связывать PLM, MES, качество, стенды и цеховое оборудование в единый контур.^{7,8}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников двигателя и систем управления техническим состоянием. Rolls-Royce прямо связывает цифровые двойники с продлением ресурса, повышением эффективности испытаний и переходом к обслуживанию по фактическому состоянию двигателя. Параллельно интеграция платформы Blue Data Thread с системами безбумажного MRO показывает, что ведущие игроки отрасли стремятся замкнуть цифровой контур между изготовителем, эксплуатантом и ремонтной организацией.^{2,9} *Комментарий: Blue Data Thread — это программа, разработанная компанией Rolls-Royce для обмена данными между авиаперевозчиками, сервисными центрами и производственными мощностями. Ее цель — улучшить управление флотом, оптимизировать обслуживание и повысить надёжность двигателей.*

Для эксплуатации двигателей и производственного оборудования наиболее актуальны задачи по прогнозированию отказов, обнаружению деградации, объяснимой аналитике, управлению историей конкретного двигателя и его модулей, а также по связыванию эксплуатационных данных с эталонной инженерной конфигурацией. В авиационной отрасли это тесно связано с развитием MRO-решений, аналитики надежности, цифровых паспортов изделия и подходов IVHM (Integrated Vehicle Health Management: интегрированное управление техническим состоянием изделия), в которых цифровой двойник используется как основа для прогнозного обслуживания и более точного планирования ремонтов.^{2,10,11}

Еще один важный тренд связан с внедрением промышленного искусственного интеллекта как надстройки над инженерными и сервисными системами. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по архивам расчетной и конструкторской документации, поддержка анализа изменений, помощь технологам и инженерам по качеству, автоматизация обработки эксплуатационных и ремонтных данных, а также ускорение принятия решений в PLM и сервисных контурах. Именно поэтому лидирующие разработчики ПО выводят на рынок ИИ-функции внутри PLM, управления требованиями и сервисных платформ.^{5,6}

В целом для авиационного двигателестроения и вертолетного двигателестроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство двигателя; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция проектных, производственных, испытательных и эксплуатационных данных; развитие цифровых двойников изделия и производства; внедрение прогнозного обслуживания; а также использование ИИ в тех задачах, где он повышает надежность, прослеживаемость, качество и скорость инженерных и сервисных решений.^{1,2,4,5,7,9,10}

Источники информации

1. Transforming Aerospace and Defense with Next-Generation PLM - URL: <https://www.hcltech.com/sites/default/files/documents/resources/whitepaper/files/2026/03/20/transforming-aerospace-defense-with-next-generation-plm.pdf>
2. Digital Twin - Rolls-Royce - URL: <https://www.rolls-royce.com/innovation/digital/digital-twin.aspx>
3. A Framework for Product Life Cycle Management Based Digital Twin - URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/asmb.70001>
4. PLM in Aerospace with Digital Twin & Predictive Maintenance - URL: <https://tptsc.com/en/blog/plm-in-aerospace-unlocking-new-value-with-digital-twin-and-predictive-maintenance/>
5. PTC Brings AI-Powered PLM to Hannover Messe 2025 with Windchill AI - URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/ptc-brings-ai-powered-plm-to-hannover-messe-2025-with-windchill-ai-302410612.html>
6. PLM SaaS: Trusted Data for Aerospace and Defense - URL: <https://www.ptc.com/en/industries/aerospace-and-defense/plm-saas>
7. How the production digital twin prepares aerospace manufacturers for the future - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/how-the-production-digital-twin-prepares-aerospace-manufacturers-for-the-future/>
8. Siemens unveils Digital Twin Composer - URL: <https://news.siemens.com/en-us/digital-twin-composer-ces-2026/>
9. Investing in our digital services capability - URL: <https://www.rolls-royce.com/media/our-stories/discover/2025/investing-in-our-digital-services-capability.aspx>
10. Digital Twin-based IVHM for Predictive Maintenance - URL: <https://papers.phmsociety.org/index.php/phmconf/article/view/4343>
11. Innovating Aircraft Repair Processes: The Role of Digitalization in Aviation MRO - URL: <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adem.202501718>

5. Авиастроение

В мировом авиастроении ключевым направлением становится переход от разрозненных информационных систем к единой цифровой нити, которая связывает требования, системные модели, конструкторские данные, технологическую подготовку, производство, эксплуатацию и техническое обслуживание изделия. На практике это означает реализацию принципов модельно-ориентированного проектирования MBSE на основе ускоренного сближения классов ПО CAD/CAE, PLM, MES, MOM, EAM/APM и MRO вокруг общего набора данных, конфигурационного управления и прослеживаемости изменений на всем жизненном цикле воздушного судна и его компонентов.^{1,2,3,8}

Для авиастроения данный тренд особенно важен из-за высокой сложности кооперации, длительных жизненных циклов изделий, жестких требований к безопасности, сертификации и управлению конфигурацией. Показательно, что Airbus в 2025 году расширил использование платформы

3DEXPERIENCE как основы управления жизненным циклом для будущих гражданских и военных программ, а отраслевые инициативы фиксируют уже десятки прикладных сценариев применения связки «цифровой двойник - цифровая нить».^{1,4}

Среди специфических трендов по классам ПО в контуре проектирования на первый план выходит развитие модельно-ориентированной инженерии и модельно-ориентированного предприятия: системная модель и трехмерная модель с производственной информацией постепенно становятся основным носителем требований, логики изделия, параметров верификации и данных для всех последующих стадий производства и жизненного цикла изделий (downstream-процессов). Отсюда следуют задачи по интеграции MBSE-подходов с PLM, синхронизации инженерной структуры изделия с производственной и эксплуатационной структурами, а также по управлению цифровой преемственностью моделей при модификациях и сертификационных изменениях.^{2,3,8}

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления вариантностью и конфигурацией изделия, межорганизационного обмена доверенными данными, поддержки виртуальных двойников и сквозной прослеживаемости от требований до сервисных событий. В перспективе наибольшую ценность будут создавать функции, позволяющие замыкать контур между разработкой, производством и эксплуатацией: возврат эксплуатационных данных в инженерный контур, автоматизированная оценка влияния изменений, а также сопоставление фактической истории конкретного борта или агрегата с его эталонной конфигурацией.^{1,4,6,8}

В сегменте MES/MOM и ПО управления производственными процессами усиливается спрос на системы, которые не только диспетчеризуют операции, но и обеспечивают связность с инженерными моделями, качеством, метрологией и производственным оборудованием. Для авиационных производств это означает задачи по цифровому сопровождению сложной сборки, управлению маршрутами с учетом серийности и индивидуализации изделия, регистрации фактических параметров выполнения операций, а также формированию объективного цифрового досье изделия для целей качества, расследования отклонений и сертификационных проверок.^{3,5,8}

Отдельный сквозной тренд - стандартизованная интероперабельность ИТ- и ОТ-контуров. Расширение применения протоколов обмена OPC UA (Open Platform Communications Unified Architecture; унифицированная архитектура обмена промышленными данными), включая сценарии OPC UA over MQTT и облачные архитектуры, делает более реалистичной задачу безопасного переноса структурированных данных от оборудования и цеховых систем к платформам аналитики, искусственного интеллекта и цифровых двойников без потери семантики. Для авиастроения это особенно перспективно в контуре высокоточного оборудования, испытательных стендов, линий сборки и контроля качества.⁵ *Комментарий: OPC UA over MQTT — это комбинация двух технологий: OPC UA (Unified Architecture) и*

MQTT (Message Queuing Telemetry Transport), которая позволяет использовать преимущества обоих протоколов для обмена данными в промышленных и IoT-системах. OPC UA — платформно-независимый стандарт для промышленной коммуникации, разработанный OPC Foundation. MQTT — лёгкий протокол обмена сообщениями, разработанный для устройств с ограниченными ресурсами и нестабильными каналами связи.

В эксплуатации авиационной техники и производственного оборудования главным мировым трендом является переход от планово-предупредительного обслуживания к прогнозному и риск-ориентированному управлению надежностью. Здесь сближаются PLM, цифровые двойники, IoT-платформы, EAM/APM, MRO-решения и аналитика безопасности полетов: эксплуатационные параметры, история ремонтов, сведения о конфигурации и модели деградации начинают использоваться совместно для прогноза отказов, оптимизации ресурса и приоритизации вмешательств.^{6,7}

С этим связаны перспективные задачи по разработке и использованию индустриального ПО: построение гибридных цифровых двойников для критических агрегатов; внедрение объяснимых моделей искусственного интеллекта для диагностики и прогноза; перенос части аналитики на периферию для работы в реальном времени; обеспечение качества, доверенности и юридической значимости данных; а также увязка прогнозной аналитики с процедурами управления безопасностью и регуляторными требованиями.^{6,7}

Еще один важный тренд - применение искусственного интеллекта как надстройки над инженерным и производственным ПО, а не как изолированного инструмента. Наиболее перспективны генерация и проверка инженерных вариантов, интеллектуальный поиск по архивам конструкторских и технологических данных, автоматизация классификации несоответствий, поддержка технологической подготовки, помощь оператору и инженеру при анализе причин отказов, а также управление качеством и аддитивным производством на основе сочетания физических моделей и машинного обучения.^{5,9}

В результате для авиастроения формируется приоритетная повестка развития индустриального ПО: создание единого доверенного информационного пространства изделия и производства; внедрение сквозного управления конфигурацией и цифровой нити; интеграция проектных, производственных, эксплуатационных и сервисных данных; развитие интероперабельности по открытым стандартам; а также использование искусственного интеллекта и цифровых двойников в тех задачах, где они повышают скорость, качество, прослеживаемость и безопасность принятия решений.^{1,2,4,5,6,8,9}

Источники информации

1. CIMdata. Aerospace & Defense PLM Action Group Announces 80 Use Cases for Digital Twin-Digital Thread Investment. URL:

<https://www.cimdata.com/de/news/item/29714-aerospace-defense-plm-action-group-announces-80-use-cases-for-digital-twin-digital-thread-investment.html>.

2. NIST. Digital Thread for Smart Manufacturing. URL: <https://www.nist.gov/programs-projects/digital-thread-smart-manufacturing>.

3. NIST. MBE & QIF Summit 2025. URL: <https://www.nist.gov/news-events/news/2025/04/mbe-qif-summit-2025>.

4. Airframer. Dassault Systèmes and Airbus extend strategic partnership to use virtual twins for next-generation programs. URL: https://www.airframer.com/news_story.html?release=95915.

5. ARC Advisory Group. OPC UA Unlocks Industrial Interoperability. URL: <https://www.arcweb.com/blog/opc-ua-unlocks-industrial-interoperability>.

6. Hamza A., Chandrasekar M. Digital Twin Implementation for Predictive Maintenance in Industrial Systems. IIRJET, 2025, Vol. 10, No. 3. URL: <https://iirjet.org/index.php/home/article/view/343>.

7. Federal Aviation Administration. Safety Management System (SMS). URL: <https://www.faa.gov/faa-aviation-safety-outreach/safety-management-system>.

8. Kearney. The digital thread imperative in aerospace and defense. URL: <https://www. Kearney.com/service/digital-analytics/article/the-digital-thread-imperative-in-aerospace-and-defense>.

9. Wiley. Roadmap on Artificial Intelligence-Augmented Additive Manufacturing. URL: <https://advanced.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aisy.202500484>.

6. Ракетно-космическая промышленность

В мировой ракетно-космической промышленности ключевым трендом становится переход от разрозненных инженерных и производственных систем к сквозной цифровой нити, связывающей требования, системные модели, конструкторские данные, расчеты, технологическую подготовку, изготовление, испытания, запуск и дальнейшую эксплуатацию космической техники. Для отрасли это особенно важно из-за высокой стоимости ошибок, жестких требований к надежности и обеспечения гарантии техники на срок реализации миссии, длительных циклов разработки и необходимости сохранять полную прослеживаемость решений и изменений.^{1,2,3}

В контуре проектирования быстро растет роль модельно-ориентированного подхода к проектированию (MBSE), PLM/PDM-систем и цифровых двойников космических аппаратов и ракетных систем. Модельно-ориентированный подход позволяет увязывать требования, архитектуру, расчеты, верификацию и анализ рисков в единой цифровой среде, а также переносить эти данные в производство и эксплуатацию. Siemens прямо продвигает цифровой двойник для проектирования космических аппаратов и обеспечения безопасности, надежности, успешности миссии (model-based mission assurance), а практики типа Orion SysML Model для Artemis подтверждают, что цифровая модель становится опорой не только инженерии, но и принятия решений по надежности и безопасности.^{2,4,5} *Комментарии: 1) Model-Based Mission Assurance (MBMA) в ракетно-космической технике — это*

подход, который использует модели для обеспечения безопасности, надёжности и успешности миссии. Он интегрирует элементы обеспечения миссии (Mission Assurance, MA) в процесс системной инженерии, используя цифровые модели для анализа рисков, генерации аналитических продуктов и поддержки принятия решений. 2) Orion SysML Model для Artemis — это модель, созданная с использованием языка моделирования Systems Modeling Language (SysML) в рамках программы NASA Artemis. Она представляет собой цифровую копию подсистем космического корабля Orion, предназначенного для миссий к Луне и другим космическим объектам.

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией изделия, версиями, составом сложных систем, кооперацией поставщиков и цифровой прослеживаемостью от требований до сертификационных и эксплуатационных данных. Ведущие разработчики ПО для аэрокосмической отрасли усиливают именно эти контуры: Dassault Systèmes расширяет использование 3DEXPERIENCE как основы управления жизненным циклом и виртуальными двойниками. Siemens развивает связку MBSE, цифрового двойника и аналитики риска, а PTC акцентирует доверенные данные и сквозную цифровую нить для сложных изделий.^{4,6,7}

В производственном контуре усиливается значение MES/MOM, модельно-ориентированного производства и цифрового двойника изготовления. Для ракетно-космической отрасли это означает задачи по прослеживаемости изготовления критических деталей и сборочных единиц, управлению маршрутами механообработки, композитного производства, электрического монтажа, интеграции и испытаний, а также по цифровой увязке инженерных моделей с фактическими параметрами выполнения операций. Перспективным направлением становится перенос части логики в виртуальную производственную среду для предварительной отработки технологических сценариев и снижения риска на этапе физической сборки и испытаний.^{1,3,8}

Сквозным технологическим трендом является развитие цифровых двойников как основы не только проектирования, но и гарантии работоспособности изделия во время миссии, эксплуатации и даже перспективного производства в космосе. Современные исследования показывают, что цифровой двойник становится инструментом высокоточного моделирования, замкнутого управления и оценки риска в сложных космических системах. Отсюда следуют задачи по объединению расчетных моделей, телеметрии, результатов испытаний и эксплуатационных данных в едином контуре принятия решений.^{1,2,9}

Для эксплуатации ракетно-космической техники и наземного оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозированию отказов, анализу деградации и управлению конфигурацией конкретного экземпляра изделия. В этой области сближаются PLM, цифровые двойники, аналитика надежности, подходы Maintenance 4.0 и программные средства поддержки гарантии работоспособности изделий во время миссии.

Особенно важна связка инженерной конфигурации с телеметрией, чтобы корректно оценивать влияние изменений, выявлять аномалии и принимать решения по ресурсу и безопасной эксплуатации.^{2,9,10} *Комментарии: Maintenance 4.0 в ракетно-космической технике — это подход к техническому обслуживанию и ремонту, основанный на принципах Industry 4.0 (Четвёртой промышленной революции). Он предполагает использование передовых технологий для повышения эффективности, надёжности и безопасности оборудования, а также минимизации простоев.*

Еще один важный тренд связан с встраиванием искусственного интеллекта в инженерные и производственные контуры. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по технической документации, автоматизация анализа несоответствий, помощь в оценке рисков, поддержка анализа телеметрии и повышение эффективности планирования испытаний и производства. При этом для отрасли критически важны объяснимость ИИ, доверенность данных, кибербезопасность и строгая прослеживаемость решений, поскольку речь идет о системах с высокой стоимостью ошибки.^{7,10}

В целом для ракетно-космической промышленности формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и производства; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция проектных, производственных, испытательных и эксплуатационных данных; развитие цифровых двойников для проектирования, гарантии работоспособности во время миссии и эксплуатации; использование MBSE как основы инженерии сложных систем; а также внедрение ИИ в тех задачах, где он повышает надежность, прослеживаемость и скорость принятия решений.^{1,2,4,6,7,10}

Источники информации

1. Digital twin for in-space manufacturing: a comprehensive review - URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17452759.2026.2639147>
2. Performing model-based mission assurance for spacecraft with the digital twin - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/thought-leadership/model-based-mission-assurance-with-digital-twin/>
3. Transforming Aerospace and Defense with Next-Generation PLM - URL: <https://www.hcltech.com/sites/default/files/documents/resources/whitepaper/files/2026/03/20/transforming-aerospace-defense-with-next-generation-plm.pdf>
4. Digital twins for spacecraft design - URL: <https://resources.sw.siemens.com/lt-LT/white-paper-spacecraft-design-digital-twin/>
5. Orion SysML Model, Digital Twin, and Lessons Learned for Artemis I - URL: <https://www.incose.org/wp-content/uploads/2026/01/Paper-40.pdf>
6. Dassault Systèmes and Airbus Extend Strategic Partnership to Use Virtual Twins for Next-Generation Programs - URL: <https://www.3ds.com/newsroom/press-releases/dassault-systemes-and-airbus-extend-strategic-partnership-use-virtual-twins-next-gen-programs>

7. Digitale Lösungen für Luft-/Raumfahrt und Verteidigung | PTC - URL: <https://www.ptc.com/de/industries/aerospace-and-defense>

8. The future of Aerospace & Defense manufacturing - URL: <https://www.capgemini.com/ch-en/solutions/the-future-of-aerospace-defense-manufacturing/>

9. Integrating digital twin technologies for maintenance 4.0 in the aerospace industry - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132325014672>

10. Predictive Maintenance & PLM for Aircraft Readiness - URL: <https://www.ptc.com/en/resources/aerospace-and-defense-on-demand/predictive-maintenance-aircraft-readiness-cimdata>

7. Общее машиностроение

7.1. Атомное машиностроение

В мировом атомном машиностроении ключевым трендом становится переход от разрозненных инженерных, производственных и эксплуатационных систем к сквозной цифровой нити, объединяющей требования, системные модели, конструкторские данные, расчеты, технологическую подготовку, изготовление оборудования, монтаж, ввод в эксплуатацию и сопровождение в течение длительного срока службы. Для отрасли это особенно важно из-за высокой капиталоемкости, длительных жизненных циклов, жестких требований к безопасности и необходимости строгой прослеживаемости решений, материалов, изменений и состояния оборудования.^{1,2,3}

В контуре проектирования возрастает значение модельно-ориентированной системной инженерии, PLM/PDM и цифровых двойников. Для атомного машиностроения это означает переход к единому цифровому описанию изделия и объекта, где требования, архитектура, расчеты, компоновка, конструкторская документация и данные верификации связаны между собой. Отраслевые публикации по MBSE в ядерной энергетике и программы цифровой инженерии INL/NRIC показывают, что такой подход рассматривается как необходимая основа для ускорения разработки, снижения числа несогласованностей и поддержки новых проектов, включая проекты создания малых модульных реакторов SMR.^{4,5,6} *Комментарии: 1) INL (Idaho National Laboratory) и NRIC (National Reactor Innovation Center) — это ключевые организации и центры в сфере атомного машиностроения и исследований в США; 2) SMR (Small Modular Reactors) — это малые модульные реакторы в атомном машиностроении. Это класс ядерных реакторов деления с номинальной электрической мощностью менее 300 мегаватт (МВтэ), которые спроектированы с использованием модульной технологии.*

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией оборудования, версиями документации, кооперацией поставщиков и передачей достоверных данных между проектированием, производством, строительством и эксплуатацией. Лидирующие разработчики

ПО усиливают именно эти контуры: Siemens развивает концепцию цифрового двойника как постоянно обновляемого цифрового эталона, PTC связывает PLM с ИИ и моделированием в реальном времени, а отраслевые оценки рынка PLM стабильно относят Dassault, PTC и Siemens к числу лидеров для сложных инженерных изделий.^{7,8,9}

В производственном контуре усиливается роль MES/MOM, модельно-ориентированного производства и цифрового сопровождения качества. Для атомного машиностроения это означает задачи по прослеживаемости изготовления критических компонентов, управлению маршрутами механообработки, сварки, термообработки, неразрушающего контроля, сборки и испытаний, а также по цифровой увязке инженерных данных с фактическими параметрами выполнения операций. Перспективным направлением становится интеграция производственных платформ с цифровыми двойниками изделия и оборудования, чтобы заранее отрабатывать технологические сценарии и снижать риск дефектов и переделок.^{2,7,10}

Сквозным технологическим трендом является развитие цифровых двойников оборудования и энергоблоков как основы для мониторинга состояния, прогнозной аналитики и риск-ориентированного обслуживания. Исследования по ядерной отрасли показывают, что цифровой двойник может использоваться для раннего обнаружения деградации, прогнозирования отказов, поддержки решений по техническому обслуживанию и повышения эффективности эксплуатации. Проекты, в которых реализуются элементы предиктивного ИИ-анализа данных для технического обслуживания и ремонта с использованием цифровых двойников для усовершенствованных ядерных реакторов и публикации по интеллектуальному обслуживанию оборудования подтверждают практическую направленность этого подхода.^{1,11,12}

Для эксплуатации оборудования и объектов наиболее актуальны задачи по связыванию телеметрии, истории ремонтов, конфигурации конкретного экземпляра и аналитики надежности в едином контуре принятия решений. В этой логике особенно показателен курс Hitachi на создание платформы метавселенной для атомных энергоблоков/электростанций, где высокоточный цифровой двойник, точечные облака, CAD-данные и ИИ-поиск используются для поддержки проектирования, строительства, обслуживания и управления активами. Для атомного машиностроения это подчеркивает значимость не только отдельных систем, но и общей платформенной среды кооперации между изготовителем, строителем и эксплуатантом.^{13,14}

Еще один важный тренд связан с внедрением промышленного искусственного интеллекта как надстройки над инженерными, производственными и эксплуатационными контурами. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по технической документации, автоматизация анализа несоответствий, помощь в планировании ремонтов и оценке рисков, а также поддержка решений по качеству и надежности. Однако для атомной отрасли критически важны объяснимость моделей,

кибербезопасность, доверенность исходных данных и возможность аудита каждого значимого решения.^{8,11,13}

В целом для атомного машиностроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и объекта; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция проектных, производственных, строительных и эксплуатационных данных; развитие цифровых двойников для качества, обслуживания и управления активами; применение MBSE как основы работы со сложными системами; а также внедрение ИИ там, где он повышает надежность, прослеживаемость и эффективность без снижения требований к безопасности.^{1,4,5,7,11,13}

Источники информации

1. Shaping the future of nuclear reactors with digital twins - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261925016526>
2. Digital Engineering at INL & NRIC - URL: <https://www.osti.gov/servlets/purl/3028417>
3. Digital Twin Integration for Lifecycle Management of Operating Nuclear Assets - URL: <https://q6wihgzfeqjx7zbu.public.blob.vercel-storage.com/articles/e2026016.pdf>
4. Model-based systems engineering adoption in the U.S. Nuclear industry - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0029549324008525>
5. System engineering, MBSE, PLM, digital twin, BIM & CAD - URL: <https://www.assystem.com/en/digital/system-engineering-mbse-plm-digital-twin-bim-cad/>
6. The European Alliance to develop, demonstrate and deploy SMRs - URL: <https://fisa-euradwaste2025.ncbj.gov.pl/sites/fisa-euradwaste2025.ncbj.gov.pl/files/2025-06/Parallel%20I.2%20slides.pdf>
7. Digital twin: The living blueprint - URL: <https://www.siemens.com/en-us/company/digital-twin/>
8. Powering the Next Gen of Product Engineering and AI - URL: <https://www.ptc.com/en/blogs/plm/powering-next-gen-of-product-engineering>
9. Nucleus Research Releases 2026 PLM Technology Value Matrix - URL: <https://finance.yahoo.com/sectors/technology/articles/nucleus-research-releases-2026-plm-150000611.html>
10. A preliminary study of digital twin for nuclear reactor dynamics - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0952197625009406>
11. PMDT: AI-Enabled Predictive Maintenance Digital Twins for Advanced Nuclear Reactors - URL: <https://www.osti.gov/biblio/2527308>
12. A Digital Twin Framework for Nuclear Power Equipment Maintenance - URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.12688/digitaltwin.17695.2>
13. Hitachi Launches Metaverse Platform to Streamline Nuclear Plant Operations - URL: <https://www.arcweb.com/blog/hitachi-launches-metaverse-platform-streamline-nuclear-plant-operations>

14. Nuclear Energy & Digital: Hitachi's Vision for a Carbon Neutral Future -
URL: https://www.hitachi.com/products/energy/portal/highlights/case_031.html

7.2. Отрасли производства вооружения, боеприпасов, ракетных комплексов и смежных систем сухопутного назначения

В мировой оборонной промышленности, связанной с выпуском стрелкового оружия, боеприпасов, тактических систем вооружения, ракетных комплексов и смежных агрегатов для авиации, транспорта и энергетики, главным трендом становится переход к сквозной цифровой нити изделия и производства. Для таких предприятий это означает объединение требований, системных моделей, конструкторских данных, состава изделия, технологической подготовки, производства, испытаний, поставки и сервисного сопровождения в едином информационном контуре. Причина очевидна: отрасль одновременно должна резко повышать темпы выпуска, сохранять прослеживаемость и обеспечивать качество продукции с высокой ценой ошибки.^{1,2,3}

В контуре проектирования возрастает значение MBSE-подхода, PLM/PDM и цифровых двойников. Для ракетных комплексов, ПЗРК (переносной зенитно-ракетный комплекс), ПТРК (противотанковый ракетный комплекс), систем ПВО/ПРО и сложных агрегатов это позволяет управлять требованиями, вариантностью исполнения, кооперацией по подсистемам, составом изделия и подтверждением характеристик в единой цифровой среде. Показательно, что компания MBDA прямо заявляет об ускорении инженерных процессов через цифровую трансформацию разработки, производства и поддержки, а отраслевые инициативы в Aerospace & Defense PLM Action Group (A&D - ассоциация лидирующих компаний в аэрокосмической и оборонной промышленности) фиксируют десятки практических сценариев применения связки «цифровой двойник - цифровая нить» на всем жизненном цикле изделия.^{2,4} *Комментарий: MBDA (Matra BAE Dynamics Aérospatiale) — европейская транснациональная корпорация, специализирующаяся на проектировании, разработке и производстве ракет и связанных с ними систем. Это один из мировых лидеров в области сложных систем вооружения.*

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией, изменениями, межзаводской и межорганизационной кооперации, а также поддержка быстрого переноса изделий и комплектующих между площадками. На рынке именно это и становится фокусом лидирующих разработчиков ПО. В частности, Siemens продвигает Teamcenter и облачные PLM-подходы для ускорения оборонных программ, а практики BAE Systems (оборонная компания Великобритании, занимающаяся разработками в области вооружений, информационной безопасности и аэрокосмической сферы) показывают, что цифровая нить рассматривается как средство интеграции проектирования, производства, поддержки и модернизации. Для предприятий, выпускающих вооружение и боеприпасы, это особенно важно из-за

необходимости быстро наращивать мощности без потери управляемости данных.^{1,5,6}

В производственном контуре усиливается роль MES/MOM, прослеживаемости партий, цифрового управления качеством и связи с оборудованием. Для производства боеприпасов и массовых компонентов критичны контроль партий и серий, управление маршрутами, учет параметров выполнения операций, хранение результатов испытаний и проверок, а также интеграция с системами складского и ресурсного учета. Рост интереса к специализированным решениям по отслеживанию партий боеприпасов (ammunition lot tracking) показывает, что для отрасли ценность создают не только классические ERP и MES-системы, но и узкоспециализированные контуры прослеживаемости и безопасности обращения продукции.^{3,7} *Комментарии: Ammunition lot tracking — это система отслеживания партий боеприпасов, которая позволяет идентифицировать и контролировать конкретные группы боеприпасов, произведённых в одинаковых условиях. Основная цель — обеспечить прослеживаемость продукции, контроль качества, безопасность и эффективное управление запасами.*

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников производства, изделий и сервисных контуров, а также предиктивной аналитики для оборудования и испытательной базы. В оборонной промышленности цифровой двойник все чаще используется не только для инженерного моделирования, но и для оценки производственной готовности, сценарного анализа, сопровождения изделий и повышения готовности техники. На это указывают как отраслевые обзоры, так и развитие платформ прогнозного обслуживания и ИИ-аналитики для сложного промышленного оборудования.^{2,8,9}

Для эксплуатации и сопровождения изделий наиболее актуальны задачи по управлению конфигурацией конкретного экземпляра, истории ремонтов, ресурсам, состоянием узлов и использованием данных эксплуатации в инженерном производственном контурах. Это особенно важно для ракетных и зенитных комплексов, высокоточных систем и сложных агрегатов, где модернизация, ремонтпригодность и жизненный цикл напрямую зависят от качества данных. В перспективе наибольшую ценность будут создавать решения, которые связывают PLM, MRO, аналитические модели и цифровой паспорт изделия в единый контур поддержки принятия решений.^{2,8,10}

Еще один важный тренд связан с промышленным искусственным интеллектом, который встраивается в PLM, цифровую нить, управление качеством, ремонтами и планирование. Наиболее перспективны автоматизация анализа требований и несоответствий, интеллектуальный поиск по конструкторской и технологической документации, поддержка диспетчеризации и прогнозирования отказов оборудования, а также ускорение подготовки производства при изменении номенклатуры. Однако для оборонной продукции особенно важны доверенность данных,

кибербезопасность, разграничение доступа и возможность полного аудита каждого значимого изменения.^{1,9}

В целом для отраслей производства вооружения, боеприпасов, ракетных комплексов и смежных систем формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и производства; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция проектных, производственных, испытательных и эксплуатационных данных; развитие MES/MOM и специализированной прослеживаемости партий; использование цифровых двойников для проектирования и производства; а также применение ИИ в тех задачах, где он повышает скорость, надежность, качество и управляемость серийного выпуска.^{1,2,3,5,7,9}

Источники информации

1. Future of defense manufacturing - URL: <https://www.deloitte.com/us/en/insights/industry/aerospace-defense/us-defense-manufacturing-industrial-scale.html>
2. Aerospace & Defense PLM Action Group Announces 80 Use Cases for Digital Twin-Digital Thread Investment - URL: <https://www.cimdata.com/en/news/item/29714-aerospace-defense-plm-action-group-announces-80-use-cases-for-digital-twin-digital-thread-investment>
3. Ammunition Lot Tracking & Inventory Management Software Market - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/ammunition-lot-tracking-inventory-management-software-market-45063>
4. MBDA accelerates engineering processes - URL: <https://militaeraktuell.at/en/mbda-accelerates-engineering-processes/>
5. Future-Proofing Defense Innovation: Accelerate Growth with PLM - URL: <https://webinars.sw.siemens.com/bg-BG/future-proofing-defense-innovation/>
6. BAE Systems Partners with Siemens for Industry 4.0 Revolution - URL: <https://www.design-reuse.com/news/202501858-bae-systems-partners-with-siemens-for-industry-4-0-revolution/>
7. Ammunition Lot Tracking & Inventory Management Software Market - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/ammunition-lot-tracking-inventory-management-software-market-45063>
8. Digital Twin Market Aerospace and Defense growth in 2026 - URL: <https://hivertlab.com/digital-twin-market-aerospace-defense-growth-in-2026/>
9. Top 5 AI Trends Transforming PLM & Digital Thread 2026 - URL: <https://www.demystifyingplm.com/top-5-ai-trends-plm-digital-thread>
10. PLM in the defense industry – strategic tips for CTO - URL: <https://tppsc.com/en/blog/plm-in-the-defense-industry/>

8. Станкостроение

В мировом станкостроении ключевым трендом становится переход от разрозненных инженерных и решений управления производством уровня цеха или отдельной фабрики к сквозной цифровой нити, связывающей

проектирование станка, управление составом изделия, разработку систем ЧПУ, технологическую подготовку, сборку, наладку, испытания, поставку и сервис. Для отрасли это особенно важно из-за высокой сложности мехатронных систем, необходимости быстро выводить новые модели станков на рынок и поддерживать их на протяжении всего жизненного цикла.^{1,2,3}

В контуре проектирования растет роль PLM/PDM, цифровых двойников и средств модельно-ориентированной инженерии. Для станкостроения это означает переход к единому цифровому описанию станка, в котором механика, приводы, кинематика, ЧПУ, технологические режимы и логика управления увязаны в общей структуре изделия. Наиболее показателен подход компаний Siemens и DMG MORI, которые продвигают сквозной цифровой двойник станка, системы ЧПУ и обрабатываемой детали, что позволяет заметно сокращать сроки вывода решения в серию и уменьшать непроизводительные испытания на реальном оборудовании.^{3,4} *Комментарии: DMG Mori AG — немецкий станкостроительный холдинг, специализирующийся на разработке и продаже станков с ЧПУ, технологиями фрезерной, токарной, ультразвуковой и лазерной обработки. Специализируется на рынок для аэрокосмической промышленности, автомобилестроения, добычи полезных ископаемых и металлургии, медицины.*

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией станка, вариантностью, составом поставки, кооперацией и возвратом данных из эксплуатации в инженерный контур. Перспективным направлением становится объединение инженерной структуры изделия с сервисной структурой, чтобы производитель мог сопровождать конкретный станок, его модернизации и цифровой паспорт в течение всего срока службы. Для лидирующих поставщиков ПО это означает смещение PLM от хранения файлов к роли единого достоверного источника данных для проектирования, производства и сервиса.^{1,4}

В производственном контуре усиливается значение CAM, виртуальной отработки управляющих программ, MES/MOM и цифрового двойника обработки. Для отрасли станкостроения это касается как производства самих станков, так и демонстрации заказчику возможностей оборудования через виртуальную обработку и безрисковую проверку программ. Компания Hexagon развивает программное обеспечение NCSIMUL как универсальный цифровой двойник для сертификации и оптимизации G-кода, а компания Sandvik в портфеле продуктов Cimatron (интегрированная CAD/CAM-система) и GibbsCAM (CAM-система) сочетает CAD/CAM, автоматизацию и ИИ-функции для повышения производительности механообработки.^{5,6,7} *Комментарии: 1) NCSIMUL — это программное обеспечение для симуляции, верификации и оптимизации процессов обработки на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Оно создаёт виртуальную среду для тестирования и доработки программ станков перед реальным производством; 2) G-код — это язык программирования, используемый для управления станками с числовым программным управлением (ЧПУ). Он*

служит основой для передачи инструкций станку, определяя его движения, скорость, траектории обработки и другие параметры.

Сквозным технологическим трендом является открытая интероперабельность оборудования и программных систем. В станкостроении это прежде всего развитие интерфейса *umati* (universal machine technology interface; универсальный интерфейс станочной техники) и стандарта OPC UA for Machine Tools, которые создают общую информационную модель обмена данными между станком, MES, ERP, SCADA и аналитическими платформами. Новые версии спецификации расширяют охват эксплуатационных данных, KPI, мониторинга состояния, энергопотребления и управления заданиями, что делает реальнее создание единых программно-аппаратных экосистем на базе открытых интерфейсов.^{8,9} *Комментарии: OPC UA for Machine Tools (UA4MT) — это стандарт, разработанный для обеспечения совместимости и интеграции станков с различными IT-системами в производственных процессах. Он позволяет создавать общий интерфейс между станками разных технологий, производителей и моделей, обеспечивая обмен данными между станками и внешними программными системами.*

Для эксплуатации станков и производственного оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозному обслуживанию, энергомониторингу и повышению общей эффективности использования оборудования. Здесь сближаются EAM/APM, сервисные платформы, аналитика телеметрии и цифровые двойники. Перспективную ценность имеют решения, которые позволяют заранее выявлять аномалии, снижать простой, планировать обслуживание по состоянию и использовать эксплуатационные данные для улучшения следующих поколений станков.^{2,10}

Еще один важный тренд связан с промышленным искусственным интеллектом как надстройкой над CAD/CAM, PLM, сервисом и аналитикой использования оборудования на производстве. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по технологическим знаниям, автоматическое распознавание элементов обработки, помощь в генерации траекторий, анализ отклонений качества и поддержка операторов и наладчиков. Компания Sandvik уже вывела на рынок продукты Manufacturing Copilot - ИИ-ассистент, разработанный компанией Sandvik совместно с Microsoft для программного обеспечения CAD/CAM (Computer-Aided Manufacturing). Он интегрирован в последние версии CAD/CAM-систем Cimatron, GibbsCAM и SigmaNEST. А общий рынок промышленного ПО в 2025-2026 годах явно смещается в сторону ИИ-функций, встроенных в инженерные и производственные платформы.^{6,11}

В целом для станкостроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство станка и его жизненного цикла; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; цифровые двойники станка, ЧПУ и обработки; развитие открытых интерфейсов *umati*/OPC UA; интеграция CAM, MES/MOM и сервисной аналитики; а также применение ИИ там, где он

повышает скорость наладки, надежность, качество и экономичность эксплуатации оборудования.^{1,3,5,8,11}

Источники информации

1. Digital Twin in Manufacturing Market Size, Forecast - URL: <https://evolvancemarketresearch.com/reports/digital-twin-in-manufacturing-market/>
2. Gartner 2026 Manufacturing Predicts: AI and Digital Twins - URL: <https://www.bassetti-group.com/en/manufacturing-gartner-2026-ai/>
3. Digital Innovation from Siemens and DMG MORI Sets New Standard for Machine Tools - URL: <https://www.motionandmechatronics.ca/product-news/siemens-and-dmg-mori-sets/>
4. End-to-end Digital Twin for Machine Tool Machining - URL: <https://www.world-of-industries.com/end-to-end-digital-twin-for-machine-tool-machining/>
5. Software | NCSIMUL - URL: <https://nexus.hexagon.com/home/product/ncsimul/>
6. Sandvik launches Artificial Intelligence in CAM software together with Microsoft - URL: <https://www.home.sandvik/en/news-and-media/news/2024/06/sandvik-launches-artificial-intelligence-in-cam-software-together-with-microsoft/>
7. GibbsCAM Home - URL: <https://www.gibbscam.com/en>
8. OPC UA for Machine Tools integrates inventory systems - URL: <https://umati.org/opc-ua-for-machine-tools-integrates-inventory-systems/>
9. Machine Tools - umati - URL: https://umati.org/industries_machine-tools/
10. Machine Tool Maintenance Service Market Outlook 2026-2034 - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/global-machine-tool-maintenance-service-forecast-market-27154>
11. News - Cimatron - URL: <https://www.cimatron.com/en/news>

9. Специализированное машиностроение

ИЦК «Специализированное машиностроение» объединяет предприятия, которые относятся к отраслям сельскохозяйственного машиностроения, производства устройств распыления и разбрасывания жидкостей и порошков для сельского хозяйства, строительного-дорожного и специального машиностроения (производство гусеничной техники, бульдозеров, трубоукладчиков, прицепной и полуприцепной техники), производство технологического оборудования для пищевой промышленности, упаковочного оборудования.

В мировом специализированном машиностроении — от сельскохозяйственной, строительного-дорожной и специальной техники до пищевого и упаковочного оборудования — ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити изделия и производства. Для этих отраслей это особенно важно из-за высокой вариантности машин, сочетания механики, гидравлики, электроники и ПО, длительного сервиса в полевых условиях и

необходимости быстро адаптировать изделия и продукцию под конкретного заказчика и режим эксплуатации.^{1,2,3}

В контуре проектирования растет роль PLM/PDM, модельно-ориентированной инженерии и цифровых двойников машины. Для сельскохозяйственной и специальной техники это означает переход к единому цифровому описанию изделия, где конструкция, кинематика, системы управления, навесное оборудование, технологические режимы и сервисные данные увязаны в общей структуре. Обзоры по сельскохозяйственной технике показывают, что цифровой двойник все чаще рассматривается не только как инструмент разработки, но и как база для прогнозирования повреждений, обслуживания по состоянию и последующей модернизации машины.^{1,4}

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией, вариантностью, составом изделия, кооперацией поставщиков и возвратом эксплуатационных данных в инженерный контур. Ведущие разработчики ПО усиливают именно эту связку. Компания Siemens продвигает комплексный цифровой двойник изделия, производства и эксплуатации, РТС развивает цифровую нить как непрерывный поток данных по жизненному циклу, а практика британской компании JCB, которая является одним из крупнейших в мире производителей строительной, землеройной и сельскохозяйственной техники, показывает, что PLM и цифровой двойник уже используются как основа цифровизации в производстве специальной техники.^{3,5,6}

В производственном контуре усиливается значение MES/MOM, виртуальной пусконаладки, моделирования производственных сценариев и связи с оборудованием. Для производителей строительно-дорожной техники, прицепов, распылителей, пищевого и упаковочного оборудования это означает задачи по цифровому сопровождению сварки, механообработки, сборки, электромонтажа, испытаний и контроля качества, а также по быстрой переналадке под индивидуальные варианты машины. Перспективным направлением становится перенос части инженерной и производственной логики в виртуальную среду, где можно отрабатывать компоновку, алгоритмы управления, загрузку линий и качество еще до физической сборки.^{2,3,7}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников машины, производственной линии и сервисного контура. Для упаковочного и пищевого оборудования это особенно наглядно. Компания Siemens показывает, что цифровой двойник ускоряет разработку и виртуальную пусконаладку упаковочных машин, а компания Schneider Electric демонстрирует сокращение времени проектирования роботизированных упаковочных систем на 87% за счет программного решения для создания цифровых двойников машин Machine Expert Twin. Для производителей мобильной техники аналогичная логика переносится на виртуальные испытания, удаленную диагностику и обучение сервисных команд.^{7,8,9}

Комментарий: EcoStruxure Machine Expert Twin — это масштабируемое программное решение для создания цифровых двойников машин,

разработанное компанией Schneider Electric. Оно позволяет виртуально проектировать, тестировать и вводить в эксплуатацию машины до их физического создания, что ускоряет разработку, снижает затраты на ввод в эксплуатацию и повышает гибкость производства.

Для эксплуатации техники и производственного оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозному обслуживанию, управлению жизненным циклом узлов и агрегатов, а также по использованию телеметрии в качестве данных, используемых в цикле инженерных улучшений изделий. Для сельскохозяйственных машин это особенно важно из-за тяжелых условий работы и сезонности; для специальной техники — из-за высокой цены простоя; для пищевого и упаковочного оборудования — из-за требований к надежности, санитарии и доступности линии. Поэтому сближаются PLM, EAM/ARPM, телематика, цифровые двойники и аналитика надежности.^{1,4,10}

Еще один важный тренд связан с промышленным искусственным интеллектом как надстройкой над инженерными, производственными и сервисными системами. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по архивам конструкторской и сервисной документации, помощь в конфигурировании вариантов техники, анализ отказов, поддержка сервисных инженеров и оптимизация режимов эксплуатации. Для специализированного машиностроения особенно важна связка ИИ с цифровой нитью и доверенными данными, поскольку изделия часто работают в распределенной сервисной среде и требуют быстрого обновления инженерных решений на основе данных эксплуатации.^{2,5}

В целом для отраслей специализированного машиностроения формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и производства; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; развитие цифровых двойников машины, производства и сервиса; интеграция PLM/PDM, MES/MOM, телематики и сервисной аналитики; использование виртуальной пусконаладки и моделирования; а также применение ИИ в тех задачах, где он повышает скорость вывода изделий, надежность, адаптивность и качество послепродажной поддержки.^{1,2,3,7,8}

Источники информации

1. Digital Twin-Based Approaches for Agricultural Machinery Damage Prediction and Maintenance: A Review - URL: <https://academic.oup.com/jcde/article/12/10/87/8262896>
2. Digital Twin in Manufacturing Market Size, Forecast - URL: <https://evolvancemarketresearch.com/reports/digital-twin-in-manufacturing-market/>
3. Driving innovation through digitalization | Siemens - URL: <https://resources.sw.siemens.com/ru-RU/video-driving-innovation-through-digitalization-using-plm-and-digital-twin/>

4. Digital Twin for Agricultural Machinery: From Concept to Application - URL: <http://journals.caass.org.cn/zhny/EN/10.12133/j.smartag.SA202305007>
5. What is the Business Model for Digital Thread as a Service (DTaaS)? - URL: <https://beyondplm.com/2025/02/22/what-is-the-business-model-for-digital-thread-as-a-service-dtaas-revolution/>
6. Connectivity and Digitalization - John Deere - URL: <https://about.deere.com/en-us/our-company-and-purpose/technology-and-innovation/connectivity-and-digitalization>
7. Improving packaging machinery with digital twin technology - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/industrial-machinery/2025/03/07/packaging-machinery-digital-twin-technology/>
8. Next-gen packaging systems with robotic and digital twin technologies | Schneider Electric - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=ajW6z0hU9XU>
9. Sustainable packaging machine thanks to the Digital Twin - URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/stories/industry/factory-automation/packaging-machine-digital-twin-hugo-beck.html>
10. Digital Twin Technology in Farming | Predictive Maintenance - URL: <https://www.intangles.ai/farming/>

10. Отрасль производства беспилотных авиационных систем

В мировой отрасли производства беспилотных авиационных систем ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити, объединяющей требования, системные модели, аэродинамические и конструкционные расчеты, электронные компоненты, встроенное программное обеспечение, производство, испытания, эксплуатацию и сервис. Для БАС это особенно важно из-за высокой доли электроники и ПО, коротких циклов модернизации, сложной кооперации по компонентам и необходимости быстро переносить данные из эксплуатации обратно в разработку.^{1,2,3}

В контуре проектирования резко возрастает значение модельно-ориентированной инженерии (MBSE), PLM/PDM-систем, средств цифровой инженерии и цифровых двойников. Для БАС это означает переход к единому цифровому определению изделия, где летательный аппарат, полезная нагрузка, каналы связи, бортовое ПО, наземный сегмент и сценарии использования рассматриваются как связанная система. Материалы MathWorks и INCOSE показывают, что модельно-ориентированный подход и цифровая инженерия становятся базой для разработки БАС и автономных систем, а Siemens продвигает комплексный цифровой двойник продукта, производства и эксплуатации для аэрокосмической отрасли.^{4,5,6} Комментарии: 1) *MathWorks* — американская частная компания, специализирующаяся на разработке программного обеспечения для математических вычислений и имитационного моделирования; 2) *INCOSE (International Council on Systems Engineering)* — это некоммерческая организация, специализирующаяся в области системной инженерии.

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления конфигурацией, вариантностью платформы, составом изделия, серийными

изменениями и кооперацией поставщиков. Для производителей БАС особенно важна увязка механики, электроники и встроенного ПО в единой конфигурации, а также контроль совместимости между бортовыми модулями, наземным оборудованием и обновлениями программного обеспечения. В логике лидирующих поставщиков ПО именно PLM превращается из системы хранения файлов в единый достоверный источник данных для инженерии, производства, качества и сервиса.^{2,6,7}

В производственном контуре усиливается значение MES/MOM, прослеживаемости компонентов, цифрового управления качеством и интеграции с испытаниями. Для БАС это означает задачи по контролю партий электроники и аккумуляторов, управлению маршрутами сборки, испытаний, прошивки, настройки полезной нагрузки и летной проверки, а также по быстрому выявлению причин отказов и несоответствий. Практики специализированных платформ для производства БАС подчеркивают, что ключевую ценность здесь создают многослойная прослеживаемость, встроенный контроль качества и единое управление запасами, производством и дефектами.^{7,8}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников БАС и связанной с ними прогнозной аналитики. Для беспилотных систем цифровой двойник важен не только на стадии проектирования, но и для мониторинга состояния, анализа деградации, безопасного планирования миссий, прогнозирования отказов и поддержки обслуживания по состоянию. Современные обзоры по авиационной предиктивной аналитике показывают, что именно сочетание цифрового двойника, управления данными и искусственного интеллекта становится основой перехода к Maintenance 4.0.^{1,9,10} *Комментарии: Maintenance 4.0 — это подход к техническому обслуживанию и ремонту, основанный на принципах Industry 4.0 (Четвёртой промышленной революции). Он предполагает использование передовых технологий для повышения эффективности, надёжности и безопасности оборудования, а также минимизации простоев.*

Для эксплуатации БАС и наземной инфраструктуры наиболее актуальны задачи по сбору телеметрии, управлению ресурсом аккумуляторов, силовых установок и полезной нагрузки, обновлению ПО, анализу инцидентов и возврату эксплуатационных данных в инженерный контур. Для серийных беспилотных платформ это особенно важно, поскольку надежность и стоимость жизненного цикла все сильнее определяются качеством программного сопровождения, диагностикой и скоростью обновления конфигурации. Здесь сближаются PLM, цифровые двойники, флотские сервисные платформы и аналитика надежности.^{2,9,11}

Еще один важный тренд связан с промышленным искусственным интеллектом как надстройкой над инженерными, производственными и эксплуатационными системами. Наиболее перспективны интеллектуальный поиск по конструкторской и полетной документации, поддержка анализа требований и испытаний, автоматизация оценки аномалий в телеметрии,

помощь в планировании миссий и в оптимизации производства. Однако для БАС критически важны доверенность данных, объяснимость выводов ИИ и кибербезопасность цифровой нити, поскольку речь идет о быстро изменяемых системах с высокой зависимостью от программного контура.^{4,9}

В целом для отрасли производства беспилотных авиационных систем формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция разработки механики, электроники и встроенного ПО; развитие цифровых двойников изделия, производства и эксплуатации; внедрение прослеживаемого качества и управления изменениями; а также применение ИИ в задачах проектирования, производства, диагностики и сервисной поддержки.^{2,4,6,7,9}

Источники информации

1. Digital Twin in Aerospace Manufacturing Market Size, Share - URL: <https://evolvancemarketresearch.com/reports/digital-twin-in-aerospace-manufacturing-market/>
2. Digital Twin | Siemens - URL: <https://www.siemens.com/en-us/company/digital-twin/comprehensive-digital-twin-for-industry/>
3. Aerospace Digital Twin - Siemens Digital Industries Software - URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/e-book-aerospace-defense-digital-twin-in-manufacturing/>
4. AeroDef Digital Engineering Series: Innovating Mission Engineering for Tomorrow - URL: <https://www.mathworks.com/company/events/webinars/upcoming/series/aerodef-digital-engineering-series-innovating-mission-engineering-for-tomorrow.html>
5. MBSE Methodology, Digital Engineering Ecosystem & System Architecture Modelling using SysML v2 - URL: <https://www.incose.org/resource/mbse-methodology-digital-engineering-ecosystem-system-architecture-modelling-using-sysml-v2/>
6. Streamlined Solutions for Drone and UAV Manufacturing - URL: <https://manufacturo.com/industries/drone-industry-software/>
7. Revolutionizing Autonomous Devices with Anvyon PLM Solutions - URL: <https://www.anvyon.com/post/revolutionizing-autonomous-devices-with-anvyon-plm-solutions>
8. Integrating Digital Twins, Data Management and Artificial Intelligence for Predictive Maintenance in Aviation - URL: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/dgt2.70029>
9. Integrating digital twin technologies for maintenance 4.0 in the aerospace industry - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132325014672>
10. Drones and Unmanned Systems 2026 Proceedings - URL: https://sensorsportal.com/DOWNLOADS/DAUS_2026_Proceedings.pdf

11. Aviation & RPAS - ESA Space Solutions - URL: <https://business.esa.int/projects/theme/aviation-rpas>

11. Метрология, измерительная техника и контроль качества

В мировой практике метрологии, измерительной техники и контроля качества ключевым трендом становится переход от автономного измерения и постфактум-контроля к сквозному цифровому контуру качества, встроенному в жизненный цикл продукции и производственные процессы. Для отрасли это означает интеграцию CAD-систем и систем PMI (Product and Manufacturing Information - информация об изделии и производстве), программирования измерений, CMM (координатно-измерительных машин), оптической и рентгеновской инспекции, SPC/QMS (Statistical Process Control - статистическое управление процессами) и аналитики в единую информационную среду, где результаты измерений используются не только для приемки, но и для оперативного управления процессом и предупреждения дефектов.^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства быстро растет роль модель-ориентированного качества (model-based quality) и замкнутого цикла контроля качества (closed-loop quality control). Компания Siemens использует этот подход в программном обеспечении NX CMM Inspection Programming: допуски и требования, встроенные в цифровую модель, используются для автоматической генерации измерительных признаков, траекторий контроля и последующего возврата результатов в цифровую модель изделия. Это отражает общий тренд на сближение PLM, САМ-систем автоматизации подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ и CMM-систем управления координационно-измерительными машинами (Coordinate Measuring Machines), ПО, используемого в метрологии и производственного контура в рамках цифровой нити качества.^{3,4,5}

Комментарии: 1) *Model-based quality (модель-ориентированное качество)* — подход к обеспечению качества, который использует модели для анализа, оценки и управления характеристиками продукции, процессов или систем. Суть метода заключается в применении моделей для структурирования информации, автоматизации определения параметров качества и минимизации проблем на этапах проектирования, планирования производства и изготовления; 2) *Closed-loop quality control (замкнутый цикл контроля качества)* — это подход к управлению качеством, который предполагает создание непрерывной обратной связи между этапами производства и анализа данных для постоянного улучшения качества продукции. В отличие от традиционных методов, которые часто ограничиваются постпроизводственным контролем, замкнутые системы обеспечивают проактивный подход: данные о качестве анализируются на протяжении всего производственного цикла, что позволяет своевременно выявлять и предотвращать дефекты; 3) *NX CMM Inspection Programming* — это модуль программного обеспечения от Siemens, который автоматизирует процесс программирования координатно-измерительных машин (CMM или КИМ). Он

позволяет создавать программы контроля для управления измерительным оборудованием, сокращая время на разработку, освобождая ресурсы СММ и обеспечивая быстрое реагирование на изменения в конструкции изделий.

Для специализированного программного обеспечения в метрологии наиболее актуальны задачи по управлению измерительными программами, унификации данных с КИМ, лазерных сканеров, компьютерной томографии, оптических систем и ручных средств измерений, а также по анализу больших массивов результатов. Компания ZEISS развивает Quality Suite и ZEISS INSPECT как единую цифровую платформу для анализа и оценки различных типов измерительных данных, а компания Hexagon в рамках своего ИТ-решения Q-DAS eMMA MDM делает акцент на управлении 3D-данными измерений, инспекционными планами, визуальной аналитике и поддержке производственного цикла от прототипа до серии.^{6,7,8} *Комментарии: ZEISS Quality Suite — это цифровая платформа для метрологии и контроля качества, которая объединяет различные программные решения и сервисы компании ZEISS. Она служит централизованным интерфейсом для работы с технологиями измерений, управления качеством и связанными задачами; 2) ZEISS INSPECT — ключевой компонент ZEISS Quality Suite, представляющий собой программное обеспечение для анализа, визуализации и обработки данных измерений. Это универсальное решение для 3D-инспекции и анализа данных, независимо от технологии измерения; 3) Hexagon DAS eMMA MDM — это модуль программного пакета eMMA (Enterprise Measurement Management Application) от компании Hexagon Manufacturing Intelligence. Это корпоративное ИТ-решение, предназначенное для структурирования и управления 3D-данными измерений, что помогает устранить информационный разрыв в процессах обеспечения качества.*

В области статистического управления качеством и QMS основной тренд состоит не в замене SPC-систем статистического контроля качества на ИИ, а в их объединении. Публикации 2025-2026 годов подчеркивают, что объяснимость, аудируемость и устойчивость SPC-систем остаются критически важными, тогда как ИИ и машинное обучение усиливают раннее обнаружение аномалий, прогноз качества и анализ первопричин. Поэтому наиболее перспективны гибридные архитектуры, где SPC-системы обеспечивают дисциплину процесса и достоверность данных, а ИИ добавляет предиктивность и глубину аналитики.^{9,10}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник в метрологии и контроле качества. Современные материалы, посвященные таким темам, как «цифровые двойники в метрологии» и предсказательному обеспечению качества показывают, что измерительные данные все чаще используются как часть живого цифрового двойника изделия и процесса, где можно обнаруживать отклонения в реальном времени, моделировать причины дефектов и реализовывать замкнутый контур корректирующих воздействий. Это особенно важно для высокоточного машиностроения, электроники, медицинской техники и других отраслей с жесткими допусками.^{1,11,12}

Для эксплуатации измерительного оборудования и лабораторий наиболее актуальны задачи по прослеживаемости измерений, управлению поверкой и калибровкой, состоянием измерительных машин, качеством данных, временем доступности оборудования и интеграцией с корпоративными системами качества. Одновременно растет роль облачных платформ, web-аналитики, мобильного доступа и no-code/low-code-настроек в QMS-контуре, поскольку организациям требуется быстрее разворачивать процессы качества без потери управляемости и соответствия требованиям.^{8,10}

Еще один важный тренд связан с переходом от конечного контроля к встроенному качеству в процессе производства. Решения Siemens для контроля качества комплектующих и современные подходы использования контрольно-измерительных машин подчеркивают, что измерение должно быть встроено в производственный поток, а результаты — сравниваться с моделью, созданной при проектировании изделия и использоваться для корректировки параметров обработки, оснастки и маршрута. Это превращает метрологию из функции контроля в функцию управления качеством и производственной стабильностью.^{3,4}

В целом для области метрологии, измерительной техники и контроля качества формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство качества; интеграция CAD-систем и систем PMI (Product and Manufacturing Information - информация об изделии и производстве), программирования измерений, КИМ, оптической и рентгеновской инспекции, SPC/QMS и аналитики; развитие цифровых двойников качества и предиктивного управления; а также применение ИИ там, где он повышает точность, скорость анализа, раннее выявление отклонений и эффективность принятия решений.^{1,3,6,9}

Источники информации

1. How Digital Twins Will Influence Quality Control in Next Generation Manufacturing - URL: <https://metrology.news/how-digital-twins-will-influence-quality-control-in-next-generation-manufacturing/>
2. What a True Digital Twin Is—and What It Isn't - URL: <https://www.qualitymag.com/publications/3/editions/1453>
3. Part quality control | Siemens - URL: <https://www.siemens.com/en-us/products/nx-manufacturing/part-quality-control/>
4. Driving Next-Gen Manufacturing: Precision with CMM Inspection Programming - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/precision-with-cmm-inspection-programming/>
5. Digital Machine Shop Series: Blog #9 CMM Inspection and Programming - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/nx-manufacturing/digital-machine-shop-series-blog-9-cmm-inspection-and-programming/>
6. ZEISS Quality Suite – Your digital measurement technology platform - URL: <https://www.zeiss.com/metrology/en/software/zeiss-quality-suite.html>

7. ZEISS INSPECT: One Metrology Software - URL: <https://www.zeiss.com/metrology/en/software/zeiss-inspect.html>
8. Q-DAS eMMA | 3D Measurement Data Management | Hexagon - URL: <https://training.q-das.de/en/products/software/q-das-emma-mdm-3d-measurement-data-management>
9. Top QMS Trends for 2026: AI, eQMS, Predictive Quality & Industry 4.0 - URL: <https://www.qualitymag.com/articles/99510-top-qms-trends-for-2026-ai-eqms-predictive-quality-and-industry-40>
10. Trends & Predictions in Quality Management for 2026 - URL: <https://www.studocu.vn/vn/document/dai-hoc-kinh-te-quoc-dan/thuong-mai-quoc-te/trends-predictions-in-quality-management-for-2026/111722647>
11. A digital twin-based framework for predictive quality assurance - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034625008626>
12. Digital Twin in Metrology - URL: <https://www.gum.gov.pl/download/37/12373/DigitalTwininMetrologydost.pdf>

12. Черная и цветная металлургия

В мировой черной и цветной металлургии, включая разведку, добычу, переработку руды, выплавку металла и выпуск конечных изделий, ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити производственного цикла. Для таких предприятий это означает объединение геологоразведочных данных, планирования добычи, технологических моделей переработки, управления активами, производственного учета, качества, энергетики и логистики в едином информационном контуре. Главная причина — необходимость одновременно повышать извлечение и процент выхода годного сырья, снижать простои, управлять качеством и энергозатратами и быстрее принимать решения по всей цепочке «руда - металл - готовое изделие».^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства усиливается роль PLM/PDM, цифровых двойников, технологического моделирования и APS-систем производственного планирования (Advanced Planning and Scheduling). Для металлургии это относится не столько к проектированию конечных изделий, сколько к цифровому описанию производственных мощностей, агрегатов, рецептов, маршрутов, оснастки и сценариев загрузки. Практика добычи и переработки сырья показывает, что процессный цифровой двойник используется как инструмент сценарного анализа, выявления узких мест и ресурсно-календарного планирования, а современные APS-платформы все чаще связываются с MES, ERP и моделями технологического процесса.^{1,4,5}

Для PLM/PDM- и смежных систем управления данными наиболее актуальны задачи управления изменениями, едиными справочниками, версиями технологических маршрутов и цифровой преемственностью данных между добычей, переработкой и металлургическим переделом. Ведущие поставщики индустриального ПО усиливают именно платформенный подход. Исследовательская компания ARC Advisory отмечает расширение PLM в сторону полного цифрового предприятия, компания Siemens продвигает комплексный цифровой двойник продукта, процесса и завода, а Huawei в

материалах по цветной металлургии делает акцент на сквозной цифровой интеллектуальной трансформации производственных процессов как на целевой архитектуре отрасли.^{2,6,7} *Комментарии: ARC Advisory Group — это глобальная исследовательская и консалтинговая компания, специализирующаяся на технологиях для промышленности, энергетики, инфраструктуры и умных городов.*

В производственном контуре ключевое значение имеют MES/MOM, APC–системы усовершенствованного управления технологическими процессами, системы диспетчеризации, лабораторные системы и контуры контроля и обеспечения качества, а также ПО управления производственными процессами и оборудованием. Для горно-металлургических предприятий это означает задачи по увязке добычи и переработки с графиками плавки, управлению шихтой и качеством, синхронизации непрерывных и дискретных переделов, а также по цифровой увязке технологических параметров, состояния оборудования и фактического выхода продукции. Особенно перспективно развитие автономных и полуавтономных контуров управления для дробления, обогащения и других высокопоточных операций.^{1,8}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников процесса, оборудования и предприятия, дополненных промышленным искусственным интеллектом. Реальные кейсы компаний Vale, Siemens и Accenture по автономному дроблению показывают, что цифровой двойник используется для безопасного масштабирования автономных операций, снижения риска и повышения пропускной способности. Компания Hexagon в 2026 году продвигает концепцию Ore to Value как объединение планирования, движения материала и операционного управления на всем пути создания стоимости от руды до товарного продукта.^{8,9} *Комментарии: 1) Vale S.A. (произносится как «Вали С. А.») — бразильская горнодобывающая компания, одна из крупнейших в мире. Специализируется на добыче и переработке железной руды, никеля, а также производстве других минералов и металлов; 2) Hexagon Ore to Value — это концепция, представленная компанией Hexagon в сфере горнодобывающей промышленности в 2026 году. Она направлена на преобразование процесса создания ценности из земных ресурсов путём соединения физической реальности и цифрового интеллекта в единую непрерывно развивающуюся систему.*

Для эксплуатации оборудования и управления производственными активами наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозному обслуживанию, анализу первопричин, энергоменеджменту и оптимизации ремонтных стратегий. Здесь сближаются EAM/APM, системы надежности, цифровые двойники и аналитика процесса. AVEVA в 2026 году была признана лидером в системах управления эффективностью активов (Asset Performance Management), а ее подход строится на объединении инженерных, эксплуатационных и ремонтных данных для предсказуемых, обеспечивающих надежность производственных операциях, что непосредственно соответствует

потребностям металлургических производств с большим парком критичных агрегатов.^{10,11}

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ и переходом от отдельных аналитических моделей к платформам принятия решений. Для черной и цветной металлургии наиболее перспективны оптимизация режимов плавки и обогащения, интеллектуальное управление качеством, автоматический поиск отклонений, прогнозирование износа оборудования и планирование производства в условиях высокой вариативности сырья и спроса. При этом практическая ценность ИИ возникает только при наличии контекстуализированных данных, стандартизированной модели предприятия и тесной интеграции с MES, APS, EAM/APM и технологическими системами.^{5,12}

В целом для горно-металлургических предприятий полного цикла формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство по всей цепочке от руды до металлоизделия; сквозное управление данными и цифровой нитью; развитие процессных и эксплуатационных цифровых двойников; интеграция систем таких классов, как APS, MES/MOM, APC, EAM/APM и аналитики качества; а также использование ИИ там, где он повышает извлечение, выход годного сырья, надежность, энергоэффективность и скорость принятия решений.^{1,2,5,8,10,12}

Источники информации

1. The Benefits of Process Digital Twin Technology in the Mining Industry - URL: <https://www.simio.com/blog/benefits-process-digital-twin-technology-mining-industry>
2. What is Next for Product Lifecycle Management (PLM) - URL: <https://www.arcweb.com/technologies/what-next-product-lifecycle-management>
3. GOING DIGITAL & INTELLIGENT WITH AI - Huawei - URL: <https://www-file.huawei.com/admin/asset/v1/pro/view/58df7c29f7384b6093504c1269f31f7a.pdf>
4. APS Software Statistics 2026 - URL: <https://decisionbrain.com/aps-software-statistics-2026/>
5. Digital twin: The living blueprint | Siemens - URL: <https://www.siemens.com/en-us/company/digital-twin/>
6. Introducing Digital Twin Composer - Siemens - URL: <https://www.siemens.com/en-us/company/digital-transformation/industrial-metaverse/introducing-digital-twin-composer/>
7. GOING DIGITAL & INTELLIGENT WITH AI - Huawei - URL: <https://www-file.huawei.com/admin/asset/v1/pro/view/58df7c29f7384b6093504c1269f31f7a.pdf>
8. Autonomy at Scale: Digital Twin and Advanced Control for High Throughput Crushing Operations - URL:

<https://www.hannovermesse.de/event/autonomy-at-scale-digital-twin-and-advanced-control-for-high-throughput-crushing-operations/ev-2062541>

9. Hexagon on material flow intelligence and an Ore to Value vision - URL: <https://im-mining.com/2026/04/29/hexagon-on-material-flow-intelligence-and-an-ore-to-value-vision/>

10. AVEVA Named a Leader in IDC MarketScape for Manufacturing Asset Performance Management 2025–2026 - URL: <https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2026/aveva-named-a-leader-in-idc-marketscape-for-manufacturing-asset-performance-management/>

11. AVEVA Named a Leader in Verdantix Green Quadrant for Asset Performance Management - URL: <https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2026/aveva-named-a-leader-in-verdantix-green-quadrant-for-asset-performance-management/>

12. 10 insights on how AI is transforming manufacturing - URL: <https://iot-analytics.com/industrial-ai-market-insights-how-ai-is-transforming-manufacturing/>

13. Химия и фармацевтика

13.1. Химия

В мировой химической промышленности, включая производство удобрений, пластмасс, полимеров, композитов и конечных изделий из них, ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити от разработки рецептур и подготовки производства до управления непрерывными и дискретными переделами, качеством, энергией и эксплуатацией активов. Для отрасли это особенно важно из-за высокой энергоемкости, сложной взаимосвязи технологических параметров, жестких требований к безопасности и качеству, а также необходимости быстро адаптировать ассортимент и режимы под сырье, спрос и экологические ограничения.^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства усиливается роль PLM/PDM, цифровых двойников технологических установок, моделирования процессов и управления данными рецептур, спецификаций и изменений. Для химии это означает переход к единому цифровому описанию продукта и процесса, где свойства материала, технологический маршрут, параметры оборудования, требования к качеству и нормативные ограничения связаны в общей модели. Современные обзоры по химической инженерии подчеркивают, что цифровой двойник становится интегрированной средой для моделирования, оптимизации, мониторинга и последующего улучшения процессов.^{1,4,5}

Для PLM/PDM и смежных систем управления данными наиболее актуальны задачи управления вариантностью рецептур и марок, изменениями спецификаций, кооперацией НИОКР и производства, а также цифровой преемственностью между лабораторией, пилотным участком и промышленной установкой. В отрасли все заметнее смещение PLM к роли основы цифровой нити. Специалисты компании Aras (разработчик PLM-систем) отмечает, что

89% промышленных компаний считают концепцию «цифровой нити» критически важной для успеха следующих поколений технологий, а современные PLM-подходы связывают данные разработки, качества, поставок, ERP и эксплуатации в единый доверенный контур.^{2,6,7}

В производственном контуре ключевое значение имеют MES/MOM, APC-системы усовершенствованного управления технологическими процессами, системы управления качеством, лабораторные контуры и производственная аналитика. Для химических предприятий это означает задачи по синхронизации непрерывных процессов и производства партий изделий, управлению рецептурами, отслеживанию отклонений, стабилизации качества, снижению удельного расхода энергии и сырья и повышению выпуска товарной продукции. Компания AVEVA (один из мировых лидеров в области промышленного ПО) для химической отрасли прямо продвигает связку единого управления операциями (unified operations management), MES и APC, где модельно-предиктивное управление используется для увеличения производительности оборудования, повышения качества и снижения энергопотребления.^{3,8,9}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников процесса, оборудования и производственного комплекса, дополненных промышленным искусственным интеллектом. Для удобрений, полимеров и композитов это особенно важно, поскольку цифровой двойник позволяет заранее оценивать влияние состава сырья, режимов и ограничений оборудования на качество, выход и устойчивость процесса. Практические обзоры по химической отрасли показывают, что цифровые двойники все активнее применяются для оптимизации, энергоэффективности, уменьшения простоев, обучения персонала и повышения безопасности.^{1,4,10}

Для эксплуатации оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозируемому обслуживанию, управлению надежностью, техническими рисками и жизненным циклом критичных активов. Здесь сближаются EAM/APM, предиктивная аналитика, цифровые двойники и контуры непрерывного улучшения. Компания AVEVA в своих публикациях в 2025-2026 годах подчеркивает для химических компаний важность надежных операций, а ее решения по управлению эффективностью активов и операций (Asset Performance и Operations) ориентированы на объединение технологических, инженерных и эксплуатационных данных в единой среде промышленного интеллекта.^{3,8}

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ и аналитикой принятия решений. Наиболее перспективны интеллектуальная оптимизация режимов, обнаружение аномалий, прогноз качества, анализ первопричин, поддержка операторов и быстрое тиражирование лучших производственных практик между площадками. Однако для химической отрасли практическая ценность ИИ возникает только при наличии стандартизированных данных, контекста процесса и тесной интеграции с MES, APC-системами, лабораторными системами и платформами управления активами.^{2,9}

В целом для отрасли химии формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство продукта, процесса и производства; сквозное управление данными и цифровой нитью; развитие цифровых двойников процесса и оборудования; интеграция PLM/PDM, MES/MOM, APC, качественных и эксплуатационных контуров; а также использование ИИ там, где он повышает стабильность, энергоэффективность, качество, скорость переналадки и надежность производства.^{1,2,3,8,9}

Источники информации

1. Digital twins in chemical engineering: An integrated approach - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0098135425001826>
2. 89% of Industrial Companies Recognize the Digital Thread is Essential to Success - URL: <https://aras.com/en/news/press-releases/2025/05/89-of-industrial-companies-recognize-the-digital-thread-is-essential-to-success>
3. Chemical Industry Software Solutions - AVEVA - URL: <https://www.aveva.com/en/industries/chemicals/>
4. 12 Game-Changing Ways Digital Twins Can Boost the Chemical Industry - URL: <https://kongsbergdigital.com/blog/12-game-changing-ways-digital-twins-can-boost-the-chemical-industry>
5. The Role of Digital Twins in Chemical Manufacturing - URL: <https://www.deskera.com/blog/digital-twins-in-chemical-manufacturing/>
6. PLM in 2025: Trends & business impact - URL: <https://bluestarplm.com/article/plm-in-2025-trends-business-impact/>
7. Digital Thread Solutions | Seamless Engineering Data - URL: <https://tftsc.com/en/solutions/digital-thread/>
8. AVEVA APC - Advanced Process Control - URL: <https://www.aveva.com/en/products/apc/>
9. AVEVA Manufacturing Execution System | Optimize - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=OQEgP9J799Y>
10. Digital Twins in Chemical Manufacturing: Process Optimization with Real-Time Insights - URL: <https://ifactoryapp.com/industries/chemical-plant/digital-twins-chemical-manufacturing-process-optimization>

13.2. Фармацевтика

В мировой фармацевтической промышленности ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити от исследований и технологического трансфера до серийного производства, качества, выпуска серии и управления поставками. Для отрасли это особенно важно из-за высокой регуляторной нагрузки, критичности целостности данных, роста сложности молекул и форм, а также необходимости быстрее переносить знания между НИОКР, разработкой процесса и коммерческим выпуском. Siemens прямо описывает этот сдвиг как движение «от молекулы к рынку»

(«from molecule to market»), где разрывы между стадиями разработки и производства становятся главным источником риска, задержек и переделок.^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства растет роль PLM/PDM, лабораторной информатики, цифровых двойников и средств модельной разработки (model-based process development). Для фармацевтики это означает переход к единому цифровому описанию продукта и процесса, где формула, критические параметры качества, технологические режимы, оснастка, спецификации и требования валидации увязаны в общей модели. Дорожная карта ETERNAL по внедрению процессно-аналитических технологий PAT и цифровых двойников в европейской фармацевтической промышленности показывает, что именно связка процессной аналитики, моделей и цифровых двойников рассматривается как основа для более масштабируемого, устойчивого и управляемого производства.^{4,5}

Комментарий: 1) Средства модельной разработки (Model-Based Development, MBD) — это набор инструментов, методов и технологий, которые позволяют создавать, моделировать, тестировать и верифицировать сложные системы с использованием цифровых моделей. Этот подход заменяет традиционное кодирование на создание и использование абстрактных моделей как основного инструмента разработки; 2) Дорожная карта ETERNAL по внедрению PAT — это стратегический документ, который визуализирует план внедрения процессно-аналитических технологий (PAT - Process Analytical Technology) в производственных процессах, особенно в фармацевтической, биотехнологической или химической отраслях. Она определяет ключевые этапы внедрения, цели, сроки, ответственных лиц и ключевые этапы реализации проекта.

Для PLM/PDM и смежных систем управления данными наиболее актуальны задачи по управлению изменениями, техтрансферу, рецептурам, мастер-данным и цифровой преемственности между разработкой, пилотным производством и коммерческой площадкой. Полезным индикатором является сделка Siemens по приобретению Dotmatics (компания, специализирующаяся на разработке научного программного обеспечения для исследований и разработок (R&D) в области биологии, химии, материаловедения и фармацевтики). Ее продукты помогают ученым систематизировать данные, ускорять разработку лекарств и делать научные открытия: компания прямо позиционирует ее как шаг к созданию сквозной цифровой нити для «наук о жизни» (биологии, биохимии, биоинформатики и пр. - Life Sciences) от исследований до производства. Это показывает, что лидирующие разработчики ПО смещаются от отдельных инженерных и лабораторных систем к единой платформенной архитектуре отрасли.^{2,6}

В производственном контуре ключевое значение имеют MES/MOM, электронные производственные записи, системы качества, процессно-аналитические технологии PAT и автоматизация процессов анализа данных, которые говорят об отклонениях и аномалиях (review by exception). Для фармацевтических предприятий это означает задачи по безбумажному

ведению серий, сокращению времени выпуска, управлению отклонениями, интеграции с ERP и технологическим оборудованием, а также по обеспечению полной прослеживаемости действий персонала и параметров процесса. Компания MasterControl (компания, которая предоставляет облачные программные решения для управления качеством и соблюдением нормативных требований в сфере наук о жизни и других регулируемых отраслях) и другие поставщики соответствующих отраслевых MES-систем подчеркивают, что современная платформа должна одновременно обеспечивать соответствие нормативным требованиям и лучшим практикам (GxP - Good Practice), интеграцию качества и производства и готовность к меньшим сериям и более вариативным продуктам.^{7,8,9}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников фармацевтических процессов и оборудования, дополненных промышленным искусственным интеллектом. Публикации 2025-2026 годов показывают, что цифровой двойник в фармацевтической промышленности используется для уменьшения варибельности процесса, ускорения масштабирования, обучения персонала, прогнозирования отклонений качества и повышения устойчивости производства. Особенно перспективна связка цифрового двойника с процессно-аналитическими технологиями (PAT) и контекстуализированными производственными данными, поскольку она создает основу для более раннего обнаружения рисков и более точной настройки процесса.^{4,10,11}

Для эксплуатации оборудования и управления производственными активами наиболее актуальны задачи по прогнозному обслуживанию, цифровому контролю состояния, валидации изменений и поддержанию надежности чистых помещений, инженерных систем и критичного оборудования. Здесь сближаются EAM/APM, аналитика надежности, MES и контуры качества. Для фармацевтики это важно не только с точки зрения снижения простоев, но и как средство обеспечения стабильности процесса и соблюдения нормативных требований к документированию и повторяемости.^{1,10}

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ, который переходит от вспомогательной аналитики к поддержке принятия решений в качестве, производстве и исследованиях и разработке (R&D). Наиболее перспективны интеллектуальный анализ серийных данных, выявление причин отклонений, помощь при подготовке документации, прогноз качества и поддержка техтрансфера между площадками. Однако практическая ценность ИИ в фарме возникает только при наличии целостной цифровой нити, качественного управления данными и доказуемой прослеживаемости всех значимых решений.^{1,2,8}

В целом для фармацевтической промышленности формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство от «молекулы до рынка»; сквозное управление данными и изменениями; развитие цифровых двойников процесса

и оборудования; интеграция PLM/PDM, лабораторных систем, MES/MOM, PAT и качества; а также применение ИИ там, где он повышает скорость техтрансфера, стабильность процесса, соответствие требованиям (комплаенс) и скорость выпуска продукции.^{2,4,7,8,10}

Источники информации

1. Molecule to market: Digital transformation trends in pharma - URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/video-molecule-to-market-digital-transformation-trends-in-pharma/>
2. Siemens completes acquisition of Dotmatics - URL: <https://news.siemens.com/en-us/dotmatics-closing/>
3. Acquisition of Dotmatics - Investor Presentation - URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:cebc3169-639f-4195-ad17-6896923c768f/250402-investor-presentation.pdf>
4. Roadmap for PAT and Digital Twins in the EU Pharmaceuticals Industry - URL: http://www.eternalproject.eu/news/pat_digital-twin_roadmap/
5. Roadmap for the adoption of PAT and digital twin technologies in the European Pharmaceutical Industry - URL: <https://zenodo.org/records/12793842>
6. Siemens completes acquisition of Dotmatics - URL: <https://news.siemens.com/en-us/dotmatics-closing/>
7. Manufacturing Execution & Quality Management Software Solutions - URL: <https://www.mastercontrol.com>
8. MasterControl Manufacturing Software Solutions - URL: <https://www.seerpharma.com/mastercontrol/manufacturing-software-solutions>
9. Master-control-pharma-manufacturing-resources - URL: <https://www.pharmafocuseurope.com/promotion/master-control-pharma-manufacturing-resources>
10. Digital Twins - Transforming the Future of Pharma Manufacturing - URL: <https://tsquality.ch/digital-twins-transforming-the-future-of-pharma-manufacturing/>
11. Advancing Pharmaceutical Manufacturing with Digital Twin Technology - URL: <https://ajprd.com/index.php/journal/article/download/1518/1535>

14. Отрасль производства электроники и микроэлектроники

В мировой электронике и микроэлектронике ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити, которая связывает разработку изделия и кристалла, проектирование печатных узлов, подготовку производства, запуск линий, серийный выпуск, контроль качества, поставки и сервис. Для отрасли это особенно важно из-за экстремальной сложности изделий, коротких циклов обновления, высокой доли кооперации и критичности полной прослеживаемости по компонентам, партиям, ревизиям и технологическим маршрутам.^{1,2,3}

В контуре проектирования резко возрастает роль связки ECAD-систем автоматизированного проектирования радио-электронной аппаратуры (РЭА), печатных плат и электронной компонентной базы (ЭКБ), PLM/PDM-систем, цифровых двойников и средств совместной разработки электроники, корпуса

и встроенного ПО. Для микроэлектроники это означает переход к единому цифровому описанию, в котором топология, верификация, технологические ограничения, корпусирование, тестопригодность и производственные данные связаны между собой. Компании Siemens, Cadence и Synopsys в 2025-2026 годах явно делают ставку на ИИ в ECAD/EDA, ускорение сложных верификационных и signoff-процессов, а также на более тесную интеграцию проектных потоков с производственным контуром.^{3,4,5} *Комментарий: Signoff-процесс в производстве электроники — это финальный этап проверки и валидации проекта интегральной схемы (IC) перед передачей на производство (tape-out). Этот процесс включает серию проверок (rigorous checks), чтобы убедиться, что дизайн соответствует всем функциональным, временным, энергетическим, физическим требованиям и готов к изготовлению.*

Для PLM/PDM и смежных систем управления данными наиболее актуальны задачи управления конфигурацией изделия, вариантностью, инженерными изменениями, библиотеками компонентов и цифровой преемственностью между разработкой, контрактным производством и эксплуатацией. В электронике это особенно важно из-за постоянной замены элементной базы, пересборки спецификаций и необходимости быстро оценивать влияние изменений на стоимость, технологичность и сроки. Общие отраслевые тренды PLM в дискретном производстве и распространение концепции цифровой нити в 2025-2026 годах подтверждают смещение от локальных инженерных репозиторий к единому доверенному контуру данных.^{2,6}

В производственном контуре ключевое значение имеют MES/MOM, прослеживаемость, управление незавершенными работами (WIP - Work in Progress), оперативное диспетчирование и интеграция с испытательным и технологическим оборудованием. Для производства электроники и особенно микроэлектроники это означает задачи по контролю партий и пластин, маршрутов, рецептов, параметров оборудования, тестов, отклонений и выхода годного в реальном времени. Технологии, заложенные в такое программное обеспечение, как Siemens Opcenter и Critical Manufacturing говорят о том, что для производства электроники и микроэлектроники стратегическим ядром цифрового производства становятся прозрачность и прослеживаемость и гибкий слой технологий управления производством (execution layer) поверх оборудования и процессов.^{7,8,9} *Комментарий: Siemens Opcenter — это портфель решений для управления производственными операциями (Manufacturing Operations Management, MOM). Это программное обеспечение, которое помогает оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность, качество продукции и прозрачность операций; 2) Siemens Critical Manufacturing — это Manufacturing Execution System (MES) — система оперативного управления производственными процессами. Она разработана для сложных высокотехнологичных отраслей, таких как производство полупроводников, электроники, медицинских устройств и дискретное производство.*

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников изделий, фабрик и технологических процессов, дополненных промышленным искусственным интеллектом. Для микроэлектроники это особенно важно на фоне усложнения литографии, корпусирования, производства трехмерных интегральных схем (3D IC) и растущих требований к получению качественных изделий без брака «с первого раза» (first-pass success). Партнерства Siemens с компаниями TSMC, Cadence с NVIDIA и партнерство компании Synopsys с NVIDIA показывают, что лидеры рынка объединяют ECAD/EDA, ИИ, ускоренные вычисления и физическое моделирование, чтобы сокращать время вывода решений, повышать качество проектирования и лучше связывать проектный и производственный контур.^{4,5,10}

Для эксплуатации оборудования и управления производственными активами наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозному обслуживанию, управлению загрузкой узких мест и анализу причин отклонений качества. В микроэлектронике стоимость простоя и потери выхода особенно высока, поэтому здесь сближаются MES, аналитика оборудования, цифровые двойники и предиктивные модели. Отраслевые обзоры по умным производствам (smart manufacturing) и цифровым двойникам в производстве подчеркивают, что именно сочетание прослеживаемости, телеметрии и моделей становится основой повышения устойчивости и производительности сложных производств.^{1,9,11}

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ, который в электронике и микроэлектронике переходит от точечных помощников к платформенной функции ECAD/EDA и производства. Наиболее перспективны интеллектуальный анализ данных верификации и тестирования, ускорение подготовки сценариев автоматизации, оптимизация маршрутов и параметров процесса, раннее выявление дефектов и поддержка инженерных решений по переносу производства. При этом практическая ценность ИИ возникает только при наличии качественной архитектуры данных, контекстной модели производства и тесной интеграции с ECAD/EDA, PLM и MES.^{4,8,10}

В целом для отрасли производства электроники и микроэлектроники формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство от проектирования до серийного выпуска; сквозное управление конфигурацией и цифровой нитью; интеграция ECAD/EDA, PLM/PDM, MES/MOM и тестовых контуров; развитие цифровых двойников изделия, фабрики и оборудования; а также применение ИИ там, где он повышает скорость проектирования, выход годного, надежность и адаптивность производства.^{2,3,7,8,10}

Источники информации

1. Digital Twin in Manufacturing Market Size, Forecast - URL: <https://evolvancemarketresearch.com/reports/digital-twin-in-manufacturing-market/>

2. Digital Thread Market Size, Share & Growth Report, 2034 - URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-thread-market-113704>
3. Siemens & TSMC to advance AI for semiconductor design - URL: <https://news.siemens.com/en-us/siemens-eda-tsmc-technology-symposium-2026/>
4. Synopsys | EDA Tools, Semiconductor IP & Systems Verification - URL: <https://www.synopsys.com>
5. The Embrace Of AI In Design Transforms Cadence And Its Customers - URL: <https://www.nextplatform.com/ai/2026/04/16/the-embrace-of-ai-in-design-transforms-cadence-and-its-customers/5217962>
6. Manufacturing Software Trends and Outlook - URL: <https://www.abiresearch.com/blog/manufacturing-software-trends-outlook>
7. Unlocking the future of Semiconductor Manufacturing - Opcenter - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/opcenter/unlocking-the-future-of-semiconductor-manufacturing/>
8. Critical Manufacturing MES - URL: <https://www.criticalmanufacturing.com>
9. Rethinking MES: The Strategic Core of Digital Manufacturing - URL: <https://www.criticalmanufacturing.com/blog/rethinking-mes-the-strategic-core-of-digital-manufacturing/>
10. Synopsys and NVIDIA Forge AI Powered Future for Chip Design and Multiphysics Simulation - URL: <https://semiwiki.com/eda/363148-synopsys-and-nvidia-forge-ai-powered-future-for-chip-design-and-multiphysics-simulation/>
11. MES Trends 2025 for Smart Manufacturing - URL: <https://www.znt-richter.com/en/blog/mes-trends-2025-for-smart-manufacturing>

15. Легкая промышленность

В мировой легкой промышленности — от текстиля и одежды до обуви, кожгалантереи, меховых изделий и средств индивидуальной защиты — ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити изделия и коллекции. Для отрасли это означает объединение дизайна, конструкторской подготовки, спецификаций материалов, разработки лекал, расчета себестоимости, кооперации с поставщиками, производства, контроля качества и вывода продукции на рынок в едином информационном контуре. Главный драйвер этого перехода — необходимость ускорять разработку коллекций, повышать прозрачность цепочки поставок и быстро адаптироваться к регуляторным требованиям и спросу.^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства быстро растет роль специфических отраслевых технологий PLM, PDM, 3D-проектирования, виртуальных образцов и цифрового продукта. Для легкой промышленности это означает переход от разрозненных таблиц, файлов и образцов к единому цифровому описанию модели, материалов, размерных рядов, фурнитуры, требований по соответствию и технологических параметров. Обзоры 2025-2026 годов и материалы компании Lectra, которая является одним из ведущих поставщиков ПО для легкой промышленности, подчеркивают, что современный PLM в моде, обуви и изделиях из мягких материалов становится

центральной системой управления продуктом и совместной работы по всей цепочке создания коллекции.^{1,4,5} *Комментарий: Lectra — французская компания, разработчик программного обеспечения и оборудования для промышленности. Специализируется на технологиях для отраслей, использующих мягкие материалы, такие как кожа и текстиль.*

Для PLM/PDM-систем наиболее актуальны задачи управления вариантностью моделей, сезонными коллекциями, спецификациями материалов, кооперацией поставщиков и цифровой преемственностью от дизайна до производства. Компания Lectra развивает платформу Kubix Link как облачную платформу, объединяющую функционал систем PLM (управление жизненным циклом продукта), PIM (Product Information Management - система управления информацией о продукте) и DAM (Digital Asset Management - система управления цифровыми активами), а компания Centric Software, специализирующаяся на системах управления жизненным циклом изделий для индустрий розничной торговли, одежды и моды, обуви, предметов роскоши и потребительских товаров, усиливает PLM-системы ИИ-функциями для ускорения разработки изделий в одежде, обуви и аксессуарах. Это показывает, что лидирующие разработчики ПО уже рассматривают PLM не как узкий инженерный модуль, а как операционное ядро цифрового продукта и коллекции.^{5,6,7} *Комментарий: Lectra Kubix Link — это облачная платформа для управления жизненным циклом продуктов (Product Lifecycle Management, PLM) в сфере моды. Она объединяет несколько ключевых функций для оптимизации бизнес-процессов в индустрии моды, включая дизайн, производство, дистрибуцию и маркетинг.*

В производственном контуре ключевое значение имеют MES-системы, системы контроля качества, прослеживаемость партий материалов и полуфабрикатов, а также цифровое сопровождение раскроя, швейных, трикотажных, обувных и отделочных процессов. Для текстиля и одежды особенно важны онлайн-контроль качества, снижение отходов, управление переналадкой и прозрачность выполнения заказа, а для средств индивидуальной защиты (СИЗ) — дополнительная прослеживаемость материалов, испытаний и соответствия требованиям безопасности. Практика текстильных MES-решений показывает, что именно сочетание реального времени, контроля качества и аналитики потерь становится базой повышения эффективности отрасли.^{2,8}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой паспорт продукта и расширенная прослеживаемость по цепочке поставок. Для текстиля, обуви и изделий из кожи это уже связано не только с маркетингом, но и с подготовкой к требованиям (например, в ЕС — это Digital Product Passport, цифровой паспорт изделия), прозрачности происхождения материалов, составу изделия и экологическим характеристикам. Публикации компаний SGS (швейцарская компания, предоставляющая услуги по независимой экспертизе, контролю, испытаниям и сертификации), Intertek (глобальная компания, предоставляющая услуги в области обеспечения

качества, тестирования, инспекции и сертификации продукции, операций и цепочек поставок) и TrusTrace (глобальная компания, специализирующаяся на разработке SaaS-платформы для обеспечения прозрачности цепочек поставок и отслеживаемости продукции) показывают, что отрасль быстро движется к модели, где данные о продукте, составе, производстве и поставщиках должны быть связаны с PLM и платформами сбора информации о жизненном цикле товаров в цепочке поставок (traceability-платформами) на протяжении всего жизненного цикла.^{3,9,10}

Для эксплуатации производственного оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, снижению простоев, прогнозному обслуживанию и повышению энергоэффективности линий. Для текстильных и обувных производств это особенно важно из-за высокой доли серийно-поточных операций и чувствительности качества к состоянию оборудования. Одновременно растет роль ИИ в автоматическом контроле дефектов ткани, оптимизации раскладки, планировании и поддержке дизайнеров и технологов, что подтверждается и отраслевыми обзорами по использованию технологии искусственного интеллекта для производства текстильной продукции.^{2,11}

Еще один важный тренд связан с внедрением генеративного и прикладного ИИ в контуры разработки продукта и управления коллекциями. Наиболее перспективны ускорение эскизирования, подбор вариаций моделей, интеллектуальная работа с ассортиментом, помощь в планировании коллекций и поддержка решений по закупкам и срокам. Компания Centric уже внедряет в своих PLM-продуктах специфические для отрасли моды модели ИИ, а в разработках компании Lectra акцент смещается на облачную платформенность, интеграцию данных и устойчивость процессов разработки и запуска коллекций.^{6,7,12}

В целом для легкой промышленности формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство изделия и коллекции; сквозное управление данными и цифровой нитью; развитие PLM/PDM, 3D-проектирования и виртуальных образцов; интеграция PLM, MES, прослеживаемость в производственных цепочках и контуров качества, а также применение ИИ там, где он повышает скорость разработки, качество, прозрачность поставок и адаптивность производства.^{1,2,3,5,6}

Источники информации

1. Fashion Industry Outlook: Why Digital PLM Leads 2026 - URL: <https://www.desl.net/news/fashion-industry-outlook-2026-plms-role-in-digital-future/>
2. Smart manufacturing: how MES is redefining textile quality - URL: <https://bmsvision.com/solutions/quality-efficiency-in-the-textiles-industry>
3. Traceability, Transparency and Digital Product Passport - URL: <https://www.sgs.com/en-se/webinars/2026/03/traceability-and-digital-product-passport-solutions-for-softlines>

4. 3D Fashion Design Software Market Evolution 2026: Trends, Growth - URL: <https://www.style3d.com/blog/how-is-the-3d-fashion-design-software-market-evolving-in-2025/>
5. Kubix Link Fashion PLM and more - URL: <https://www.lectra.com/en/fashion/products/kubix-link-plm>
6. Centric AI Fashion Inspiration for emerging brands - URL: <https://www.theinterline.com/2024/12/06/new-generative-ai-tool-supercharges-the-design-process-for-emerging-brands/>
7. Skechers China Strengthens Product Development and Margins with Centric PLM - URL: <https://www.centricsoftware.com/press-releases/skechers-china-strengthens-product-development-and-margins-with-centric-plm>
8. Smart manufacturing: how MES is redefining textile quality - URL: <https://bmsvision.com/solutions/quality-efficiency-in-the-textiles-industry>
9. Preparing US Apparel and Footwear Brands for EU Traceability - URL: <https://www.intertek.com/blog/2026/01-19-the-digital-product-passport-revolution/>
10. How Fashion Brands Can Prepare for the EU Digital Product Passport - URL: <https://trutrace.com/knowledge-hub/how-fashion-brands-can-prepare-for-the-eu-digital-product-passport-a-practical-guide-1>
11. AI in Textile Market Size to Worth USD 68.44 Billion by 2035 - URL: <https://finance.yahoo.com/news/ai-textile-market-size-worth-081800362.html>
12. Kubix Link, fashion PLM and more - URL: <https://www.lectra.com/de/produkte/kubix-link>

16. Сфера торговли

В мировой торговле ключевым трендом становится переход от разрозненных контуров учета, мерчандайзинга, логистики, электронной коммерции и магазинов к сквозной цифровой нити товарного жизненного цикла и операционного контура. Для отрасли это означает объединение данных о товаре, ассортименте, ценах, запасах, промоакциях, заказах, поставках и поведении покупателей в едином информационном пространстве. Главная цель такого перехода — быстрее принимать решения по ассортименту и запасам, снижать количество ситуаций отсутствия на складе или торговом зале товара, запрашиваемого покупателем, синхронизировать каналы продаж и повышать управляемость торговых операций.^{1,2,3}

Если трактовать запрос широко, применительно к торговле наиболее релевантны не только ERP-системы и WMS-системы складской логистики, но и ПО классов PLM/PIM/PDM для управления товаром как объектом жизненного цикла, особенно в рознице с собственными торговыми марками, в сфере торговли одеждой, обувью и аксессуарами (fashion), товарами, связанными с обустройством дома (household) и продукцией, которая производится третьей стороной по заказу ритейлера, но продаётся под его брендом (private label). Здесь ключевой задачей становится цифровая преемственность данных от концепции товара и выбора поставщика до вывода в канал продаж, промо, обратной связи и вывода из ассортимента. Общие тренды 2025-2026 годов, связанные с PLM-концепцией управления

жизненным циклом и цифровой нитью (digital thread) подтверждают, что именно связность данных становится основой ИИ, автоматизации и управляемой многоканальной торговли.^{2,4,5}

Для контуров подготовки и исполнения торговых операций ключевое значение имеют системы планирования ассортимента, управления запасами, ценообразованием, омниканальными заказами, системы продаж в точке обслуживания (POS) и исполнения в магазине. Компания SAP в своих продуктах делает акцент на использовании технологий искусственного интеллекта для управления ассортиментом, управлением складскими запасами в реальном времени и интегрированным омниканальным продвижением товаров, а компания Salesforce развивает технологии Retail Cloud и Agentforce for Retail как единую платформу для системы продаж в точке обслуживания (POS), управления заказами, реализации процессов, которые помогают покупателям найти подходящий продукт или услугу, соответствующую их потребностям, и принять решение о покупке (guided shopping) и использовании программных систем (например, ИИ-агентов, инструментов автоматизации) для выполнения задач, которые традиционно выполнялись людьми (digital labor). Это показывает, что лидеры рынка смещают фокус с отдельных приложений на интегрированную операционную платформу торговли.^{6,7,8}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник торговой сети, магазина, склада и товарных потоков. В торговле цифровые двойники используются для моделирования планировок магазина, оценки сценариев спроса, оптимизации пополнения, тестирования промоакций и повышения точности управления запасами. Исследования и практические кейсы, связанные с реализацией подхода создания цифровых двойников в торговле показывают, что сочетание технологий радиочастотной идентификации (RFID), POS, складских данных и аналитики в реальном времени позволяет уменьшать дефицит товара, улучшать видимость операций и быстрее выявлять отклонения.^{1,9,10}

Для эксплуатации торговой инфраструктуры и оборудования наиболее актуальны задачи по мониторингу холодильного, кассового, складского и логистического оборудования, прогнозируемому обслуживанию и управлению надежностью сервисного контура. Одновременно растет важность синхронизации товарных данных, клиентских событий и операционных сигналов практически в реальном времени (или около того), поскольку именно эта основа требуется для агентных и рекомендательных ИИ-систем. Отраслевые обзоры по использованию технологий искусственного интеллекта в цепочках поставок в 2026 году прямо указывают на рост роли цифровых двойников цепочек поставок, прогнозной аналитики и технологии агентского искусственного интеллекта в управлении цепочками поставок и торговыми операциями.^{1,3}

Еще один важный тренд связан с промышленным и прикладным ИИ, который в торговле быстро переходит от рекомендаций к полуавтономному

выполнению операций. Наиболее перспективны интеллектуальное планирование ассортимента, автоматическое управление запасами, динамическая поддержка ценовых решений, автоматизация возвратов и заказов, помощь сотрудникам магазина и персонализированное сопровождение покупателя. Компании SAP, Microsoft и Salesforce уже выносят ИТ-агентов на уровень ядра своих систем для управления операциями в торговле, связывая планирование, исполнение и взаимодействие с покупателем в единой цифровой среде.^{3,7,11}

В целом для торговли формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство товара и операций; сквозное управление товарными данными и цифровой нитью; интеграция PLM/PIM/PDM, ERP, WMS, POS и омниканальных контуров; развитие цифровых двойников торговой сети и цепочками поставок; а также применение ИИ там, где он повышает точность планирования, оборачиваемость запасов, прозрачность исполнения и качество клиентского опыта.^{2,3,4,6,9}

Источники информации

1. Supply Chain AI Trends 2026: Building Resilient Operations - URL: <https://www.dataiku.com/stories/blog/supply-chain-ai-trends-2026>
2. 89% of Industrial Companies Recognize the Digital Thread is Essential to Success - URL: <https://aras.com/en/news/press-releases/2025/05/89-of-industrial-companies-recognize-the-digital-thread-is-essential-to-success>
3. Retail AI at NRF 2026: SAP, Microsoft, Workday Push Agentic Retail - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/retail-ai-nrf-2026-sap-microsoft-workday-push-agentic-tarsilla-moura-qk21e>
4. Reimagining PLM for 2025: Key Strategic Trends - URL: <https://beyondplm.com/2025/01/12/reimagining-plm-for-2025-key-strategic-trends/>
5. What is the Business Model for Digital Thread as a Service (DTaaS)? - URL: <https://beyondplm.com/2025/02/22/what-is-the-business-model-for-digital-thread-as-a-service-dtaas-revolution/>
6. SAP Assortment Planning for Retail - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:SAP_Assortment_Planning_for_Retail
7. SAP Builds AI Into the Core of Retail at NRF 2026 - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/sap-builds-ai-core-retail-nrf-2026-ossval-infosystem-pvt-ltd-u7tqf>
8. Agentforce for Retail, Retail Cloud POS Announcement - URL: <https://www.salesforce.com/news/press-releases/2025/01/10/agentforce-retail-cloud-pos-announcement/>
9. Guide to digital twins technology in retail - URL: <https://www.n-ix.com/digital-twin-in-retail/>

10. A digital twin system for retail inventory & sales - URL: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/170818/Mastersthesis_Hollupathirage_Isuru.pdf?sequence=1&isAllowed=y

11. See What's New with Sales, Service, and Commerce | Salesforce Trailhead - URL: <https://trailhead.salesforce.com/ja/content/learn/modules/summer-25-release-highlights/see-whats-new-with-sales-service-and-commerce>

17. Сельское хозяйство: растениеводство, животноводство, рыбохозяйственный комплекс и пищевая промышленность

17.1. Растениеводство, животноводства, рыбохозяйственный комплекс

В мировом сельском хозяйстве, включая растениеводство, животноводство и рыбохозяйственный комплекс, ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити производственного цикла. Для отрасли это означает объединение данных о полях, животных, рыбоводных участках, технике, кормах, ветеринарии, агрономии, ресурсах и фактических операциях в едином информационном пространстве. Главная цель такого перехода — повысить урожайность и продуктивность, снизить потери, улучшить устойчивость к климатическим и биологическим рискам и обеспечить прослеживаемость «от фермы до переработки».^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то наиболее значимыми классами становятся платформы управления хозяйством, агрономические и зоотехнические системы, цифровые двойники, системы мониторинга техники и оборудования, а также контуры планирования и выполнения операций. Для растениеводства это означает цифровое описание поля и производственных циклов, для животноводства — цифровой профиль стада и индивидуального животного, для аквакультуры — цифровую модель водной среды, кормления и здоровья рыбы. Современные публикации, посвященные проблематике «умного сельского хозяйства» и «цифровых двойников стада» (livestock digital twin) показывают, что именно сочетание моделей, сенсоров и аналитики становится новой основой управления отраслью.^{1,4,5}

В контуре проектирования и подготовки производства для сельского хозяйства особенно важны не столько классические CAD/PLM, сколько цифровое моделирование биологических и технологических процессов, управление рецептами кормления, технологическими картами, сценариями полевых работ, конфигурацией техники и цифровыми паспортами объектов. Компания John Deere (производитель сельскохозяйственной, строительной и лесозаготовительной техники, а также коммерческой техники по уходу за парками и газонами) строит цифровую платформу Operations Center как ядро управления данными поля, техники и операций, а интеграция через веб-платформу для обмена данными в сельском хозяйстве Agrirouter показывает движение рынка к межплатформенному обмену данными без жесткой привязки к одному производителю. Для крупных хозяйств это означает переход к программной архитектуре, где техника, агрономия и управление

ресурсами связаны в едином контуре принятия решений.^{2,6,7} *Комментарий: Agrirouter — это универсальная веб-платформа для обмена данными в сельском хозяйстве, которая позволяет соединять сельскохозяйственную технику и программное обеспечение от разных производителей. Она решает проблему цифровизации в агробизнесе, упрощая обмен информацией и оптимизируя рабочие процессы. Платформа поддерживается открытым консорциумом из нескольких производителей сельскохозяйственной техники. Среди партнёров упоминаются такие бренды, как Amazone, Case IH, Fendt, Grimme, Krone, Lemken, New Holland.*

В производственном контуре ключевое значение имеют системы оперативного управления работами, мониторинга выполнения операций, прослеживаемости, управления качеством, кормлением, микроклиматом, доением, кормоцехами, водоподготовкой и энергией. Для животноводства показателен подход компании DeLaval (шведская компания, производитель оборудования для автоматизации процессов доения, кормораздачи и других технологических процессов молочных ферм). В своих программных продуктах DelPro и DeLaval Plus для управления молочными фермами, которые используют данные и технологии для повышения эффективности производства, здоровья животных и прибыльности хозяйства, компания объединяет данные доильных систем, датчиков и управленческих приложений, а ИИ-алгоритмы системы машинного обучения DeerpBlue используются для предупреждения рисков заболеваний, контроля продуктивности и повышения эффективности фермы. Это отражает общий тренд на переход от учета к непрерывному цифровому управлению биологическими и производственными процессами.^{8,9,10} *Комментарий: DeerpBlue — это система машинного обучения, разработанная компанией DeLaval для интерпретации данных с ферм, использующих её доильные системы. Она использует искусственный интеллект для анализа больших объёмов данных и выявления закономерностей и трендов. DeerpBlue передаёт собранные данные в портал DeLaval Plus, который предоставляет фермерам полезную информацию и оповещения о состоянии здоровья животных.*

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников хозяйства, стада, техники и рыбоводных систем, дополненных искусственным интеллектом и предиктивной аналитикой. В растениеводстве цифровой двойник помогает моделировать полевые сценарии, в животноводстве — управлять состоянием и благополучием животных, в растениеводстве — прогнозировать качество воды, кормление, заболевания и биомассу. Публикации по аквакультуре и «точному животноводству» (precision livestock farming) показывают, что цифровые двойники уже рассматриваются не как эксперимент, а как практический инструмент повышения устойчивости, продуктивности и управляемости отрасли.^{1,5,11} *Комментарий: Precision Livestock Farming (PLF) — это подход к управлению животноводческим производством, который объединяет технологии, алгоритмы и данные для*

оптимизации процессов, улучшения здоровья, благополучия животных и эффективности ферм.

Для эксплуатации техники, оборудования и инфраструктуры наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозируемому обслуживанию, удаленному управлению и надежной связи между площадками, машинами и облачными платформами. В сельском хозяйстве это особенно важно из-за распределенного характера активов, сезонных пиков нагрузки и чувствительности результата к простоям техники или нарушению режимов содержания. Именно поэтому лидирующие поставщики усиливают мобильные интерфейсы, облачные сервисы, edge-аналитику и интеграцию телеметрии с производственными решениями.^{6,8}

Еще один важный тренд связан с прослеживаемостью и нормативной прозрачностью. Для растениеводства, животноводства и рыбного хозяйства это означает необходимость фиксировать происхождение сырья, партии, обработки, ветеринарные события, корма и условия производства в цифровом виде. Переход к прослеживаемости сельскохозяйственной продукции от фермы до потребителя (farm-to-fork traceability) и рост требований по безопасности пищевой продукции делают интеграцию первичного производства с последующими звеньями цепочки поставок одной из центральных задач программных платформ отрасли.^{3,12}

В целом для сельского хозяйства формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство хозяйства; сквозное управление данными поля, стада, техники и рыбоводных систем; развитие цифровых двойников и предиктивной аналитики; интеграция платформ управления хозяйством, телематики, биологических и производственных контуров; а также применение ИИ там, где он повышает продуктивность, устойчивость, качество решений и прозрачность цепочки поставок.^{1,2,8,11,12}

Источники информации

1. Digital twin technology in smart agriculture: Enhancing productivity - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780443288845000154>
2. John Deere's precision ag strategy: How to get started with digital farming - URL: <https://www.agtechnavigator.com/Article/2026/04/21/john-deeres-precision-ag-strategy-how-to-get-started-with-digital-farming/>
3. ERP Systems for Food Traceability 2026: Features, Benefits - URL: <https://khetibuddy.com/blogs/top-erp-systems-for-food-traceability-key-features-benefits/>
4. Advancing Precision Agriculture Through Digital Twins and Smart ... - URL: <https://islandscholar.ca/sites/default/files/2025-06/agriengineering-07-00137.pdf>
5. From machine learning to digital twin integration for livestock farming - URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12908607/>

6. Подключение John Deere Operations Center™ через agrirouter - URL: <https://agrirouter.com/ru/news/2026-01-27-john-deere-operations-center-agrirouter>
7. Prepare for Planting Season with John Deere Operations Center - URL: <https://www.rdoequipment.com/resources/blogs/john-deere-operations-center-for-planting-season>
8. DeLaval DelPro™ Farm Management Platform - URL: <https://www.delaval.com/en-za/farm-solutions/farm-management/delaval-delpo/>
9. DeLaval launches AI powered herd monitoring technology - URL: <https://www.delaval.com/en-gb/knowledge-hub/news-events/news/delaval-launches-ai-powered-herd-monitoring-technology/>
10. DeLaval DelPro™ FarmManager - URL: <https://www.delaval.com/en-gb/farm-solutions/farm-management/delaval-delpo/>
11. From Data to Decisions: Advancing Aquaculture with Digital Twin Technology - URL: <https://blog.manolinaqua.com/en/from-data-to-decisions-advancing-aquaculture-with-digital-twin-technology>
12. The future of food traceability software: what to expect in 2026 - URL: <https://blog.foodsconnected.com/the-future-of-food-traceability-software-what-to-expect-in-2026>

17.2. Пищевая промышленность

В мировой пищевой промышленности ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити продукта и производства — от рецептуры, упаковки и требований к маркировке до технологического режима, качества, прослеживаемости и поставок. Для отрасли это особенно важно из-за высокой чувствительности к безопасности пищевой продукции, коротких сроков годности, колебаний сырья и растущих требований регуляторов и торговых сетей к прозрачности происхождения и состава продукции.^{1,2,3}

В контуре проектирования и подготовки производства возрастает роль PLM/PDM, управления рецептурами, спецификациями, упаковкой и нормативными изменениями. Для производителей продуктов питания это означает переход к единому цифровому описанию продукта, где состав, пищевая ценность, аллергенный профиль, рецептура, упаковка, этикетка и технологический маршрут связаны между собой. Специалисты компаний Aras (американская компания, специализирующаяся на разработке программного обеспечения для управления жизненным циклом продуктов (PLM) и цифровых потоков) и LeverX (глобальный системный интегратор и консалтинговая компания, специализирующаяся на решениях SAP) прямо подчеркивают, что PLM и цифровая нить становятся опорой для управления рецептурной сложностью, обеспечения соответствия нормативным требованиям (таким как FSMA в США - закон в США, регулирующий производство, переработку, упаковку и хранение пищевых продуктов для людей и животных) и ускорения вывода новых продуктов на рынок.^{2,4,5}

Для PLM/PDM и смежных систем наиболее актуальны задачи управления изменениями рецептур, локализацией упаковки, синхронизацией

R&D, маркетинга, закупок и производства, а также цифровой преемственностью между лабораторией и промышленным выпуском. В пищевой отрасли особенно важна способность быстро оценивать влияние изменений ингредиентов и упаковки на себестоимость, обеспечение соответствия нормативным требованиям (комплаенс) и производственные параметры. Это делает PLM не вспомогательным инструментом, а центральным звеном между инновацией продукта и операционным исполнением.^{1,4,5}

В производственном контуре ключевое значение имеют MES/MOM, системы управления качеством, прослеживаемость партий, APS-системы производственного планирования, контроль рецептур, взвешивания, смешения, упаковки и санитарных процедур. Для пищевых предприятий это означает задачи по синхронизации рецептурного и дискретного производства, управлению отклонениями, сокращению потерь, обеспечению высоких показателей общей эффективности оборудования (OEE - Overall Equipment Effectiveness) и быстрому выпуску партии с подтвержденной историей параметров. Компания AVEVA развивает подход к построению MES-систем управления производством для пищевой отрасли, который предполагает модульную архитектуру с независимо разворачиваемыми сервисами, интегрированными через API и события, а не в виде монолитной системы. Такой подход позволяет адаптировать решения под уникальные потребности предприятия, быстро реагировать на изменения рынка и интегрировать современные технологии. Компания AVEVA также развивает технологии искусственного интеллекта для управления производственными операциями и интеграцию APS-систем производственного планирования с MES-системами, а компания Rockwell Automation делает акцент на цифровой стратегии прослеживаемости продукции для выполнения нормативных требований.^{3,6,7}

Сквозным технологическим трендом становится развитие цифровых двойников процессов, линий и заводов, дополненных промышленным ИИ. Совместные инициативы Siemens с компаниями GEA (GEA — международная технологическая группа, один из крупнейших в мире поставщиков систем и компонентов для пищевой промышленности, производства напитков, фармацевтики, химической и нефтехимической отраслей, энергетики, сельского хозяйства и других сфер) и Bühler (швейцарский концерн, который разрабатывает и производит оборудование и технологии для пищевой промышленности, сельского хозяйства, производства материалов и других отраслей) показывают, что цифровой двойник в пищевой отрасли уже используется не только для инженерного моделирования, но и для виртуальной отработки стратегий управления, сокращения физических испытаний, повышения прозрачности процесса и ускорения запуска производства. Особенно перспективна связка цифрового двойника с моделированием рецептурных и сепарационных процессов, где изменение режимов напрямую влияет на качество, ресурсопотребление и выход продукта.^{8,9,10}

Для эксплуатации оборудования и управления производственными активами наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, прогнозному обслуживанию, санитарной надежности, энергоэффективности и анализу причин отклонений качества. В пищевой промышленности это особенно важно из-за высокой стоимости простоев, риска загрязнения и необходимости поддерживать стабильные параметры линий. Поэтому в отрасли быстро сближаются такие технологии, как EAM/APM (управление активами), MES (управление производством), аналитика процесса и ИИ-инструменты промышленной диагностики.^{3,6}

Еще один важный тренд связан с цифровой прослеживаемостью «от сырья до полки». Для пищевой продукции это означает фиксацию происхождения ингредиентов, ключевых событий обработки, упаковки, маркировки, логистики и передачи данных по цепочке поставок в стандартизированном виде. Это особенно заметно в сегментах с усиленными требованиями, например морепродукты, где отраслевые инициативы по GDST (Global Dialogue on Seafood Traceability — стандарт, направленный на стандартизацию прослеживаемости морепродуктов. Он определяет минимальные элементы данных, которые должны документироваться и передаваться в цепочках поставок морепродуктов, соответствующих стандарту GDST, а также технические форматы и номенклатуры для обмена данными между системами прослеживаемости) и другие нормативные требования формируют практику цифровой интероперабельной прослеживаемости как обязательного элемента программной архитектуры отрасли.^{7,11}

В целом для производства продуктов питания формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство продукта и производства; сквозное управление рецептурами, спецификациями и цифровой нитью; интеграция PLM/PDM, MES/MOM, APS, качества и трассируемости; развитие цифровых двойников процессов и линий; а также применение ИИ там, где он повышает скорость вывода продуктов, безопасность, качество, устойчивость производства и прозрачность цепочки поставок.^{1,2,3,6,8}

Источники информации

1. PLM for the Food & Beverage Industry: Software & Solutions | Aras - URL: <https://aras.com/en/industries/food-and-beverage>
2. PLM for the US Food Industry - FDA, FSMA, and Traceability - URL: <https://leverx.com/newsroom/plm-for-the-food-industry>
3. Food and Beverage, CPG | AVEVA Software - URL: <https://www.factorysoftware.com/industry/food-beverage-cpg>
4. How Food and Beverage Manufacturers Can Gain a Strategic Edge - URL: <https://foodindustryexecutive.com/2024/04/the-untapped-potential-of-plm-how-food-and-beverage-manufacturers-can-gain-a-strategic-edge/>

5. The Future of Food Safety: Embracing Digital Transformation - URL: <https://www.reportlinker.com/article/1665>
6. Building a Digital Strategy for FSMA and Food Traceability Compliance Report - URL: <https://www.rockwellautomation.com/en-gb/products/software/factorytalk/operationsuite/mes/build-digital-strategy-for-fsma-report.html>
7. GDST & NFI partner to drive traceability standards for US seafood businesses - URL: <https://thegdst.org/gdst-nfi-partner-to-drive-traceability-standards-for-us-seafood-businesses/>
8. How digitalization is transforming modern beverage processes - URL: <https://www.gea.com/en/news/trade-press/2026/gea-siemens-present-digital-production/>
9. Digital twins and AI slash beverage development times - URL: <https://www.foodanddrinktechnology.com/news/66227/digital-twins-and-ai-slash-beverage-development-times/>
10. Bühler and Siemens digital twin collaboration - URL: <https://www.facebook.com/buhlergroup/posts/last-week-at-hannover-messe-2026-buhler-group-wet-grinding-and-siemens-presented-a-joint-approach-to-making-complex-machine-processes-easier-to-understand-with-the-help-of-a-digital-twin/950632813945667/>
11. GDST & NFI partner to drive traceability standards for US seafood businesses - URL: <https://thegdst.org/gdst-nfi-partner-to-drive-traceability-standards-for-us-seafood-businesses/>

18. Электроэнергетика

В мировой электроэнергетике ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели энергосистемы и жизненного цикла энергетических активов — от проектирования и строительства объектов до диспетчерского управления, эксплуатации сетей, подстанций и генерации. Для отрасли это особенно важно из-за роста доли распределенной и возобновляемой генерации, усложнения сетевых режимов, высокой критичности надежности и необходимости поддерживать баланс между устойчивостью, стоимостью и декарбонизацией.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то в электроэнергетике ключевыми становятся цифровые двойники, ADMS (Advanced Distribution Management System - усовершенствованные системы управления распределительной сетью), DERMS (Distributed Energy Resource Management System - системы управления распределенными энергетическими ресурсами), геоинформационные системы (GIS), APM/EAM (системы управления активами), системы диспетчеризации и платформы управления сетевыми и генерирующими активами. Для сетевых компаний это означает переход к объединению оперативных, геопространственных, телеметрических и активных данных в единой модели сети, а для генерации — к интеграции производственных, ремонтных и данных о режимах работы оборудования в цифровой контур станции. Всемирный экономический форум и современные

обзоры по цифровым двойникам энергетических сетей (power grid digital twin) подчеркивают, что именно эта связность данных становится основой для прогнозирования, симуляции и оптимизации режимов.^{2,4,5}

В контуре проектирования и управления жизненным циклом энергетических объектов быстро возрастает роль цифрового двойника объекта и подхода, который охватывает весь жизненный цикл продукта или проекта — от разработки и проектирования до производства, логистики и эксплуатации (design-to-operations-подхода). Цель такого подхода — создать эффективные сквозные процессы, которые обеспечивают устойчивость бизнеса в условиях цифровизации и глобализации. Для линий электропередачи, подстанций, ГЭС, ВЭС (ветровых электростанций), СЭС (солнечных электростанций) и тепловых станций это означает цифровую преемственность между проектной моделью, паспортом оборудования, ремонтом, оперативной эксплуатацией и модернизацией. Schneider Electric прямо продвигает цифровой двойник сети/энергосистемы (grid digital twin) как основу управления данными о состоянии сети, обеспечивающую дополнительную ценность для бизнеса (value-driven) и как основу для планирования инвестиций в производственные активы. Компания Hitachi Energy рассматривает цифровой двойник как средство объединения информации по активам и режимам для устойчивой и безопасной работы сети.^{6,7,8}

В оперативном контуре ключевое значение имеют ИТ-системы классов ADMS (управление распределительной сетью), EMS (системы управления энергосистемой), SCADA (АСУ ТП - системы сбора данных и оперативного контроля), системы оркестрации сети, управление распределенной генерацией, аварийно-восстановительные процессы и координация полевых работ. Компания GE Vernova (американская компания, производитель оборудования для энергетической отрасли) предлагает GridOS for Distribution как унифицированное программное решение, которое позволяет энергокомпаниям управлять своими распределительными сетями как единой интеллектуальной, скоординированной системой и как ИИ-платформу, которая объединяет управление операциями в реальном времени, моделирование сетей, управление распределенными энергетическими ресурсами (DER) и управление сервисными активностями на местах, а также развивает специализированный слой управления данными, предназначенный для интеграции и обработки информации в энергосети для более целостного управления сетью. Это отражает общий мировой тренд на переход от набора разрозненных приложений к единой операционной платформе энергосистемы.^{9,10,11}

Для эксплуатации оборудования и управления активами наиболее актуальны задачи по мониторингу состояния, управлению риском отказов, прогнозному обслуживанию, оптимизации CAPEX/OPEX и продлению ресурса оборудования. Здесь быстро усиливается роль АРМ/ЕАМ-систем, аналитики надежности и цифровых двойников оборудования. Примером служит Hitachi Energy АРМ, где используется более 175 преднастроенных

моделей для трансформаторов, выключателей и подстанционных активов, а замкнутый контур автоматизированных рабочих процессов, которые управляют этапами существования объектов электроэнергетики на протяжении всего их жизненного цикла, связывает состояние актива, ремонт, эксплуатацию и регуляторные требования.^{8,12}

Сквозным технологическим трендом становится промышленный ИИ, который в электроэнергетике применяется для прогнозирования аварий, оптимизации режимов, поддержки диспетчера, анализа топологии сети и управления техническим обслуживанием. Отраслевые отчеты указывают на переход энергообеспечивающих компаний от пилотных ИИ-кейсов к платформам со встроенными в сетевые и производственные системы технологиями ИИ. При этом практическая ценность ИИ возникает только при наличии доверенной цифровой модели сети, качественных данных и тесной интеграции с ADMS, APM, GIS и системами полевого сервиса и исполнения.^{3,9,13}

Для возобновляемой и распределенной энергетики особенно важны задачи по интеграции ВИЭ (возобновляемых источников энергии), управлению гибкостью сети, моделированию нестабильной выработки, оценке технических ограничений и координации с накопителями и регулируемыми нагрузками. На этом фоне цифровые двойники и программные платформы становятся не просто средством мониторинга, а механизмом опережающего сценарного управления. Именно поэтому компании Siemens, GE Vernova, Schneider Electric и Hitachi Energy усиливают решения на стыке цифрового двойника, оркестрации сети, аналитики активов и интеграции данных.^{1,6,9,12}

В целом для электроэнергетики формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство энергосистемы и активов; сквозное управление данными по жизненному циклу сетевых и генерирующих объектов; интеграция цифровых двойников, ADMS/EMS/SCADA, APM/EAM, GIS и полевых контуров; а также применение ИИ там, где он повышает надежность, управляемость, безопасность, эффективность и устойчивость энергоснабжения.^{2,4,6,9,12}

Источники информации

1. Digital twin applications and case studies in modern power grid - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484726001873>
2. Case Study Details - Future of Power Systems - Digital twin grid - URL: <https://initiatives.weforum.org/future-power-system/case-study-details/digital-twin-grid/aJYTG00000010pB4AQ>
3. 8 Digital Transformation Trends Redefining the Utility Market in 2026 - URL: <https://www.trccompanies.com/insights/8-digital-transformation-trends-redefining-the-utility-market-in-2026/>
4. Digital Twin Technology for Renewable Energy, Smart Grids, Energy - URL: <https://ietresearch.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1049/stg2.70026>

5. Digital twins for smart asset management in the energy industry - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417425019773>
6. How grid digital twin can overcome utility challenges - URL: <https://www.se.com/ww/en/work/campaign/grid-digital-twins-guide/>
7. Digital Grid Innovation Days is coming – where energy meets intelligence - URL: <https://blog.se.com/energy-management-energy-efficiency/2026/02/16/digital-grid-innovation-days-is-coming-where-energy-meets-insights-and-impact/>
8. Hitachi's Digital Twin Solution Fortifies India's Energy Infrastructure - URL: <https://www.hitachi.com/en-in/insights/articles/energy-transformation/>
9. Grid Orchestration Software | Smart Energy Grid with GridOS - URL: <https://www.gevernova.com/software/products/gridos>
10. GE Vernova Launches GridOS for Distribution, the Industry's First - URL: <https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-launches-gridos-distribution-industrys>
11. Electrification Software - GE Vernova - URL: <https://www.ge.com/news/taxonomy/term/2231>
12. IDC MarketScape names Hitachi Energy a Leader in Asset Performance Management - URL: <https://www.hitachi.com/en/press/articles/2026/02/0218/>
13. GE Vernova whitepapers offer pragmatic approach on AI for more intelligent energy grids - URL: <https://www.gevernova.com/news/press-releases/ge-vernova-whitepapers-offer-pragmatic-approach-ai-more-intelligent-energy-grids>

19. Нефтегазовая отрасль и нефтехимия

В мировом нефтегазовом и нефтехимическом комплексе ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой нити актива и производственной системы — от геологоразведки и разработки месторождения до добычи, транспортировки, переработки, хранения, сбыта и эксплуатации оборудования. Для отрасли это особенно важно из-за высокой капиталоемкости, территориальной распределенности, критичности надежности и безопасности, а также необходимости одновременно повышать извлечение, снижать простои, контролировать риски и уменьшать экологический след.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то в нефтегазе и нефтехимии ключевыми становятся цифровые двойники, инженерные и операционные информационные модели, системы управления производственными активами, решения по оптимизации добычи, бурения, технологических установок НПЗ и трубопроводов, а также платформы для унификации производственных данных. Материалы ОТС и IBM подчеркивают, что именно операционные цифровые двойники все чаще используются как механизм интеграции разрозненных цифровых инициатив в единый управляемый контур.^{2,4} *Комментарии: ОТС (Offshore Technology Conference) - это серия конференций и выставок, посвящённых обмену техническими знаниями в области разработки морских энергетических ресурсов, в первую очередь нефти и природного газа.*

В контуре проектирования и управления жизненным циклом активов быстро возрастает роль подхода, который связывает дизайн-процессы с операционными задачами (design-to-operations-подхода), при котором проектные данные, модель оборудования, производственные ограничения, ремонты и изменения связаны в общей среде данных. Для процессов добычи (upstream) это означает цифровую преемственность между моделью пласта, скважиной, фондом добычи и наземной инфраструктурой, а для переработки (downstream) и нефтехимии преемственность между инженерной моделью установки, режимом, ремонтом, безопасностью и эксплуатацией. Опыт компании AVEVA и открытые отраслевые дискуссии вокруг интероперабельности цифровых двойников показывают, что главным вызовом становится не создание отдельных моделей, а их связность и живой контекст по всему жизненному циклу.^{3,5,6}

В производственном контуре ключевое значение имеют системы управления технологическими процессами, предиктивная аналитика, APM/EAM-системы управления активами, решения для оптимизации добычи и цифрового сопровождения бурения, а также инструменты контроля целостности трубопроводов и технологических цепочек. Компания SLB (ранее Schlumberger - глобальная технологическая компания, работающая в нефтегазовом секторе, которая предоставляет решения и технологии для разведки, добычи, бурения, управления добычей и переработки углеводородов) продвигает концепцию, которая объединяет технологии подключения, искусственного интеллекта и автономной работы для повышения эффективности производственных процессов (connected, intelligent and autonomous digital operations for production performance) с использованием цифровых двойников, ИИ и роботизации.

Компания Halliburton (американская транснациональная нефтесервисная компания, один из крупнейших в мире поставщиков продуктов и услуг для энергетической отрасли) совместно с Petrobras (крупнейшая бразильская нефтегазовая компания) и Libra Consortium (консорциум в нефтегазовом секторе, который занимается разработкой месторождения Мери в бразильском бассейне Сантус) строит интегрированный динамический цифровой двойник месторождения, включающий пласт, скважины и подводную инфраструктуру. Это отражает общий мировой тренд на переход от локальной автоматизации к программно-управляемому, сценарному и более автономному производству.^{7,8,9}

Для нефтепереработки и нефтехимии особенно важны задачи по управлению технологическими режимами, энергоэффективности, качеству, надежности установок, межремонтным интервалам и согласованию целей производства, безопасности и экологии. На этом фоне растет роль нефтеперерабатывающих заводов, которые используют цифровизацию, принятие решений на основе данных и обширное моделирование в своих операциях (smart refinery) и композитных промышленных платформ, которые объединяют ИТ-компоненты и операционные технологии (OT), включая

периферийные устройства, датчики на производственных площадках, краевые вычисления, IoT (промышленный интернет вещей) и новые компонентные подходы к промышленным системам управления (composable industrial platforms), а также растет роль контекстуализированных данных. Партнерства AVEVA с нефтепереработкой и нефтехимией, включая партнерство с компанией BSR (вьетнамская компания в нефтегазовом секторе, специализирующаяся на эксплуатации нефтеперерабатывающих заводов), а также публикации по теме «умных нефтеперерабатывающих заводов» показывают, что лидеры отрасли связывают цифровую трансформацию прежде всего с управлением активами (EAM), аналитикой, эксплуатационной прозрачностью и ускорением принятия решений.^{1,3,10}

Для процессов транспортировки нефти и нефтепродуктов (midstream) и трубопроводного транспорта наиболее актуальны задачи по мониторингу целостности, обнаружению аномалий, прогнозируемому обслуживанию компрессорных и насосных станций, управлению коррозией и экологическими рисками. Публикации последних лет показывают, что цифровые двойники трубопроводов строятся на сочетании телеметрии, IoT, edge-вычислений и ИИ, что позволяет раньше выявлять отклонения, уменьшать внеплановые остановки и повышать готовность к инцидентам.^{11,12}

Сквозным технологическим трендом становится промышленный ИИ, который в нефтегазе и нефтехимии смещается от точечных моделей к агентным технологиям искусственного интеллекта, когда ИИ-система способна автономно планировать и выполнять многошаговые задачи без постоянного участия человека, и подходам, который получил название гибридный интеллект (hybrid intelligence). Технологии, основанные на реализации этих принципов, встраиваются в цифровые двойники и платформы промышленной аналитики. Однако практическая ценность ИИ возникает только при наличии качественных и интероперабельных данных, устойчивой архитектуры IT/OT и прозрачного управления инженерным контекстом. Именно поэтому в материалах конференции Future Digital Twin & AI 2025 и документах ведущих поставщиков ПО акцент делается на единый «источник правды» (source of truth), открытые стандарты и масштабирование решений от пилота к промышленной эксплуатации.^{5,13}

В целом для нефтегаза и нефтехимии формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство актива и производства; сквозное управление данными по жизненному циклу месторождений, установок и трубопроводов; интеграция инженерных моделей, цифровых двойников, АРМ/ЕАМ, производственной аналитики и эксплуатационных контуров; а также применение ИИ там, где он повышает надежность, извлечение, энергоэффективность, безопасность и скорость принятия решений.^{2,3,7,11}

Источники информации

1. Digital Twin in Oil and Gas Market Research Report 2034 - URL: <https://dataintel.com/report/digital-twin-in-oil-gas-market>
2. Operational Digital Twins: Creation and Application - URL: <https://2026.otcnet.org/2025-technical-program/operational-digital-twins-creation-and-application>
3. AVEVA Named a Leader in Verdantix Green Quadrant for Asset Performance Management - URL: <https://www.aveva.com/en/about/news/press-releases/2026/aveva-named-a-leader-in-verdantix-green-quadrant-for-asset-performance-management-software/>
4. Digital Twin for the Oil & Gas Industry - URL: <https://www.ibm.com/think/topics/digital-twin-for-oil-gas>
5. Future Digital Twin & AI (Amsterdam) 2025: DEXPI & Evonik and field reports - URL: <https://futuredigitaltwin.com/files-and-documents/>
6. Operational Digital Twins: Creation and Application - URL: <https://2026.otcnet.org/2025-technical-program/operational-digital-twins-creation-and-application>
7. Digital Services for Production Performance - URL: <https://www.slb.com/products-and-services/innovating-in-oil-and-gas/well-production/digital-services-for-production-performance>
8. Libra Consortium and Halliburton Landmark Collaborate to Develop Field Digital Twin - URL: <https://www.halliburton.com/en/about-us/press-release/libra-consortium-halliburton-landmark-collaborate-develop-field-digital-twin>
9. Halliburton Plans Digital Twin of Pre-Salt Field - URL: <https://jpt.spe.org/halliburton-plans-digital-twin-of-pre-salt-field>
10. Petrovietnam Refining and Petrochemical Corporation (BSR) accelerates its comprehensive digital transformation with AVEVA - URL: <https://bsr.com.vn/web/bsr-eng/-/petrovietnam-refining-and-petrochemical-corporation-bsr-accelerates-its-comprehensive-digital-transformation-with-aveva>
11. Digital Twins & Predictive Maintenance in Midstream Pipelines - URL: <https://oilandgas-usa.com/digital-twins-predictive-maintenance-in-midstream-pipelines/>
12. How to prepare for digital twins and other energy sector trends - URL: <https://www.kyndryl.com/mx/es/perspectives/articles/2025/03/tech-trends-in-energy>
13. Future Digital Twin & AI (Amsterdam) 2025 report - URL: <https://futuredigitaltwin.com/files-and-documents/>

20. Отрасль морского и речного транспорта

Для морского и речного транспорта ключевым объектом цифровизации становятся не проектирование и строительство судов, а деятельность судоходных компаний, эксплуатация флота, содержание портовой инфраструктуры и развитие морских и речных портов. В этой логике главным мировым трендом выступает переход к сквозной цифровой модели перевозочного и портового контура, которая объединяет флот, терминалы,

причалы, складские зоны, ремонтные службы, снабжение, энергетику порта и взаимодействие с грузопотоками.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то ключевыми становятся системы управления флотом и технической эксплуатацией судов, платформы управления портовыми операциями и терминалами, решения по управлению активами, цифровые двойники портов, средства прогнозного обслуживания и аналитика транспортно-логистических процессов. Цифровой двойник порта все чаще рассматривается как базовая технология для координации движения, перегрузки, ресурсов и инфраструктуры в реальном времени.^{1,4,5}

Для судоходных компаний наиболее актуальны задачи по цифровому управлению техническим состоянием флота, планированию обслуживания, снабжению, выполнению рейсов, контролю энергоэффективности и соблюдению экологических требований. Здесь сближаются системы технического управления, управления мероприятиями по координации и контролю работы судов (fleet operations management), цифровые двойники судна и предиктивная аналитика. Цифровой двойник все чаще используется как контур поддержки решений по эксплуатации, топливной эффективности, готовности судна и адаптации к новым нормативным требованиям.^{6,7}

В эксплуатационном контуре ключевое значение имеют системы управления техническим обслуживанием, корпусной целостностью, закупками, снабжением, запасными частями, экипажем, безопасности персонала, предотвращение аварий, защиту окружающей среды и соблюдение международных и национальных норм в морской отрасли (QHSE - Quality, Health, Safety, and Environment) и соответствием требованиям классификационных обществ. Компания DNV (международное классификационное общество и признанный консультант в морской отрасли) продвигает цифровой двойник как облачную экосистему цифровых активов, поддерживаемых в течение всего жизненного цикла, и использует его предсказательной аналитики, интеграции сенсорных данных и совместной работы инженерных команд. На практике это означает переход от разрозненных журналов и модулей к единой модели технического состояния судна и флота.^{11,12}

Для морских и речных операторов особенно актуальны задачи по прогнозному обслуживанию, снижению внеплановых простоев, контролю коррозии, управлению доковыми ремонтами, энергоэффективности и соблюдению нормативных требований. Примером служит внедрение продукта DNV ShipManager Hull в компании Saipem (Saipem — итальянская компания, специализирующаяся на проектировании, строительстве и эксплуатации сложных инфраструктурных и энергетических проектов, в том числе в морской сфере) для 3D-двойников корпуса, планирования инспекций и ремонтов в сухом доке, а также развитие решений технического обслуживания по состоянию и BI-аналитики о состоянии флота в современных платформах технического управления. Это отражает общий тренд на перевод технической

эксплуатации флота в режим управления активами на основе данных о производительности.^{12,13}

Для речного транспорта и смешанных флотов дополнительно возрастает значимость интеграции технических систем с расписанием, портовой логистикой, ремонтным циклом и ограничениями внутренних водных путей. Это усиливает спрос на единые платформы управления флотом, в которых эксплуатационные, технические и логистические данные увязаны между собой. Рыночные оценки показывают устойчивый рост сегментов ПО для управления флотом и цифровых двойников, что подтверждает долгосрочный переход отрасли к платформенной цифровизации.^{14,15,16}

Для морских и речных портов ключевое значение имеют системы управления терминалами и ресурсами, диспетчеризация операций, цифровое сопровождение перегрузочных механизмов, мониторинг состояния причалов, кранов, складов, инженерной инфраструктуры и энергосистемы порта. Публикации по «умным портам» (smart ports) и цифровым двойникам портов показывают, что наиболее перспективны задачи по оптимизации общего времени, которое судно проводит в порту от момента его прибытия до момента отправления после завершения всех необходимых операций (turnaround time), моделированию очередей, управлению техникой и персоналом, а также по развитию цифровой видимости на всем протяжении портового процесса — от подхода судна до вывоза груза.^{1,2,3}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник порта и логистической экосистемы, связанный с IoT, ИИ и платформами визуализации. Для портов это означает переход от отдельных систем наблюдения и учета к единой динамической модели инфраструктуры, техники, грузопотоков и внешних ограничений. Исследования по устойчивости и цифровой зрелости портов показывают, что именно такая модель позволяет одновременно повышать пропускную способность, устойчивость к сбоям, энергоэффективность и качество инвестиционного планирования.^{1,5,8}

Для эксплуатации оборудования и инфраструктуры наиболее актуальны задачи по прогнозному обслуживанию перегрузочных машин, железнодорожной и автомобильной логистики внутри порта, берегового энергоснабжения, средств навигационного обеспечения и гидротехнических сооружений. Здесь быстро усиливается роль EAM/APM-систем, телеметрии, визуальной аналитики и ИИ. ABB, Siemens, IBM, Schneider Electric и другие поставщики продвигают комплексную цифровизацию портов через IoT, технологии цифровых двойников, технологии отслеживания производственных активов и интеллектуальную аналитику.^{3,9}

Еще один важный тренд связан с интеграцией портовых и судоходных данных в единую операционную среду. Для судоходных компаний и портов это означает более тесную связь между расписанием, швартовкой, портовыми окнами, загрузкой терминалов, энергопотреблением, ремонтом и вывозом грузов. Microsoft в материалах о новых технологиях для управления портами подчеркивает, что следующая стадия цифровизации портов — это не

отдельные пилоты, а платформа, объединяющая данные, ИИ, устойчивость и совместную работу участников экосистемы.¹⁰

В целом для судоходных компаний и морских и речных портов формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство флота и порта; интеграция управления флотом, портовых и терминальных систем, EAM/APM и цифровых двойников; развитие предиктивного обслуживания и сценарного управления операциями; а также применение ИИ там, где он повышает надежность, оборачиваемость, устойчивость и прозрачность перевозочного процесса.^{1,2,6,10}

Источники информации

1. Digital twin architectures for smart port operations - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123026015197>
2. The Role of Digital Twins in Enhancing Port Operations - URL: <https://rcademy.com/digital-twins-in-enhancing-port-operations/>
3. How Smart Ports Are Shaping Global Trade in 2025 - URL: <https://www.envisionesl.com/blog/the-future-of-maritime-logistics-how-smart-ports-are-shaping-global-trade-in-2025>
4. Digital Twin for resilience and sustainability assessment of port facility - URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23789689.2025.2526928>
5. Exploring the Potential of Digital Twins at the Port of Rauma - URL: https://www.theseus.fi/bitstream/10024/908840/2/Nguyen_Tran_Thu_Trang.pdf
6. TWINSHIP – Integrated Digital Twin Framework to Enable Green Ship Operations Towards Zero Emission Vessels - URL: <https://www.fundacion.valenciaport.com/en/project/twinship/>
7. Data smart asset solutions - Digital twin - DNV - URL: <https://www.dnv.com/services/data-smart-asset-solutions-digital-twin-65556/>
8. Port Digital-Twin Visualization Market Report 2026 - URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/6190542/port-digital-twin-visualization-market-report>
9. Smart port market forecast shows rapid expansion as ABB, Siemens and IBM advance digital adoption - URL: <https://en.portnews.ru/news/385767/>
10. Ports of the future - Microsoft - URL: <https://cdn-dynmedia-1.microsoft.com/is/content/microsoftcorp/microsoft/bade/documents/products-and-services/en-us/ai/ports-of-the-future.pdf>
11. Data smart asset solutions - Digital twin - DNV - URL: <https://www.dnv.com/services/data-smart-asset-solutions-digital-twin-65556/>
12. Saipem installs DNV GL digital twin software - URL: <https://globalenergynetwork.net/news-item/saipem-installs-dnv-gl-digital-twin-software/>
13. Cruise Vessel Maintenance Software for Optimal Fleet Performance - URL: <https://cruiseportal.com/vessel-maintenance/>

14. Digital Twin in Marine Market Size | Industry Report, 2033 - URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/digital-twin-marine-market-report>

15. Marine Fleet Management Software - URL: <https://www.marketresearch.com/Market-Glass-Inc-v1039/Marine-Fleet-Management-Software-45045383/>

16. Global Marine Fleet Operations Management Software Market Insights - URL: <https://www.qyresearch.in/report-details/1836720/service-software-global-marine-fleet-operations-management-software-market-insights>

21. Аэропорты

В мировой практике управления аэропортами ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели аэропорта, объединяющей аэровокзальный комплекс, перрон, аэродромную инфраструктуру, обслуживание воздушных судов, пассажирские процессы, багаж, инженерные системы и эксплуатацию активов. Для отрасли это особенно важно из-за роста трафика, ограниченности площадей, высокой чувствительности к сбоям и необходимости одновременно повышать пропускную способность, безопасность, устойчивость и качество пассажирского сервиса.^{1,2,3}

Если рассматривать аэропорт через призму индустриального ПО, то ключевыми становятся технологии AODB/RMS (Airport Operational Database - операционная база данных аэропорта; Resource Management System - система управления ресурсами), системы управления пассажирскими и багажными потоками, платформы технической эксплуатации и обслуживания активов, решения для аэродромных работ и цифровые двойники аэропорта. Компания Amadeus прямо называет AODB «цифровым мозгом» и «центральной нервной системой» аэропорта, поскольку именно она централизует данные о расписании, ресурсах, стоянках, стойках регистрации, багажных линиях и взаимодействии всех участников операционного процесса. Это означает, что для современных аэропортов ядром цифровизации становится не отдельная подсистема, а единый операционный контур принятия решений.^{4,5,6}

В контуре планирования и управления жизненным циклом инфраструктуры быстро возрастает роль цифрового двойника, EAM/АРМ-систем управления активами и IoT-платформ. Материалы по цифровым двойникам аэропортов показывают, что такая модель используется для анализа пассажиропотоков, эксплуатации перрона, мониторинга аэродромного покрытия, энергопотребления, обслуживания терминалов и моделирования узких мест до внедрения изменений в реальной среде. При интеграции с ИТ-решениями по управлению активами и инфраструктурой CAFM/EAM цифровой двойник становится основой не только для визуализации, но и для прогнозного обслуживания, планирования ремонтов и повышения надежности критически важных активов.^{2,7,8} *Комментарий: CAFM расшифровывается как Computer-Aided Facility Management (компьютерное управление объектами инфраструктуры). Это программное решение, которое автоматизирует и*

оптимизирует ключевые аспекты управления объектами, включая обслуживание, операции и рабочие процессы.

Для эксплуатации аэропортов наиболее актуальны задачи по синхронизации наземного обслуживания, управления стоянками и гейтами, оборота воздушных судов, уборки, противообледенительной обработки, эксплуатации светосигнального оборудования, зданий и инженерных систем. Облачные AODB и RMS-решения компании Amadeus дают аэропортам видимость состояния всех систем и активов аэропорта в реальном времени и позволяют лучше распределять ресурсы, а аналитическая платформа Honeywell Forge развивает основанную на ИИ IoT-платформу для цифровизации процессов, людей и активов. Эта аналитическая платформа, разработанная компанией Honeywell, применяется в управлении аэропортами для оптимизации операционных процессов, повышения эффективности и снижения затрат. Она объединяет данные из различных систем аэропорта и предоставляет аналитические инструменты для принятия решений. Все это то отражает общий мировой тренд на переход от локальной автоматизации служб к интегрированной среде операционного управления и обслуживания.^{5,6,9}

Сквозным технологическим трендом становится цифровизация пассажирского пути с помощью биометрии, самообслуживания и потоковой аналитики. Компани SITA (международная компания, специализирующаяся на предоставлении информационных технологий и телекоммуникационных услуг для авиационной отрасли) указывает, что более половины аэропортов планируют внедрить биометрические технологии для регистрации пассажиров и багажа к 2026 году, а такие решения позволяют сокращать очереди, повышать пропускную способность и улучшать видимость процесса для операторов аэропорта. В результате пассажирский контур все сильнее связывается с операционным контуром аэропорта, а качество сервиса становится функцией качества данных и координации систем.^{10,11,12}

Для обслуживания воздушных судов и аэродромной инфраструктуры особенно важны задачи по предиктивному обслуживанию, мониторингу состояния техники и наземного оборудования, оптимизации turnaround и снижению внеплановых задержек. В авиационном контуре цифровые двойники и симуляционные модели все чаще применяются для проверки сценариев обслуживания, оценки влияния отказов и совершенствования планирования работ без вмешательства в реальные операции. Это делает цифровую модель аэропорта и связанных активов не вспомогательным инструментом, а ядром эксплуатационной устойчивости.^{2,13}

Еще один важный тренд связан с объединением операционных, коммерческих и сервисных данных аэропорта в единую среду управления. Публикации по теме «умные аэропорты» и оптимизации пассажиропотоков подчеркивают, что следующая стадия развития отрасли — это основанная на ИИ оркестрация ресурсов, пассажиропотоков, зон торговли и сервисных команд в реальном времени. Для аэропорта это означает переход к

платформенной архитектуре, где эксплуатация терминала, аэродрома, техники и пассажирских сервисов координируется на общей цифровой основе.^{1,3,14}

В целом для аэропортов формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство аэропорта; интеграция AODB/RMS, пассажирских, багажных, аэродромных и эксплуатационных систем; развитие цифровых двойников и предиктивного обслуживания; а также применение ИИ там, где он повышает пропускную способность, надежность, безопасность и качество обслуживания пассажиров и воздушных судов.^{1,4,9,10}

Источники информации

1. 10 Airport Technology Trends Transforming Aviation Operations in 2026 - URL: <https://ifactoryapp.com/industries/aviation-management/airport-technology-trends-aviation-operations-2026>

2. Revolutionising Airports with Digital Twins: A Flight Towards Innovation and Efficiency - URL: <https://www.twinview.com/resources/revolutionising-airports-with-digital-twins-a-flight-towards-innovation-and-efficiency>

3. Smart Airport Market Outlook 2026-2032 - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/smart-airport-2025-2032-391-1044>

4. What is an Airport Operational Database: AODB - URL: <https://amadeus.com/en/travel-glossary/airport-operational-database>

5. Amadeus Airport Operational Database | Amadeus AODB - URL: <https://dcs.aero/product/airport-operational-database-aodb-amadeus>

6. Amadeus to roll out cloud-based AODB across 20 Finnish airports - URL: <https://www.passengerterminaltoday.com/news/operations-news/amadeus-to-roll-out-cloud-based-aodb-across-20-finnish-airports.html>

7. Airport Digital Twin Platform Market Outlook 2026-2032 - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/airport-digital-twin-platform-market-23904>

8. Digital Twins Revolution: Transforming Airport Management - URL: <https://www.incontrols.com/digital-twins-revolution-transforming-airport-management/>

9. Honeywell Forge - URL: <https://www.honeywell.com/us/en/solutions/honeywell-forge>

10. Biometric check-ins and bag drop to arrive at majority of airports by 2026: SITA - URL: <https://www.biometricupdate.com/202502/biometric-check-ins-and-bag-drop-to-arrive-at-majority-of-airports-by-2026-sita>

11. Passenger Processing - SITA - URL: <https://www.sita.aero/solutions/sita-at-airports/sita-passenger-processing/>

12. Airports - SITA - URL: <https://www.sita.aero/industries/airports/>

13. Digital Twin Technology: Revolutionizing Aircraft Maintenance Through Simulation - URL: <https://ejournals.org/ejcsit/vol13-issue-9-2025/digital-twin-technology-revolutionizing-aircraft-maintenance-through-simulation-and-predictive-analytics/>

14. Airport Passenger Flow Optimization 2026 — PatSnap Eureka - URL: <https://www.patsnap.com/resources/blog/rd-blog/airport-passenger-flow-optimization-2026-patsnap-eureka/>

22. Авиационный транспорт

В мировой гражданской авиации ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели авиакомпаний, объединяющей летную эксплуатацию, ТОиР, контроль технического состояния воздушных судов, связь с наземной инфраструктурой, аэронавигационные данные, подготовку экипажей, продажи, бронирование и обслуживание пассажиров и грузов. Для отрасли это особенно важно из-за высокой чувствительности к сбоям, жестких нормативных требований, роста затрат и необходимости одновременно повышать пунктуальность, безопасность, загрузку парка и качество сервиса.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то ключевыми становятся платформы, которые обеспечивают обслуживание, ремонт и модернизацию воздушных судов (MRO - Maintenance, Repair, and Overhaul), инженерные и технические аспекты обслуживания воздушных судов (M&E - Maintenance and Engineering), работу операционных центров управления (ОСС - Operations Control Center) и управление полетами, системы мониторинга летной годности и статуса воздушного судна, электронные летные сумки и электронные бортовые журналы (EFB/ELB - Electronic Flight Bag / Electronic Logbook), электронные технические записи, решения для управления аэронавигационными данными и обучающие платформы. Отраслевые обзоры показывают, что цифровая трансформация авиации движется к объединению процессов управления полетами, технического обслуживания, управления надежностью, диспетчеризации (это процесс планирования, координации и обеспечения безопасности полётов с наземной стороны и все инженерные аспекты проектирования, тестирования, производства, обслуживания и управления авиационной техникой, а также развитие инфраструктуры в более масштабируемую, облачную и основанную на работе с данными архитектуру.^{1,2,4}

В контуре ТОиР основной мировой тренд связан с переходом от учета работ к управлению техническим состоянием, прогнозному обслуживанию и цифровой прослеживаемости всех операций. NBAA (Национальная ассоциация деловой авиации) подчеркивает усиление предсказательного обслуживания на основе анализа трендов, а в программном обеспечении Ramco Aviation (программное решение от компании Ramco Systems, специализирующейся на разработке корпоративных программных продуктов для авиационной отрасли) делается ставка на облачные и мобильные решения в области технического обслуживания (MRO) с использованием технологий ИИ и машинного обучения для выявления, фиксации и документирования несоответствий, рекомендаций по деталям и ускорения общего времени наземного обслуживания воздушных судов. Это означает, что современное ПО

ТОиР должно одновременно поддерживать соответствие требованиям, надежность парка и оперативность технических решений.^{5,6,7}

Для оперативного управления авиакомпанией ключевое значение имеют интегрированные платформы для операционных центров управления (ОСС), планирования сети, управления расписаниями, флотом, экипажами, загрузки и управления сбоями. Lufthansa Systems развивает интегрированную ИТ-платформу для планирования и управления производственной деятельностью авиакомпаний NetLine как интегрированную платформу управления операционной деятельностью, охватывающую управление расписаниями, управление операциями, экипажами, планирование полетов, весом и балансировкой. Boeing подчеркивает роль синхронизации данных в реальном времени и роль экспертных систем в оптимизации полетов. Это отражает общий тренд на переход от разрозненных модулей к единому цифровому ядру управления суточной эксплуатацией перевозчика.^{3,8,9}

Сквозным технологическим трендом становится объединение технического и коммерческого контура авиакомпании. Компания Sabre (технологическая компания, специализирующаяся на решениях для мировой индустрии туризма и путешествий) продвигает подход intelligent retailing, который использует современные технологии (искусственный интеллект, машинное обучение, аналитику данных) для оптимизации процессов продажи билетов, дополнительных услуг. Цель — повысить персонализацию предложений, увеличить конверсию, диверсифицировать доходы и улучшить опыт путешественников. Sabre также продвигает переход к модели offer-order — это управление предложениями и заказами на принципах персонализации, динамического ценообразования и бесшовного обслуживания заказов через различные каналы с модульной трансформацией, а также переход от узконаправленной продажи билетов к комплексной розничной модели, включающей управление предложениями, заказами, платежами и обслуживанием клиентов (airline retailing), а также решение, предназначенное для управления доходами от грузовых операций в авиационной отрасли Cargo Revenue Manager. Для авиакомпаний это означает, что продажи, перебронирование, размещение пассажиров при сбоях, дополнительные услуги, бронирование грузоперевозок и операционное исполнение должны работать на общей цифровой платформе, а не в изолированных системах.^{10,11,12}

Для пассажирского сервиса и каналов продаж наиболее актуальны задачи по омниканальному управлению заказом, динамическому предложению, автоматическому перебронированию, сопровождению нестандартных операций и единообразной обработке всех событий поездки. Сегодня именно такие подходы становятся ведущей архитектурой отрасли. Это требует глубокой интеграции систем бронирования, систем управления отправкой и регистрацией пассажиров DCS (Departure Control System), программ лояльности, систем обслуживания клиентов и операционного контура авиакомпании.^{10,11}

Для подготовки пилотов и управления эксплуатационными знаниями возрастает значимость цифровых тренажерных и обучающих платформ, а также интеграции данных обучения с операционной аналитикой и управлением безопасностью. Одновременно растет роль электронных летных сумок, цифровых процедур, прогноз погоды в реальном времени и связи с наземными станциями как части единой цифровой среды полета. В совокупности это означает переход к модели, где управление экипажем, обучение и летная информация рассматриваются как единый контур эксплуатационной устойчивости.^{1,2}

В целом для авиационного транспорта формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство авиакомпании; интеграция систем технического обслуживания и ремонта (MRO/M&E), управления операционными центрами управления (ОСС), управления полетами, обучения и обслуживания клиентов; развитие предиктивного обслуживания и сквозной цифровой прослеживаемости; также применение ИИ там, где он повышает надежность флота, качество оперативных решений, доходность и качество обслуживания пассажиров и грузоотправителей.^{2,3,6,10}

Источники информации

1. Airline & Aerospace MRO & Flight Operations IT Conference – EMEA 2026 - URL: <https://aircraftcommerceevents.com/event/2026-airline-aerospace-mro-flight-operations-it-conference-emea/>
2. Airline & Aerospace MRO & Flight Operations IT Conference – Americas 2025 - URL: <https://aeromorning.com/en/event/airline-aerospace-mro-flight-operations-it-conference/>
3. Lufthansa Systems – IT Innovation for Aviation - URL: <https://www.lhsystems.com>
4. Aviation Software Development | Flight Ops and MRO Solutions - URL: <https://pharosproduction.com/industries/aviation-software-development/>
5. How Trend Analysis Informs Predictive Aircraft Maintenance - URL: <https://nbaa.org/aircraft-operations/safety/safety-through-innovation/how-trend-analysis-informs-predictive-aircraft-maintenance/>
6. Aviation MRO Software | Ramco Systems - URL: <https://www.ramco.com/products/aviation-software/>
7. Ramco Aviation | LinkedIn - URL: <https://www.linkedin.com/products/ramco-systems-ramco-aviation/>
8. Enhanced version of NetLine/Load from Lufthansa Systems - URL: <https://aviationweek.com/aerospace/emerging-technologies/enhanced-version-netlineload-lufthansa-systems>
9. 2026 MRO & FlightOps IT Conference Americas - URL: <https://services.boeing.com/events/mro-flight-ops-it>
10. Airlines - Sabre - URL: <https://www.sabre.com/industries/airlines/>

11. Airline Retailing Transformation - URL:
<https://www.sabre.com/open/airlines/>

12. Cargo Revenue Manager - URL:
<https://www.sabre.com/products/suites/pricing-and-revenue-optimization/cargo-revenue-manager/>

23. Железнодорожный транспорт и логистика

23.1. Железнодорожный транспорт

В мировой железнодорожной отрасли ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели перевозочного комплекса, объединяющей инфраструктуру, подвижной состав, пассажирские и грузовые сервисы, управление движением, диспетчеризацию, продажи и обслуживание клиентов. Для железных дорог и метрополитенов это особенно важно из-за роста требований к пропускной способности, надежности, энергоэффективности и качеству сервиса на существующей унаследованной инфраструктуре и сложных сетевых режимах.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то ключевыми становятся системы управления перевозочным процессом и движением поездов, планирования маршрутной сети и расписания, мониторинга подвижного состава, платформы цифрового управления активами, системы для пассажирских и грузовых продаж, а также решения для сортировочных комплексов и мультимодальной координации. Компания Siemens отмечает, что цифровизация должна соединять головные и управляющие компании, операторов и компании, которые занимаются техническим обслуживанием и ремонтом в единую экосистему, обеспечивающую перемещение пассажиров и грузов. Публикации фиксируют переход от разрозненных решений к интегрированным платформам операций, обслуживания и клиентских сервисов.^{2,4,5}

В контуре управления движением и перевозочным процессом наиболее актуальны задачи по управлению движением (трафиком) в реальном времени, диспетчеризации, поддержке решений при сбоях, оптимизации интервалов движения и повышению провозной способности без масштабного расширения инфраструктуры. Для метрополитенов и пригородных систем это дополняется цифровым управлением пассажиропотоками, а для грузовых железных дорог — интеграцией с терминалами, сортировкой, слежением за вагонами и взаимодействием с грузоотправителями и грузополучателями. Именно поэтому цифровые платформы все чаще строятся как единая среда для эксплуатации, коммерции и управления ресурсами.^{1,6,7}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник железнодорожной системы, охватывающий инфраструктуру, подвижной состав, станции и операционные сценарии. Global Railway Review (издание, которое специализируется на информации и анализе в железнодорожной отрасли) и другие публикации показывают, что цифровые двойники используются для мониторинга активов, движения поездов, поведения

пассажиров на станциях и платформах, а также для более точного управления в нестандартных ситуациях и сценарного анализа. В результате цифровой двойник становится не вспомогательной визуализацией, а опорой для оперативного и инженерного управления отраслью.^{3,8,9}

Для эксплуатации подвижного состава и инфраструктуры наиболее актуальны задачи технического обслуживания по фактическому состоянию и предсказательному обслуживанию, мониторингу состояния пути, контактной сети, сигнализации, стрелок, вагонов и локомотивов, а также по удаленной диагностике и автоматическому формированию ремонтных работ. Компания Hitachi Rail развивает программное обеспечение HMAX (платформа для управления цифровыми активами на базе искусственного интеллекта для оптимизации железнодорожного транспорта) как включающую в себя все необходимые инструменты платформы для поездов, сигнализации и инфраструктуры. Компания Alstom (французская машиностроительная компания, один из мировых лидеров в производстве железнодорожного транспорта и инфраструктуры) продвигает цифровые решения для железных дорог с автоматизированным сбором данных HealthHub для повышения доступности, надежности и производительности. Это отражает общий мировой тренд на переход к эксплуатации активов на основе данных.^{10,11,12}

Комментарий: Alstom HealthHub — это цифровая платформа для предиктивного обслуживания и управления железнодорожным парком, разработанная компанией Alstom. Она позволяет непрерывно мониторить состояние железнодорожных активов, включая подвижной состав (как производства Alstom, так и других производителей), инфраструктуру и системы сигнализации.

Для взаимодействия с пассажирами, грузоотправителями и грузополучателями особое значение приобретают цифровые каналы продаж, системы самообслуживания, динамическая информация, цифровая билетизация, онлайн-заказы и сквозное сопровождение перевозки. Рыночные обзоры, посвященные применению цифровых технологий на железнодорожном транспорте, показывают, что качество клиентского контура все теснее связывается с реальным состоянием перевозочного процесса, поскольку расписание, информирование, оплата, пересадки и грузовая логистика должны опираться на единую достоверную операционную картину.^{1,5}

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ, IoT и edge-вычислениями и облачными архитектурами. В железнодорожной отрасли они применяются для контроля функционального состояния машинистов, распознавания отклонений на инфраструктуре, управления энергопотреблением, оптимизации операций в депо и сортировочных операций, а также для поддержки диспетчерских решений. Публикации по IoT, ИИ и использованию данных на железнодорожном транспорте указывают, что главным вектором становится масштабирование модульных

цифровых платформ, которые объединяют аналитику, телеметрию и автоматизацию в одной среде.^{4,10,13}

В целом для железнодорожного транспорта формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство перевозочного комплекса; интеграция управления движением (трафиком), цифровых продаж, мониторинга подвижного состава, управления активами и диспетчеризации; развитие цифровых двойников, предиктивного обслуживания и платформ реального времени; а также применение ИИ там, где он повышает безопасность, пропускную способность, устойчивость графика и качество пассажирского и грузового сервиса.^{2,3,10,11}

Источники информации

1. Digital Railway Market Size, Industry Share | Forecast, 2026-2034 - URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-railway-market-106982>
2. for rail's digital transformation - Siemens Xcelerator - URL: <https://www.mobility.siemens.com/global/en/transform-mobility/digitalization.html>
3. Digital Twins - Global Railway Review - URL: <https://www.globalrailwayreview.com/topic/digital-twins/>
4. The Rise of IoT, AI & Data in Rail - Programme - URL: <https://www.iotandbigdatainrail.com/programme.html>
5. Railway Management System Market Drivers and Trends by 2031 - URL: <https://www.theinsightpartners.com/reports/railway-management-systems-market>
6. Enhancing Metro Rail Rolling Stock Performance with IoT, AI & ML - URL: <https://www.envisionesl.com/blog/rolling-stock-metro-rail-iot-ai-ml>
7. Rail freight: how can technology transform logistics? - URL: <https://www.shiptify.com/en/blog/rail-freight>
8. 18 Use Cases of Operational Digital Twins in Railways - URL: <https://smartspatial.com/post/18-use-cases-of-operational-digital-twins-in-railways>
9. Revolutionizing railway systems: A systematic review of digital twin - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2949867825000273>
10. Digital Asset Management | Hitachi Rail - URL: <https://www.hitachirail.com/products-and-solutions/digital-asset-management/>
11. Hitachi Rail Unveils the HMAX AI Solution, Accelerated by NVIDIA - URL: <https://www.hitachi.com/en/press/articles/2024/09/0924c/>
12. Digital solutions and services for railway operators and owners - URL: <https://www.alstom.com/solutions/services/digital-railway-solutions-unlock-higher-asset-availability-reliability-and-performance>
13. HMAX at The Rise of IoT, AI & Big Data in Rail 2026 - URL: https://www.linkedin.com/posts/hitachirail_our-presence-at-the-rise-of-iot-ai-big-activity-7460255680105463808-Hnru

23.2. Логистика

В сфере логистики и транспортных сервисов ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели сети, объединяющей пассажирские перевозки, грузовую логистику, почтовые потоки, управление автопарком, маршрутную сеть, билетные и платежные системы, дорожную инфраструктуру и сервисные процессы. Для отрасли это особенно важно из-за высокой динамики спроса, территориальной распределенности, чувствительности к сбоям и необходимости одновременно повышать прозрачность, устойчивость, скорость и качество обслуживания.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму индустриального ПО, то ключевыми становятся TMS-платформы управления перевозками (TMS - Transportation Management System) и ПО для управления логистическими хабами (control tower), которые оснащены необходимыми технологиями, которые позволяют отслеживать данные о перевозках, брать на себя простейшие операционные функции, системы управления автопарком и маршрутами, цифровые билетные решения, AFC-системы (Automated Fare Collection) автоматизированного сбора платы за проезд, навигационно-информационные системы, ПО для скоростных платных автомагистралей, а также цифровые двойники логистической сети и узлов.

Компания Siemens реализует этот подход через свои решения AX4 Transport Optimizer, Supply Chain Suite, Intraplant Logistics и Control Tower, которые обеспечивают автоматизированное транспортное планирование, моделирование сценариев и синхронизацию логистики с производством в реальном времени.^{2,4,5} *Комментарии: 1) Siemens AX4 Transport Optimizer - инструмент для автоматизации и оптимизации сложных задач в транспортной логистике, таких как группировка отправок, планирование маршрутов и управление затратами; 2) Supply Chain Suite (SCS) - мощное программное обеспечение с сотнями технических компонентов, узлов, функций и инструментов для планирования, проектирования, симуляции, оптимизации цепочек поставок и логистики; 3) Intraplant Logistics (Opcenter Intraplant Logistics) - решение для управления внутривозвратной логистикой. Направлено на повышение производительности линий, поддержание точности запасов и обеспечение плавного потока материалов между складом и производственными участками; 4) Control Tower (Supply Chain Control Tower) - облачное решение, обеспечивающее сквозную прозрачность всех производственных и логистических процессов. Объединяет и консолидирует данные из разных систем, позволяя синхронизировать производственные и логистические процессы.*

Для регулярных автобусных перевозок в городском и пригородном сообщении наиболее актуальны задачи по цифровому управлению расписанием, маршрутной сетью, билетными продуктами, валидаторами, мобильными приложениями, реальному времени и информированию пассажиров. Отраслевые обзоры и решения Ridango (Ridango – операционная система для операторов общественного транспорта, которая обеспечивает

автоматический сбор платы за проезд, автоматическую идентификацию местоположения транспортного средства) показывают, что публичные заказчики и операторы переходят к схеме оплаты проезда, которая основана на правах на поездку пассажира, которые связаны с его учетной записью в бэк-офисе, а не с физическим билетом или картой (account-based ticketing), контактным и бесконтактным платежам, мультимодальной совместимости и облачным платформам, которые объединяют продажи, тарифы, устройства, учет поездок и отчетность в единой среде.^{6,7,8}

Для навигационно-информационных решений и управления автопарком основным трендом становится видимость транспортных средств в реальном времени, GPS/Глонас и IoT-телематика, аналитика маршрутов, автоматическая диспетчеризация, оценка фактического исполнения графика и поддержка водителя позволяют не только снижать затраты, но и улучшать качество сервиса. По оценкам Berg Insight (независимая аналитическая и консалтинговая компания, специализирующаяся на исследованиях рынка M2M/IoT - машинного взаимодействия машин и интернета вещей и цифровых технологий), рынок интеллектуальных транспортных систем (ITS) для автобусов и трамваев в Европе продолжает расти, а ключевыми направлениями применения остаются интеграция транспорта, оплата проезда, расписание и информирование пассажиров.^{8,9}

Для логистических и почтовых сетей особенно важны задачи по моделированию потоков, управлению узкими местами, контейнерной и складской логистике, устойчивости поставок и быстрому перенастрою сети при сбоях. В этой области быстро усиливается роль цифровых двойников. Публикации по цифровым двойникам в цепочках поставок показывают, что такие модели помогают прогнозировать сбои, повышать доступность контейнеров, улучшать качество данных и поддерживать упреждающее планирование в логистике и почтовой связи.^{10,11,12}

Для сетей скоростных платных автомагистралей ключевыми становятся безбарьерное взимание платы, интеллектуальное управление трафиком, аналитика транспортных потоков, управление спросом и эксплуатация дорожной инфраструктуры.

Kapsch TrafficCom (международная компания, специализирующаяся на технологиях интеллектуальных транспортных систем ITS — Intelligent Transportation System) продвигает интегрированные решения в областях оплаты проезда, управления трафиком и управления спросом, а также проекты MLFF (Multi-Lane Free Flow - это система электронного сбора платы за проезд, которая позволяет автомобилям проходить через точки оплаты без остановки или замедления) и систему сбора платы за проезд по платным дорогам, которая полностью исключает использование наличных и традиционных контрольно-пропускных пунктов (all electronic tolling). Вместо этого процесс оплаты автоматизирован с помощью электронных технологий, которые направлены на снижение заторов, выбросов и эксплуатационных издержек. Это

показывает, что дорожная инфраструктура все больше управляется как цифровая сервисная платформа, а не только как физический объект.^{13,14,15}

Сквозным технологическим трендом для всей отрасли становятся цифровые двойники, ИИ и платформы реального времени. Они применяются для сценарного планирования маршрутов, прогнозирования спроса, оптимизации цен и загрузки, управления платежами, предотвращения сбоев и синхронизации множества участников транспортной цепочки. Именно сочетание цифровых двойников, логистических хабов (control tower), ИИ-аналитики и телеметрии сегодня формирует архитектуру современной логистической платформы.^{2,10,16}

В целом для логистики, пассажирских автобусных перевозок, почтовой связи и платных автомагистралей формируется следующая приоритетная повестка развития индустриального ПО: единое доверенное информационное пространство транспортной сети; интеграция TMS-систем, билетных и платежных решений, телематики, логистических хабов, оплата проезда и цифровых двойников; развитие предиктивного и сценарного управления; а также применение ИИ там, где он повышает пропускную способность, качество клиентского сервиса, устойчивость сети и экономическую эффективность перевозок.^{2,6,13,16}

Источники информации

1. Logistics & Fleet Management Trends for 2026 - URL: <https://placematic.com/logistics-and-fleet-management-trends-for-2026/>
2. Siemens' innovative software at transport logistic - URL: <https://news.siemens.com/en-us/siemens-transport-logistic-2025/>
3. Digital Logistics Market Size, Growth, Share & Trends Report 2031 - URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/digital-logistics-market>
4. Siemens Digital Logistics at transport logistic 2025 - URL: <https://resources.sw.siemens.com/en-US/transport-logistic-2025/>
5. Logistics Software Market Size to Hit USD 34.68 Billion by 2035 - URL: <https://www.precedenceresearch.com/logistics-software-market>
6. What Public Transport Authorities demand from Fare Management in 2026 - URL: <https://www.ridango.com/what-public-transport-authorities-demand-from-fare-management-in-2026/>
7. The Future of Bus Ticketing: Why Go Digital and What to Expect in 2025 - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/future-bus-ticketing-why-go-digital-what-expect-2025-ffxxc>
8. ITS growing in public transit: report - URL: <https://www.itsinternational.com/its17/its5/its6/its7/news/its-growing-public-transit-report>
9. Eight trends shaping the future of public transit payments - URL: https://worldline.com/content/dam/worldline/global/documents/white-papers/white_paper_mobility_2025_trends.pdf

10. Supply chain digital twin design and implementation at scale: A case - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0305048325001732>

11. Planning for the Future in Logistics with Digital Twins - URL: <https://loginfo24.com/en/2024/06/02/planning-for-the-future-in-logistics-with-digital-twins/>

12. The Letterverse: Digital twins help postal and logistics companies plan for the future - URL: <https://primevision.com/the-letterverse-digital-twins-help-postal-and-logistics-companies-plan-for-the-future/>

13. Kapsch TrafficCom – Intelligent Traffic & Toll Solutions - URL: <https://www.kapsch.net/en>

14. Kapsch TrafficCom Secures Tolling Contract in Norway - URL: <https://highways.today/2025/02/11/kapsch-trafficcom-norway/>

15. Top Companies List of Electronic Toll Collection Industry - URL: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/electronic-toll-collection-system-market.asp>

16. Digital Twins & GenAI: Logistics Simulation 2024–2026 - URL: <https://www.alsanx.com/post/logistics-ai-trends-2024-2026>

24. Система высшего образования

В мировой системе высшего образования ключевым трендом становится переход к единой цифровой операционной модели университета, которая объединяет образовательный процесс, контингент студентов, кадровые и финансовые функции, инфраструктуру учебных кампусов, оборудование аудиторий и лабораторий, сервисы поддержки и аналитику принятия решений. Для отрасли это особенно важно из-за роста требований к качеству цифрового опыта учащихся, усложнения нормативной и финансовой среды и необходимости одновременно повышать эффективность управления, устойчивость процессов и результативность обучения.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся следующие ИТ-системы: SIS (Student Information System - системы управления данными и процессами жизненного цикла студента), LMS (Learning Management System - системы управления обучением, ERP-системы для управления кампусом и административно-хозяйственной деятельности, CRM-системы для набора и сопровождения студентов, платформы учебной аналитики, решения для управления инфраструктурой кампуса и оборудованием, а также интеграционные платформы цифрового кампуса. Аналитические обзоры подчеркивают, что главная задача университетов — не автоматизация отдельных участков, а устранение системной разобщенности между академическим, административным и сервисным контуром.^{1,4,5}

В контуре управления основными процессами наиболее актуальны задачи по сквозному сопровождению жизненного цикла студента — от набора и приема до выпуска, перевода, академической поддержки и взаимодействия с выпускниками. Компания Ellucian (ведущий поставщик программного обеспечения и услуг для учреждений высшего образования) развивает на

принципах SaaS облачную платформу для организаций высшего образования, в которой технологии ИИ являются неотъемлемой частью. Эта платформа объединяет процессы работы со студентами, управление финансами, управление человеческим капиталом HCM (Human Capital Management) и платформенные сервисы. При этом в последние два года наблюдается массовый переход университетов к SaaS-архитектуре. Это отражает общий мировой тренд на замену фрагментированных локальных систем единой отраслевой платформой университета.^{6,7,8}

Для учебного процесса и управления образовательным контентом ключевое значение имеют LMS и экосистемы цифрового обучения, которые уже выходят за пределы простой выдачи материалов и оценок. Компания Instructure (компания, специализирующаяся на образовательных технологиях) позиционирует свою облачную LMS-систему Canvas как экосистему для преподавания, обучения и проверки знаний с мобильным доступом, аналитикой и ИИ-функциями, а рыночные обзоры подтверждают устойчивый рост спроса на платформы, которые поддерживают персонализацию, доступность и масштабируемость обучения. В результате LMS все чаще становится частью операционного ядра вуза, а не вспомогательным приложением.^{9,10,11}

Для административно-производственного контура вузов особое значение приобретают ERP, HCM-системы управления человеческим капиталом, системы для бюджетирования, управление закупками, расписанием, помещениями, ресурсами кампуса и эксплуатацией оборудования. Компания Workday (американский поставщик корпоративных облачных приложений для управления финансами и человеческими ресурсами) делает акцент на объединении HR-процессов управления персоналом, финансами и студентами в одном облачном ландшафте, а Oracle продвигает интеграцию ERP для организаций высшего образования с корпоративными функциями. Это показывает, что даже в высшем образовании управление процессами все больше строится по логике создания корпоративных платформ, где академическая деятельность, персонал, финансы и инфраструктура связаны общей моделью данных.^{12,13,14}

Сквозным технологическим трендом становится применение ИИ, предиктивной аналитики и no-code/low-code-инструментов для повышения управляемости вуза. В материалах Ellucian и других обзорах акцент делается на автоматизацию процессов с использованием ИИ, анализе данных, открытой интеграции и автоматизацию сервисных процессов. Для университетов это означает переход от реактивного администрирования к проактивному управлению набором, академическими рисками, загрузкой помещений, обслуживанием техники кампуса и качеством сервисов.^{2,7,8}

Отдельным направлением становится управление физической и цифровой инфраструктурой кампуса: аудиториями, лабораториями, сетями, устройствами, системами доступа, безопасностью и эксплуатацией учебного оборудования. Хотя этот контур часто рассматривается как вспомогательный,

именно он определяет устойчивость учебного процесса и способность вуза поддерживать современную гибридную модель обучения. Поэтому платформы цифрового кампуса все чаще строятся как единая среда, где сервисы для студентов и преподавателей увязаны с эксплуатацией объектов и ресурсов.^{1,5}

В целом для высшего образования формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство университета; интеграция SIS, LMS, ERP, CRM-систем, аналитики и кампусных сервисов; развитие облачных SaaS-архитектур и встраивание ИИ в ключевые системы, а также применение данных и автоматизации там, где они повышают качество управления, результативность обучения, прозрачность процессов и эффективность использования инфраструктуры и оборудования.^{1,6,9,12}

Источники информации

1. EdTech Trends 2026: What Universities Must Prepare For - URL: <https://edutech.global/edtech-trends-2026/>
2. The 2026 IT Strategic Landscape in Higher Education - URL: <https://listedtech.com/blog/the-2026-it-strategic-landscape-in-higher-education/>
3. Higher Education Software Market Size, Future Growth and Forecast - URL: <https://www.strategicrevenueinsights.com/industry/higher-education-software-market>
4. Future-Ready Campuses: SIS & Education ERP for 2026 - URL: <https://www.academiaerp.com/blog/preparing-your-higher-education-institution-for-2026-a-strategic-sis-erp-readiness-guide/>
5. What Is University Management Software? Smart Solution for Universities - URL: <https://vapstech.com/university-management-software/>
6. Student | Ellucian - URL: <https://www.ellucian.com/products/student>
7. Ellucian Achieves Record SaaS SIS and ERP Go-Lives - URL: <https://www.ellucian.com/newsroom/ellucian-achieves-record-saas-sis-and-erp-go-lives-26-institutions-q1-2026>
8. The Leading AI SaaS Platform for Higher Education - URL: <https://www.ellucian.com/products/platform>
9. Canvas LMS for Higher Ed: Engage Students Anytime, Anywhere - URL: <https://www.instructure.com/higher-education>
10. Canvas by Instructure: World Leading LMS for Teaching & Learning - URL: <https://www.instructure.com/canvas>
11. Higher Education Learning Systems Market Size & Share Analysis - URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/higher-education-learning-systems-market>
12. Higher Education: A Look Ahead to 2026 - URL: <https://blog.workday.com/en-us/higher-education-look-ahead-2026.html>
13. Additional Workday Institutions - URL: https://miamioh.edu/workday-info/_archives/additional-institutions.html

14. Oracle Cloud for Higher Ed vs. Ellucian and Workday - URL: <https://www.oracle.com/erp/higher-education/oracle-vs-competition/>

25. Система здравоохранения

В мировом здравоохранении ключевым трендом становится переход к единой цифровой операционной модели медицинской организации, которая объединяет клинические процессы, маршрутизацию пациента, управление мощностями, оборудованием, кадрами, лабораторной и диагностической инфраструктурой, а также финансово-административный контур. Для отрасли это особенно важно из-за дефицита персонала, роста нагрузки, требований к качеству помощи и необходимости одновременно повышать доступность, безопасность и экономическую эффективность.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся EHR-системы электронных медицинских карт (Electronic Health Record), HIS-системы (Hospital Information System - больничные информационные системы), системы управления потоками пациентов и коечным фондом, платформы клинической и операционной аналитики, ПО для диагностики и лабораторий, решения для телемедицины и платформы управления медицинским оборудованием. Компании Oracle Health (подразделение корпорации Oracle, специализирующееся на технологиях для здравоохранения), Epic Systems Corporation (американская компания, специализирующаяся на разработке и внедрении программного обеспечения для здравоохранения) и Siemens Healthineers (немецкая компания, один из ведущих мировых производителей медицинского оборудования и технологий в сфере здравоохранения) в своих продуктах делают акцент именно на объединении клинических, операционных и финансовых данных в единой среде принятия решений. Это показывает, что в здравоохранении цифровизация все меньше сводится к автоматизации отдельных кабинетов и все больше к построению целостной цифровой системы управления организацией.^{4,5,6}

В контуре управления основными процессами наиболее актуальны задачи по сквозной маршрутизации пациента, сокращению времени ожидания, повышению доступности операционных, диагностического оборудования и коек, а также по балансировке нагрузки между подразделениями. Компании LeanTaaS (компания, которая предоставляет программные решения на базе искусственного интеллекта и SaaS для оптимизации работы медицинских учреждений) и GE HealthCare (американская компания, один из ведущих мировых производителей медицинского оборудования и технологий для здравоохранения) развивают основанные на использовании ИИ решения для автоматизации потока пациентов, управления клиническими ресурсами и создания центра управления госпиталем (hospital command center), где в реальном времени объединяются данные о пациентах, персонале, помещениях и мощности оборудования. Это отражает общий мировой тренд на переход к диспетчерскому управлению больницей как сложной производственной системой.^{7,8,9}

Для клинической информационной основы ключевое значение имеет развитие единой медицинской записи и интероперабельности. Компания Epic продолжает продвигать модель единой и полной медицинской карты пациентов, а Oracle Health делает ставку на реализации ИИ-функционала в EHR-системе, развитии платформы Seamless Exchange, которая упрощает обмен данными между медицинскими организациями и улучшает координацию лечения пациентов, а также на автоматизации процессов работы с клинической документацией. В результате EHR/HIS-системы становятся не просто реестром сведений, а ядром цифровой модели пациента и всей клиничко-операционной среды медицинской организации.^{5,10,11}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник в здравоохранении. Современные обзоры показывают быстрый рост цифровых двойников в здравоохранении и их применение для персонализированной медицины, моделирования состояний пациента, управления оборудованием и оптимизации процессов. Для медицинских организаций особенно перспективны цифровые двойники потоков пациентов, диагностических подразделений и критически важного оборудования, поскольку они создают основу для сценарного анализа, предиктивного обслуживания и более точного планирования ресурсов.^{1,12,13}

Для управления медицинским оборудованием и эксплуатацией инфраструктуры наиболее актуальны задачи по мониторингу технического состояния, профилактике отказов, управлению загрузкой дорогостоящих аппаратов, калибровкой, сервисом и регуляторной прослеживаемостью. Компания Siemens Healthineers продвигает такие решения, как Teamplay Digital Health Platform и Digital Ecosystem, как вендору-независимые платформы среду для принятия операционных, клинических решений, платформу для поддержки совместного принятия решений. Компания Philips развивает концепцию Connected Care и облачное решение для управления потоком пациентов Philips Patient Flow Capacity Suite (PFCS), которое помогает координировать уход за пациентом на протяжении всего спектра медицинской помощи. Это означает, что оборудование в больнице все чаще управляется как часть цифровой сервисной платформы, а не как набор автономных устройств.^{6,14,15} *Комментарий: Teamplay Digital Health Platform от Siemens Healthineers — это цифровая платформа для здравоохранения, которая способствует цифровой трансформации медицинских учреждений. Её цель — превратить данные в экономию средств и улучшение качества ухода за пациентами. Платформа объединяет данные, людей, учреждения, системы и приложения, обеспечивая взаимодействие между ними; 2) Siemens Healthineers Digital Ecosystem — это открытая и защищённая платформа, созданная компанией для цифровизации здравоохранения. Она объединяет данные, приложения и услуги различных участников цепочки поставок медицинских услуг, способствуя инновациям и сотрудничеству.*

Еще один важный тренд связан с промышленным ИИ, аналитикой и автоматизацией документов и рабочих процессов. В последние два года

именно использование ИИ в системах автоматизации рабочих процессов, использовании голосовых помощников в создании клинической документации, предсказательной аналитике и командных центров управления клиниками становятся основными направлениями эволюции ПО для больниц. Однако практическая ценность ИИ возникает только при наличии качественных данных, интероперабельности и устойчивой архитектуры цифровой платформы учреждения.^{10,11,16}

В целом для здравоохранения формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство медицинской организации; интеграция EHR/HIS, платформ управления потоками пациентов, аналитики, телемедицины и управления оборудованием; развитие цифровых двойников и предиктивного обслуживания; а также применение ИИ там, где он повышает качество помощи, доступность ресурсов, управляемость процессов и устойчивость работы медицинской организации.^{4,7,12,14}

Источники информации

1. Healthcare Digital Twins Market Size, Share and Trends 2025 to 2034 - URL: <https://www.precedenceresearch.com/healthcare-digital-twins-market>
2. Healthcare Trends 2026: Future of Healthcare Technology - URL: <https://innowise.com/blog/healthcare-trends-2026/>
3. Healthcare AI Market Outlook 2026-2034 - URL: <https://www.intelmarketresearch.com/healthcare-ai-market-46885>
4. Oracle Health - URL: <https://www.oracle.com/health/>
5. Epic | With the patient at the heart - URL: <https://www.epic.com>
6. teamplay digital health platform - Siemens Healthineers - URL: <https://www.siemens-healthineers.com/digital-health-solutions/teamplay-digital-health-platform>
7. LeanTaaS press releases - capacity management and patient flow - URL: <https://leantaas.com/press-releases/>
8. GE HealthCare collaborates with two major medical systems - URL: <https://investor.gehealthcare.com/news-releases/news-release-details/ge-healthcare-collaborates-two-major-medical-systems-advanc>
9. Medical Command Center - T-Systems - URL: <https://www.t-systems.com/resource/blob/1156752/1b7c7995efb7267461be8ab45f33e3e4/DL-Flyer-Medical-Command-Center-T-Systems-EN-040923-data.pdf>
10. Community Memorial Hospital Chooses Oracle Health to Enhance Patient Care and Power Operations - URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/community-memorial-hospital-chooses-oracle-health-to-enhance-patient-care-and-power-operations-302347046.html>
11. AI's next act: How Oracle Health sees 2026 taking shape - URL: <https://www.beckershospitalreview.com/healthcare-information-technology/ais-next-act-how-oracle-health-sees-2026-taking-shape/>

12. Digital twins in healthcare IoT: A systematic review - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667295225000443>

13. Digital Twins in Healthcare Market - MarketsandMarkets - URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twins-in-healthcare-market-74014375.html>

14. Siemens Healthineers Digital Ecosystem - URL: <https://www.siemens-healthineers.com/healthineers-digital-ecosystem>

15. Philips launches new patient flow capacity and acute telehealth care tools - URL: <https://www.mobihealthnews.com/news/philips-launches-new-patient-flow-capacity-and-acute-telehealth-care-tools>

16. HIMSS 2026 - Oracle Health and Life Sciences - URL: <https://app.himssconference.com/event/himss-2026/exhibitor/RXhoaWJpdG9yXzE5NTE4OTc=>

26. Строительство

В строительстве ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели объекта и проекта, которая объединяет проектирование, организацию строительства, полевые работы, снабжение, технику, стоимость, сроки и последующую эксплуатацию. Для отрасли это особенно важно из-за высокой фрагментированности участников, больших потерь на передаче данных между стадиями и необходимости одновременно повышать предсказуемость сроков, прозрачность затрат, качество и безопасность.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся BIM-системы информационного моделирования зданий и сооружений (Building Information Modeling), CDE-системы общей среды данных (Common Data Environment), платформы управления строительством, системы полевого контроля, системы управления проектами и стоимостью, решения для техники и эксплуатации, а также цифровые двойники объектов и строительных площадок. Современные материалы по BIM и цифровым двойникам подчеркивают, что главный сдвиг состоит в переходе от статической информационной модели к «живому» цифровому контуру, который поддерживает проект, строительство и последующую эксплуатацию в единой среде данных.^{1,4,5} *Комментарий: BIM-модель — это объектно-ориентированная цифровая модель, которая включает геометрию объекта, а также дополнительную информацию: материалы, характеристики, эксплуатационные свойства, временные параметры и другие данные. Такая модель отражает весь жизненный цикл объекта — от проектирования и строительства до эксплуатации и демонтажа; CDE (Common Data Environment) — это централизованная среда, где хранится информация о строительных проектах и происходит обмен данными между участниками проекта. Это программно-технический комплекс, обеспечивающий совместное использование BIM-данных, чтобы обеспечить ключевые заинтересованные стороны цифровым представлением здания на протяжении всего жизненного цикла проекта.*

В контуре управления строительными процессами наиболее актуальны задачи по координации моделей и документации, управлению изменениями, замечаниями, исполнительной документацией, субподрядчиками, поставками, техникой и фактическим ходом работ на площадке. Компания Autodesk развивает облачную платформу Construction Cloud для строительной отрасли, где документы, запросы на уточнение/информацию по проекту (RFI - Request for Information), чертежи, информация об образцах материалов, сертификатах и пр., проблемах и рабочих процессах, связанных с деятельностью на строительной площадке связаны в реальном времени с проектными данными, а компания Procore (американская компания, которая разрабатывает облачное программное обеспечение для управления строительными проектами) делает акцент на целостной платформе для управления проектами, управления качеством и безопасностью, совместной работе персонала на строительной площадке и финансового управления. Это отражает общий мировой тренд на объединение офисного и полевого контура в одной цифровой среде.^{6,7,8}

Для финансового и производственного контура стройки ключевое значение имеют управление стоимостью, прогнозирование, кассовые сценарии, управление договорами и сквозная связь между фактом на площадке и бюджетом проекта. Компания Procore подчеркивает, что финансовое управление должно быть тесно связано с данными строительной площадки, чтобы в реальном времени видеть влияние производственных решений на прибыль и риски проекта. Это означает, что отраслевое ПО все чаще строится вокруг общей модели, которая объединяет такие аспекты как объем работ, сроки, затраты, данные со строительной площадки (scope-schedule-cost-field), а не вокруг отдельных учетных модулей.^{8,9}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник, который в строительстве все чаще используется не только после ввода объекта, но и на стадиях планирования, использования цифровых технологий для моделирования и управления строительными проектами в виртуальной среде до начала реальных работ (virtual construction), в процессах обеспечения качества, которые включают тестирование, проверку и документирование работы систем здания (механических, электрических, систем отопления, вентиляции и т. д.) на соответствие проектным требованиям и, наконец, в процесс передачи информации владельцу о построенном объекте в структурированном и доступном цифровом формате после завершения строительства. Облачная платформа Tandem для создания цифровых двойников зданий, разработанная компанией Autodesk для отрасли архитектуры, инженерии и строительства, позиционируется как средство создания цифровых двойников зданий с увязкой BIM-модели, датчиков и эксплуатационных данных, а компания Bentley развивает технологии создания цифровых двойников инфраструктуры как платформу, которая используется в рамках всего жизненного цикла объектов от проектирования и до строительства и эксплуатации. В результате цифровой двойник становится основой непрерывности данных между строительством и эксплуатацией.^{10,11,12}

Еще один важный тренд связан с общими средами данных и интероперабельностью. Bentley и публикации по цифровым двойникам, основанным на BIM-технологиях, подчеркивают, что именно общая среда данных CDE становятся координационным слоем, который связывает BIM, геоданные, документы, графики, полевые наблюдения и данные активов. Для отрасли это означает, что основная задача разработки ПО смещается от создания отдельных функций к обеспечению устойчивого информационного обмена между всеми участниками строительного цикла.^{2,11,13}

Для техники, оборудования и эксплуатации строительных площадок наиболее актуальны задачи по мониторингу использования машин, контролю безопасности, удаленному надзору, управлению производительностью, качеством и экологическими параметрами площадки. Публикации показывают, что ИИ, облачные BIM-системы, IoT и цифровые двойники становятся базовыми инструментами не только для крупных инфраструктурных объектов, но и для обычных строительных проектов. Это усиливает спрос на платформы, способные объединять проектный, производственный и эксплуатационный контур.^{1,3,14}

В целом для строительства формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство проекта и объекта; интеграция BIM, CDE, систем управления проектами, полевых и финансовых систем; развитие цифровых двойников и цифровой передачи объекта в эксплуатацию; а также применение ИИ там, где он повышает координацию, снижает риск отклонений, ускоряет принятие решений и повышает управляемость строительного процесса.^{1,6,10,11}

Источники информации

1. Digital Twins and BIM: Enhancing Efficiency in Construction Projects - URL: <https://abctn.org/digital-twins-and-bim-a-practical-roadmap-for-modern-construction-leaders/>
2. Common data environment of a BIM-based digital twin for real-time construction pollution management - URL: <https://www.emerald.com/ecam/article/doi/10.1108/ECAM-03-2025-0527/1316109/Common-data-environment-of-a-BIM-based-digital>
3. How BIM is Transforming the Future of Construction - URL: <https://www.polarismarketresearch.com/blog/bim-transforming-future-of-construction>
4. What is digital construction and how digital technologies in construction work - URL: <https://revizto.com/resources/blog/what-is-digital-construction>
5. The 2026 AEC Technology: BIM, AI, & Digital Twins - URL: <https://www.teslaoutsourcingservices.com/blog/the-2026-aec-technology-bim-ai-digital-twins/>
6. Autodesk Construction Cloud January Updates - URL: https://www.linkedin.com/posts/autodesk-construction-cloud_autodesk-construction-cloud-releases-for-activity-7419766356830531584-cLHg

7. Procore construction management platform overview - URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Nb18xBmPlZw>
8. Construction Financial Management Software - URL: <https://www.procore.com/financial-management>
9. Procore portfolio gets cost management enhancements - URL: <https://aecomag.com/construction/procore-financial-management-portfolio-gets-cost-management-enhancements/>
10. Autodesk Tandem - URL: <https://intandem.autodesk.com>
11. Infrastructure Digital Twin Software - Bentley Systems - URL: <https://www.bentley.com/software/digital-twins/>
12. Bentley Systems Illuminate 2026 and persistent lifecycle data - URL: <https://www.verdantix.com/insights/blog/bentley-systems-s-illuminate-2026-confronted-infrastructure-s-fragmented-data-problem-head-on>
13. Connected Digital Twins – Integration of Autodesk Construction Cloud and Esri ArcGIS Online - URL: <https://boards.autodesk.com/rail-summit-on-demand/items/connected-digital-twins-%E2%80%93-integration-of-autodesk-construction-cloud-and-esri-arcgis-online-for-smarter-project-delivery-and-digital-handover>
14. BIM Trends 2026: Evolving Design, Construction, and Skills - URL: <https://biblus.accasoftware.com/en/bim-trends-2026-evolving-design-construction-and-skills/>

27. Жилищно-коммунальное хозяйство

В жилищно-коммунальном хозяйстве ключевым трендом становится переход к единой цифровой модели коммунальной системы и жилищного фонда, которая объединяет электро- и теплоснабжение населения, управление домами, водоснабжение и водоотведение, обращение с твердыми коммунальными отходами (ТКО), приборный учет, биллинг, ремонт и диспетчеризацию. Для отрасли это особенно важно из-за износа инфраструктуры, высокой социальной значимости услуг, роста требований к надежности и необходимости одновременно повышать устойчивость, прозрачность и экономическую эффективность.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся цифровые двойники коммунальных сетей, геоинформационные системы GIS, EAM/APM-системы управления активами, SCADA-системы и диспетчерские платформы, решения для водоканалов и теплосетей, ПО для управления активами жилья, системы биллинга и субучета, а также цифровые платформы обращения с отходами. Schneider Electric и AVEVA предлагают Water 4.0 как комплекс решений в области управления водными ресурсами, автоматизации и цифровизации инфраструктуры водоснабжения и водоотведения. Он направлен на повышение эффективности, надёжности и устойчивости систем, а также на решение проблем, связанных с устаревшей инфраструктурой, климатическими изменениями и растущими затратами. AVEVA развивает подходы с использованием цифровых двойников для водоснабжения, водоотведения и

энергоснабжения городских районов, а IBM Maximo адаптируется под водную инфраструктуру и управление коммунальными активами. Это показывает, что отрасль движется к платформенной модели, где эксплуатация, ремонт, данные приборов и сервис для жителей связаны в общей цифровой среде.^{2,4,5}

Для электроэнергетики и теплоснабжения населения наиболее актуальны задачи по моделированию режимов, прогнозированию нагрузок, управлению качеством поставки, оптимизации потерь, аварийно-восстановительным работам и планированию модернизации. Schneider Electric развивает технологии цифровых двойников в применении к системам энергоснабжения и моделирования работы систем водоснабжения с дальнейшим включением ИИ-модулей предиктивной аналитики. Это отражает общий мировой тренд на переход от реактивного управления коммунальными сетями к прогнозному и сценарному управлению на основе математической модели сети.^{2,6,7}

Для водоснабжения и водоотведения ключевое значение имеют ЕАМ/АРМ-системы, гидравлическое моделирование, мониторинг утечек, управление качеством воды, состоянием насосов, трубопроводов и очистных сооружений. Практические примеры в области водоснабжения показывают рост интереса к цифровым двойникам, диспетчерским центрам, работающим с данными в реальном времени и управлению активами на основе анализа рисков, поскольку они позволяют снижать простои, потери воды и расходы на обслуживание. Компании Xylem, Veolia, Schneider Electric/AVEVA и решения на базе IBM Maximo демонстрируют, что наиболее перспективна интеграция телеметрии, моделей сети, ремонтов и капитального планирования в единой среде.^{4,8,9}

Для управления жилищным фондом быстро возрастает роль облачных платформ учета объектов, заявок, приборов учета, начислений, сервисов для жителей и управления подрядными работами. В этом контуре основной мировой тренд состоит в переходе от разрозненных таблиц и локальных учетных систем к интегрированным платформам управления жилищным фондом и коммунальными услугами с электронным взаимодействием с жильцами и прозрачным расчетом коммунальных услуг. Одновременно усиливается значение систем субучета и автоматизированного распределения потребления по квартирам и объектам.^{10,11}

Для обращения с ТКО наиболее актуальны задачи по цифровому управлению контейнерным фондом, маршрутами вывоза, загрузкой техники, контролю переполнения, сортировке и аналитике потоков отходов. Современные публикации по теме «умного обращения с отходами» и цифровым двойникам для работы с отходами показывают, что цифровые двойники, IoT-датчики и динамическая маршрутизация становятся базовыми инструментами повышения эффективности и снижения издержек. В частности, программное обеспечение компании Routeware для управления парком транспортных средств, специализирующееся на оптимизации операций в сфере управления твердыми отходами, переработки и тяжелых грузов и аналогичные платформы

уже показывают эффект за счет использования цифровых технологий для управления и оптимизации маршрутов, используемых для регулярного вывоза отходов.^{12,13,14}

Сквозным технологическим трендом для всего ЖКХ становятся цифровые двойники, IoT, предиктивная аналитика, платформы реального времени и интеграция с биллингом и сервисными каналами. Публикации аналитической компании Fraunhofer, Schneider Electric и отраслевые обзоры по темам водоснабжения, теплоснабжения и управлению отходами подчеркивают, что основная ценность возникает там, где математическая модель, телеметрия, история отказов, данные о нарядах на выполнение работ и данные о потреблении объединяются в единой архитектуре. Это открывает путь к риск-ориентированному обслуживанию, снижению потерь и более точному инвестиционному планированию.^{1,2,6,12}

В целом для ЖКХ формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство коммунальной инфраструктуры и жилищного фонда; интеграция цифровых двойников, ЕАМ/АРМ, диспетчеризации, биллинга, клиентских сервисов и маршрутных систем; развитие предиктивного обслуживания и сценарного управления; а также применение ИИ там, где он повышает надежность услуг, прозрачность начислений, эффективность ремонтов и устойчивость коммунальной системы.^{2,5,8,14}

Источники информации

1. Digital Twins and Mathematical Models for the Energy Transition - URL: https://www.itwm.fraunhofer.de/content/dam/itwm/en/documents/Pressemitteilung_enPDF/2025/2025-12-16_Press-Release_e-world_2026.pdf

2. Water, wastewater and district energy utilities to increase decarbonisation and operational efficiency, with upgraded digital twin tools from Schneider Electric - URL: <https://www.se.com/au/en/about-us/newsroom/news/press-releases/water-wastewater-and-district-energy-utilities-to-increase-decarbonisation-and-operational-efficiency-with-upgraded-digital-twin-tools-from-schneider-electric-5d937fb74c67e865180f24ab>

3. Best District Heating Digital Twin Software 2026 - URL: <https://www.f6s.com/software/category/district-heating-digital-twin>

4. Schneider Electric Combats Water and Wastewater Management Constraints with Digital Technologies - URL: <https://www.se.com/my/en/about-us/newsroom/news/press-releases/schneider-electric-combats-water-and-wastewater-management-constraints-with-digital-technologies-6020e2635471ca70377a4fe2>

5. IBM Maximo for Water Utilities - URL: <https://www.naviam.io/industries/water-utilities>

6. Simulation tool advances climate-friendly district heating management - URL: <https://techxplore.com/news/2025-01-simulation-tool-advances-climate-friendly.html>

7. Simulation Tool for Climate-Friendly District Heating Management - URL: <https://nachrichten.idw-online.de/2025/01/02/simulation-tool-for-climate-friendly-district-heating-management>

8. Digital Twins Boost Ops - Smart Water Utilities USA 2026 - URL: <https://www.usa.smart-water-utilities.com/news/digital-twins-make-a-splash-in-water-utilities>

9. Asset Management Software for Water & Wastewater Utilities - URL: <https://www.aquasight.io/solutions/asset-management-water-wastewater>

10. Residential Utility Billing Software - URL: <https://inhabit.com/solutions/residential-utility-billing-software/>

11. Best Multi-Utility Submetering Software 2026 - URL: <https://www.f6s.com/software/category/multi-utility-submetering>

12. Smart waste ecosystems under industry 5.0: A framework - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590123025040393>

13. The Rise of Recycling Digital Twins to Boost Efficiency - URL: <https://www.waste360.com/waste-recycling/the-rise-of-recycling-digital-twins-to-boost-efficiency>

14. Waste Management Routing Software - URL: <https://routeware.com/solutions/collection-operations/route-optimization/>

28. Недропользование и геологоразведка

В мировой практике недропользования и геологоразведки ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели недр и месторождения, которая объединяет геологоразведочные работы, полевую геологию, керн, опробование, геофизику, 3D-моделирование, оценку ресурсов и запасов, проектирование освоения и последующую эксплуатацию. Для отрасли это особенно важно из-за высокой неопределенности данных, длительного цикла принятия решений и необходимости быстрее обновлять представление о месторождении по мере поступления новой информации.^{1,2,3}

Комментарий: Опробование в геологоразведке — это система операций, которая включает отбор материала изучаемой природной среды, полученной из неё технологической продукции или отходов производства, подготовку этого материала к анализу и определение качественных и количественных характеристик его состава, а также различных свойств.

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся базы геологоразведочных данных, системы ведения и контроля бурения, 3D-геологическое моделирование, геостатистика, каркасное и блок-моделирование, оценка ресурсов, планирование способов разработки рудного месторождения на протяжении всего жизненного цикла горнодобывающего проекта и платформы коллективной работы с данными недр. Компании Seequent, Hexagon, Micromine, Maptek, Datamine и K-MINE развивают именно такой сквозной контур, в котором геологические данные превращаются в единую цифровую основу для подсчета запасов, проектирования и планирования разработки месторождений.^{4,5,6}

Комментарии: каркасное (wireframe-) и блок-моделирование — это методы

трёхмерного представления геологических данных, используемые в геологоразведке и горном деле для оценки месторождений, планирования добычи и анализа распределения полезных ископаемых.

В контуре геологического изучения недр наиболее актуальны задачи по ускорению обработки полевых и лабораторных данных, обеспечению качества и прослеживаемости проб, динамическому обновлению геологических моделей и снижению зависимости от ручных операций. В программном обеспечении Leapfrog Geo от компании Seequent акцент делается на методе создания трехмерных геологических моделей, который позволяет автоматически или интерактивно обновлять модель при появлении новых данных или изменении условий. Hexagon MinePlan Geosciences Suite связывает сбор полевых данных, процессы обеспечения контроля и гарантий качества и достоверности данных, полученных в ходе геологоразведочных работ (QA/QC), геомоделирование и процессы оценки объема ресурсов в единой платформе. Это отражает общий мировой тренд на переход от разрозненных локальных файлов к управляемой среде данных недропользования.^{5,7,8}

Для подсчета запасов и ресурсного моделирования ключевое значение имеют блок-моделирование, геостатистические методы, оценка неопределенности и управляемое обновление моделей по мере поступления новых буровых и аналитических данных. Современные публикации по цифровым двойникам для моделирования минеральных ресурсов показывают, что именно скорость и воспроизводимость обновления ресурсной модели становятся критическим фактором качества решений. Компания Hexagon в своем программном обеспечении Block Model Manager, в программном обеспечении Datamine компании Mineral Industries Computing Limited развиваются технологии, ориентированные на использование геостатистических методов для анализа и моделирования геологических данных. Они позволяют учитывать пространственную зависимость параметров месторождений, повышать точность оценки запасов и принимать обоснованные решения. K-MINE, специализированная геоинформационная система (ГИС) одноименной компании, используемая в геологоразведке и горной промышленности, объединяет функции моделирования месторождений, проектирования горных работ, планирования, маркшейдерских работ и других задач, связанных с добычей полезных ископаемых использует ИИ в блок-моделировании, и это развивается как как ядро цифрового недропользования.^{3,8,9} *Комментарий: блок-моделирование - это метод создания упрощённого трёхмерного представления рудного тела и его окружения в виде набора компьютерных «блоков» — ячеек, которые представляют небольшие объёмы горных пород в месторождении. Каждый блок содержит оценки данных, таких как содержание элементов, плотность, тип горной породы и другие геологические или инженерные значения.*

Сквозным технологическим трендом становится облачная и платформенная интеграция данных недр. Seequent Evo, облачная платформа для работы с геологическими данными, разработанная компанией Seequent

(подразделением Bentley Systems), позиционируется как открытый онлайн-сервис, предоставляющий доступ к геологическим данным, картам, фотографиям и другим ресурсам в сфере геологоразведки, который объединяет данные из собственных и сторонних приложений, поддерживает открыты API, машинное обучение и процессы совместной работы. Для отрасли это означает переход от настольных изолированных приложений к единому пространству данных, где геологи, геофизики, буровики и горные инженеры работают с единой актуальной версией модели.^{4,10,11}

Еще один важный тренд связан с ИИ и цифровыми двойниками. Исследования и отраслевые публикации показывают рост интереса к использованию технологий искусственного интеллекта (ИИ) для создания трехмерных моделей рудных тел на основе анализа разнообразных данных, автоматическому блок-моделированию, определения потенциально перспективных территорий для поиска новых месторождений полезных ископаемых и цифровым двойникам минеральных ресурсов. Для проектов в области воспроизводства минерально-сырьевой базы это особенно важно, поскольку позволяет быстрее формировать приоритеты поисковых работ, точнее выбирать цели бурения и оперативнее актуализировать оценку перспективных объектов.^{1,3,12}

Для ввода месторождений в эксплуатацию и перехода от геологоразведки к проектированию наиболее актуальны задачи по бесшовной передаче данных от геологического моделирования к проектированию рудника, планированию работ и оценке технико-экономических сценариев. Программное обеспечение Maptek Vulcan, Micromine Origin/Beyond и K-MINE позиционируется как интегрированные среды, где геологическая модель, проект карьера или шахты, график отработки и производственные решения связаны в общем цифровом процессе. Это уменьшает потери информации между стадиями и повышает управляемость решений при освоении месторождений.^{6,13,14}

В целом для недропользования и геологоразведки формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство недр; интеграция геологоразведочных баз данных, 3D-моделирования, геостатистики, блок-моделей и проектных контуров; развитие облачных платформ, цифровых двойников и ИИ-поддержки; а также применение автоматизации там, где она повышает воспроизводимость оценки ресурсов, скорость принятия решений и качество воспроизводства минерально-сырьевой базы.^{4,7,10,12}

Источники информации

1. Exploring digital twin systems in mining operations: A review - URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2950555024000582>
2. The digital twin technology and its application for mining industry - URL: <https://n-gn.ru/en/articles/ori/2024/05/digital-twin-technology.html>

3. Advancing Mineral Resource Modeling with Digital Twin Technology - URL: <https://www.cerena.pt/projects/advancing-mineral-resource-modeling-digital-twin-technology>
4. Seequent Evo geoscience platform - URL: <https://www.seequent.com>
5. Leapfrog Geo | 3D geological modelling software - URL: <https://www.seequent.com/products-solutions/leapfrog-geo/>
6. Software Solutions Presentation - mining software vendors and lifecycle coverage - URL: <https://www.global.weir/globalassets/investors/reporting-centre/2025/capital-markets-event/software-solutions-presentation.pdf>
7. New mobile drillhole logging app saves geologists valuable time - URL: <https://blog.hexagonmining.com/en/new-mobile-drillhole-logging-app-saves-geologists-valuable-time/>
8. Hexagon MinePlan Geosciences Suite Reviews - URL: <https://www.miningsoftwarereviews.com/software/hexagon-mineplan-geosciences>
9. K-MINE 2026: Multi-Model AI for Block Modeling and Mine Planning - URL: <https://k-mine.com/news/k-mine-2026-multi-model-ai-for-block-modeling-and-mine-planning/>
10. Seequent out to integrate geoscience data into one platform with Evo - URL: <https://im-mining.com/2025/03/03/seequent-out-to-integrate-geoscience-data-into-one-platform-with-evo/>
11. Seequent brings AI and cloud-enabled geoscience to PDAC 2026 - URL: <https://www.seequent.com/seequent-brings-ai-and-cloud-enabled-geoscience-to-pdac-2026/>
12. AI in Critical Minerals Drilling & Exploration: Top 5 Trends in 2026 - URL: <https://business20channel.tv/ai-in-critical-minerals-drilling-exploration-top-5-trends-in-2026-08-05-2026>
13. Maptek Vulcan - 3D mine planning & geological modelling - URL: <https://www.maptek.com/products/vulcan/>
14. Micromine Origin / Beyond and end-to-end digital ecosystem - URL: <https://www.australianmining.com.au/micromine-takes-massive-leaps-into-mine-design/>

29. Экология

В мировой экологической повестке ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели экологической системы, которая объединяет обращение с отходами, вторичными ресурсами, мониторинг атмосферного воздуха и вод, управление объектами негативного воздействия, накопленным вредом и контуром экономики замкнутого цикла. Для отрасли это особенно важно из-за ужесточения требований к прослеживаемости, росту объема данных наблюдений и необходимости одновременно повышать результативность мер в области экологии, прозрачность и экономическую устойчивость решений.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся платформы экологического мониторинга, GIS и геоаналитика, системы управления отходами и вторичными ресурсами,

управления маршрутами перевозки отходов, решения для полигонов и переработки, EHS-решения в области экологии, охраны труда и промышленной безопасности (Environment, Health and Safety), EMS-платформы экологического менеджмента (Environmental Management System), а также цифровые двойники природно-технических систем. Компания AMCS (глобальный поставщик интегрированных облачных программных решений и транспортных технологий для отраслей, связанных с экологией, управлением отходами, переработкой, ресурсами и устойчивым развитием) развивает ПО для мониторинга ресурсов, сточных вод, выбросов и KPI, а отраслевые решения для управления работы с отходами все чаще строятся как единые операционные платформы для логистики, учета, взвешивания, биллинга и аналитики. Это показывает, что экология становится областью платформенной цифровизации, а не набора локальных учетных систем.^{4,5,6}

Для обращения с ТКО, вторичными ресурсами и мест накопления отходов наиболее актуальны задачи по цифровому учету контейнерного фонда, прогнозированию наполнения, планированию размещения и обустройства площадок, динамической маршрутизации, диспетчеризации вывоза, контролю веса и качества потоков, а также по прослеживаемости материалов до сортировки, переработки и захоронения. Компании Routeware (компания, которая предоставляет технологические решения для управления отходами и их переработки) и AMCS продвигают интегрированные платформы для управления операциями по сбору отходов, маршрутизации, взвешивания и оценки объемов, пользовательские порталы и анализа использования специализированного транспорта, а исследования в области «умного» обращения с городскими отходами показывают быстрый рост интереса к цифровым двойникам контейнерных и логистических систем. Это отражает общий мировой тренд на перевод сферы обращения с отходами из реактивного режима к управлению, основанному на данных.^{5,6,7}

Для обработки, обезвреживания, утилизации и захоронения отходов ключевое значение имеют цифровые модели материальных потоков, управление загрузкой оборудования, контроль выбросов, качество вторичных ресурсов и оптимизация жизненного цикла полигона или перерабатывающего комплекса. Публикации последних лет прямо указывают на рост применения цифровых двойников для управления операциями на полигонах по переработке отходов и ИИ для прогнозирования потоков и повышения эффективности переработки. В контексте экономики замкнутого цикла это означает переход от простого учета отходов к цифровому управлению материальными циклами и возвратом ресурсов в хозяйственный оборот.^{1,8,9}

Для мониторинга атмосферного воздуха, поверхностных и морских вод, водных биологических ресурсов и объектов накопленного вреда наиболее актуальны задачи по объединению данных стационарных постов, лабораторий, дистанционного зондирования, гидрологических и биологических наблюдений в единой аналитической среде. В этой области усиливается роль GIS-систем, цифровых двойников территорий, потоковой аналитики и систем

раннего предупреждения. Современные обзоры по экономике замкнутого цикла и концепции нулевого загрязнения (zero pollution) подчеркивают, что ключевая задача состоит не только в сборе данных, но и в оперативной интерпретации экологической обстановки для принятия управленческих решений.^{2,10}

Сквозным технологическим трендом становится цифровой двойник экологической системы, связанный с IoT, ИИ, моделированием и платформами сценарного анализа. Научные публикации и рыночные исследования показывают, что цифровые технологии в экономике замкнутого цикла применяются для сортировки отходов, мониторинга ресурсов, оценки экологического воздействия, прогнозирования сбоев и оптимизации процессов. Для отрасли экологии это означает переход к упреждающему управлению, где сценарии загрязнения, логистики отходов и извлечения вторичных ресурсов можно оценивать до внедрения решений в реальной среде.^{1,2,9}

Еще один важный тренд связан с интеграцией экологического контура с экономикой замкнутого цикла. Европейская комиссия и отраслевые обзоры подчеркивают, что следующая стадия развития сектора — формирование цифровых рынков вторичных материалов, прослеживаемых цепочек сырья и сервисов, связывающих экологический контроль, логистику, переработку и повторное использование. Это делает отраслевое ПО не только инструментом контроля, но и механизмом управления ресурсной ценностью отходов и вторичных ресурсов.^{3,11}

В целом для области экологии формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство экологических данных и потоков отходов; интеграция мониторинга, GIS, управление маршрутами перевозки отходов, переработки, EHS/EMS-систем и платформ экономики замкнутого цикла; развитие цифровых двойников и сценарного анализа; а также применение ИИ там, где он повышает прослеживаемость, качество экологических решений, эффективность обращения с отходами и устойчивость природно-технических систем.^{2,4,5,11}

Источники информации

1. Review of Digital Technologies for the Circular Economy and the Role of Simulation - URL: <https://publica.fraunhofer.de/entities/publication/2aa4eb0b-6ea2-4a95-89ff-ab023dc01863>
2. Digital Technologies for the Circular Economy - URL: <https://www.eng.it/en/neta/risorse/trends-e-tecnologie/2025/05/tecnologie-digitali-per-l-economia-circolare--l-evoluzione-della>
3. Circular Economy - European Commission - URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/circular-economy_en

4. Environmental management software - AMCS - URL: <https://www.amcsgroup.com/uk/solutions/ehs-software/environmental-management-software/>

5. Solid Waste Services Software Upgrade - AMCS Platform / Routeware integration - URL: <https://www.muni.org/Departments/Assembly/SiteAssets/Pages/EnterpriseandUtilityOversightCommittee/AMCS%20Platform%20KT%208.19.pdf>

6. Waste Management Routing Software - Routeware - URL: <https://routeware.com/solutions/collection-operations/route-optimization/>

7. DIGITAL TWIN TECHNOLOGY FOR SMART URBAN WASTE MANAGEMENT - URL: <https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/4LYdmyAw/>

8. Digital Twin Modeling for Recycling Plant Operations Market - URL: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/digital-twin-modeling-for-recycling-plant-operations-market>

9. Artificial Intelligence and Digital Twins for Sustainable Waste Management - URL: <https://www.mendeley.com/catalogue/d74d564b-85e6-34a1-b050-c8d83865d795/>

10. Strategic environmental watch report on circular economy. The 10 keys for 2025 - URL: <https://www.ihobe.eus/en/publications/environmental-monitoring-report-circular-economy-strategy-the-10-key-points-for-2025>

11. Digital Technology's Role in Circular Waste Management - URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/bse.70943>

30. Финансы

В мировом финансовом секторе ключевым трендом становится переход к платформенной цифровой операционной модели, которая объединяет клиентские каналы, core-системы (ключевые программные платформы), платежи, кредитный конвейер, страховые и пенсионные процессы, посттрейд, учет активов, регуляторную отчетность и средства противодействия мошенничеству. Для банков, страховщиков, пенсионных организаций, депозитариев и регистраторов это особенно важно из-за высокой регуляторной нагрузки, давления на издержки и необходимости одновременно обеспечивать устойчивость, скорость вывода продуктов и качественный клиентский опыт.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся централизованные системы бэк-офиса, централизованные платформы для обработки платежей, системы автоматизации процесса подачи заявки на кредит и его обработки кредитором, системы управления политиками, системы обработки претензий и выплат, системы управления пенсионными программами, системы для перевода прав на ценные бумаги и другие операции с ними, системы для хранения активов и обработки сделок после их совершения, системы борьбы с мошенничеством и противодействием отмыванию денег (AML - Anti-Money Laundering) и цифровые платформы клиентского взаимодействия. Аналитические обзоры подчеркивают, что сквозными драйверами для всех сегментов выступают

технологии агентского ИИ (автономные системы искусственного интеллекта, способные самостоятельно принимать решения, планировать действия и выполнять задачи в рамках заданных целей, правил и ограничений), модернизация ядра, архитектура, основанная на публикации API, гиперперсонализация и повышение операционной устойчивости. Это означает, что развитие отраслевого ПО все меньше строится вокруг отдельных модулей и все больше — вокруг единого цифрового контура финансовой организации.^{1,4,5}

Для банков и кредитных организаций наиболее актуальны задачи по модернизации основных банковских систем, ускорению платежей, автоматизации кредитного и депозитного контура, управлению ликвидностью и встраиванию ИИ в операционные процессы. Oracle продвигает архитектуру банковских систем, которая основана на использовании технологий искусственного интеллекта как основы всех операций на принципах компонуемости, использования облачных технологий с открытыми API. Компания Temenos (глобальный лидер в сфере банковского программного обеспечения) продолжает наращивать инвестиции в банковское ПО, ориентированное на обновление ядра и цифровых каналов. Это отражает общий мировой тренд на постепенную замену монолитных банковских систем модульными облачными платформами.^{6,7,8}

Для страховых организаций ключевое значение имеют облачные платформы для андеррайтинга, полисного администрирования, урегулирования убытков и взаимодействия с агентской сетью. Компания Guidewire (американская компания, которая разрабатывает и предоставляет корпоративное программное обеспечение для компаний, работающих в отрасли страхования имущества и страхования от несчастных случаев) прямо связывает процессы модернизации ядра своих ИТ-систем с использованием технологии агентского ИИ и открытой облачной платформой, а компания Sapiens (глобальный поставщик программных решений для финансовой отрасли, с особым акцентом на страховую сферу) позиционирует свою платформу для отрасли страхования как основанное на ИИ, открытое и интегрированное решение. В результате страховое ПО развивается в сторону компонуемой архитектуры, где продукты, правила, интеграции и ИИ-сервисы могут обновляться быстрее, чем в традиционных системах.^{9,10,11}

Для негосударственных пенсионных фондов и смежных организаций наиболее актуальны задачи по автоматизации пенсионного администрирования, расчету выплат, управлению изменениями нормативных правил, цифровому сервису для клиентов и аналитике долгосрочных обязательств. Рыночные обзоры в этой области фиксируют ускоренный переход к облачным решениям, а публикации по использованию технологий ИИ в области пенсионного обеспечения указывают на рост роли персонализированной аналитики, автоматизации процессов и адаптивного управления портфелем. Это означает, что пенсионный контур также переходит

от учетной автоматизации к интеллектуальной платформе управления жизненным циклом пенсионного продукта.^{12,13,14}

Для депозитариев, регистраторов и инфраструктуры финансовых транзакций основным трендом становится автоматизация полного посттрейд-цикла, переход на новые стандарты сообщений, поддержка цифровых активов и обеспечение сквозной прослеживаемости операций. Компания Broadridge (международная компания, которая предоставляет технологические и коммуникационные решения для финансовой индустрии) позиционирует свои ИТ-решения как масштабируемую, компонентную, модульную платформу для всей цепочки транзакций – от фронт-офиса до бэк-офиса - и как систему для процессов обработки сделок после их совершения, которые охватывают несколько классов активов одновременно, а также развивает основанную на стандарте ISO 20022 (международный стандарт, который определяет методологию создания и проектирования схем и форматов электронных финансовых сообщений) и интегрированную инфраструктуру для хранения, учет и управления активами от имени клиента, включая работу с цифровыми активами. Это показывает, что учет прав, корпоративные действия, расчетно-депозитарные процессы и регистрация сделок все чаще строятся как единая цифровая транзакционная фабрика.^{15,16,17}

Сквозным технологическим трендом для всей отрасли становятся ИИ, реализация подхода к разработке, при котором приоритет отдается созданию API, что обеспечивает возможности интеграции с внешними сервисами, автоматизацию рабочих процессов и доступа к данным в режиме реального времени, модульный подход к проектированию систем, облачные модели поставки и усиление киберустойчивости. Аналитические и консалтинговые компании Datos Insights и KPMG отмечают, что ИИ в 2026 году переходит от сценариев применения в качестве ассистентов к масштабному использованию в рамках основного операционного бизнеса, а регуляторные требования смещаются к устойчивости, которая интегрируется в саму архитектуру финансовых систем, объяснимости и контролируемой автоматизации. Для разработчиков и заказчиков это означает необходимость строить финансовое ПО как управляемую платформу с надежной интеграцией, наблюдаемостью и встроенным контролем рисков.^{1,3,4}

В целом для финансового сектора формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство организации; интеграция основных банковских систем, страхового и пенсионного контура, посттрейда, систем борьбы с мошенничеством и противодействием отмыванию и цифровых каналов; развитие облачных архитектур и архитектур, ориентированных на использование возможностей ИИ; а также применение автоматизации там, где она повышает скорость операций, соответствие регулированию, устойчивость процессов и качество сервиса для клиентов и участников финансового рынка.^{1,6,9,15}

Источники информации

1. 2026 Top Trends in Financial Services & Insurance - Datos Insights - URL: <https://datos-insights.com/resources/top-trends/>
2. Financial Services Regulatory Outlook 2026 - Deloitte - URL: <https://mkto.deloitte.com/rs/712-CNF-326/images/regulatory-outlook-2026.pdf?version=0>
3. Regulatory drivers and trends for Financial Services in 2026 - KPMG - URL: <https://kpmg.com/xx/en/our-insights/regulatory-insights/regulatory-drivers-and-trends-for-financial-services-in-2026.html>
4. Oracle Cloud Banking Software and Solutions - URL: <https://www.oracle.com/europe/financial-services/banking/>
5. 2026 outlook: Industry leaders give their take on the year ahead - URL: <https://www.retailbankerinternational.com/features/industry-leaders-give-their-take-on-year-ahead/>
6. Temenos forecasts 2026 full year core earnings to grow by 9% - URL: <https://www.globalbankingandfinance.com/temenos-forecasts-2026-full-year-core-earnings-grow-9/>
7. Top tier US bank in cash management tech revamp with Temenos and Finastra - URL: <https://www.fintechfutures.com/bankingtech/top-tier-us-bank-in-cash-management-tech-revamp-with-temenos-and-finastra>
8. Cloud Banking Software and Solutions—Financial Services - Oracle - URL: <https://www.oracle.com/europe/financial-services/banking/>
9. Cloud Solutions for Insurance - Guidewire - URL: <https://www.guidewire.com/products/technology/guidewire-cloud>
10. Insurance AI from Guidewire - URL: <https://www.guidewire.com/products/technology/insurance-ai-from-guidewire>
11. Sapiens: Intelligent Insurance Technology Software Solutions - URL: <https://sapiens.com>
12. Pension Administration Software Market Size & Share Analysis - URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/pension-administration-software-market>
13. Pension Administration Software Market Trends And Opportunities - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/pension-administration-software-market-trends-ebiuf>
14. The AI-Powered Pension: How Technology is Revolutionizing Retirement Planning and Management - URL: <https://wealthandfinance.digital/the-ai-powered-pension-how-technology-is-revolutionizing-retirement-planning-and-management/>
15. Post-Trade Processing - Broadridge - URL: <https://www.broadridge.com/capability/middle-and-back-office-solutions/post-trade-processing/>
16. Broadridge delivers full ISO 20022 capabilities for post-trade - URL: <https://posttrade360.com/news/infrastructure/broadridge-delivers-full-iso-20022-capabilities-for-post-trade/>

17. Broadridge Launches Next-Generation Digital Asset Capabilities for Canadian Wealth Management - URL: <https://www.prnewswire.com/news-releases/broadridge-launches-next-generation-digital-asset-capabilities-for-canadian-wealth-management-302426590.html>

31. Мобильная связь

В мировой отрасли мобильной связи ключевым трендом становится переход к программно-управляемой цифровой операционной модели оператора, которая объединяет сеть радиодоступа, транспорт, ядро сети, системы OSS/BSS (Operations Support Systems - системы поддержки эксплуатационных процессов, Business Support Systems - системы поддержки бизнес-процессов оператора), клиентские каналы, тарификация услуг, обеспечение качества услуг и управление опытом абонента. Для операторов мобильной связи это особенно важно из-за роста трафика, усложнения независимой архитектуры мобильной сети пятого поколения 5G SA, требований к монетизации новых услуг и необходимости одновременно повышать качество сети, энергоэффективность и скорость вывода продуктов на рынок.^{1,2,3} *Комментарий: 5G SA (Standalone, автономный стандарт) — это архитектура мобильной сети пятого поколения, которая работает полностью независимо от существующей инфраструктуры 4G LTE. В отличие от другого подхода к развёртыванию 5G — NSA (Non-Standalone, неавтономный стандарт), где сеть 5G опирается на ядро 4G LTE, 5G SA использует полностью новую сетевую инфраструктуру, созданную специально для 5G.*

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся OSS/BSS-системы, системы оркестрации сервисов мобильной связи, тарификации услуг, системы управления правилами предоставления услуг, мониторинга, управления и оптимизация сетей для обеспечения заранее определённых соглашений об уровне обслуживания (SLA), системы отслеживания физических и нематериальных активов в инфраструктуре оператора связи, системы управления ИТ-инфраструктурой с использованием интеллектуальных алгоритмов, машинного обучения и аналитики больших данных (AIOps - Artificial Intelligence for IT Operations), системы поддержки клиентоориентированных сервисов и платформы автоматизации сети. Рыночные обзоры фиксируют устойчивый рост рынка OSS/BSS-систем, в том числе облачных OSS/BSS. Лидирующие вендоры — Amdocs, Netcracker, Nokia, Ericsson — все чаще предлагают не отдельные модули, а изначально основанные на облачной модели и использовании технологий ИИ платформы для сквозного управления бизнес- и сетевым контуром. Это показывает, что программное обеспечение становится главным инструментом промышленного управления оператором как сложной цифровой системой.^{4,5,6}

В контуре управления сетью наиболее актуальны задачи по автоматизации эксплуатации, предиктивному обнаружению неисправностей, анализу исходных причин возникновения проблем, реализации систем,

обеспечивающих автоматизированный, самокорректирующийся процесс, которые непрерывно отслеживают, обнаруживают и устраняют проблемы в сети, реализация систем оптимизации радиосети и обеспечения качества сервисов в реальном времени. Nokia прямо связывает развитие своей платформы AVA с автономными сетями (телекоммуникационная сеть, которая самонастраивается, оптимизируется, восстанавливается и защищается с минимальным участием человека, используя аналитику в реальном времени и модели машинного обучения), с моделью поддержки операционной деятельности, ориентированной на достижение заранее заданного результата с точки зрения уровня обслуживания, наблюдаемостью состояния сети и с использованием технологий искусственного интеллекта (преимущественно чат-ботов и разговорных интерфейсов) для помощи клиентам в решении проблем, выполнении транзакций или получении информации без участия человека. Отраслевые прогнозы выделяют самовосстанавливающиеся сети и управление сетевыми операциями с использованием технологий ИИ как основной вектор развития. Это отражает переход операторов от инцидентной эксплуатации к упреждающему управлению сетью на основе данных.^{2,7,8}

Для OSS/BSS-систем и коммерческого контура ключевое значение имеют цифровые каналы, реализация сквозного бизнес-процесса, который охватывает весь жизненный цикл клиента — от выявления потенциального клиента (лида) до получения оплаты за оказанные услуги, каталог продуктов и услуг, управление заказами, тарификация, работа с партнерами и монетизация услуг мобильной связи 5G SA. Компания Netcracker продвигает свою платформу Digital Platform как комплексный BSS/OSS-подход, реализующий эти принципы, а также автоматизацию процессов жизненного цикла предоставления услуг и гибридные сценария использования облачных технологий. Amdocs представила CES26 – новейшую версию Customer Experience Suite (CES). Это агент-ориентированный комплекс BSS (Business Support System), OSS (Operations Support System) и сетевых решений, работающий на базе когнитивного ядра Amdocs aOS (Agentic Operating System for Telecommunications). Это показывает, что коммерческий и сетевой контур все теснее интегрируются вокруг единой цифровой платформы оператора.^{6,9,10}

Для сетей 5G SA и новых моделей дохода особенно актуальны задачи по реализации технология в мобильной связи, которая позволяет разделить единую физическую инфраструктуру сети на несколько виртуальных сетей (слайсов - network slicing), дифференцированному качеству обслуживания, контрактным SLA, edge-сервисам и реализации стратегии и методов получения дохода от корпоративных клиентов (предприятий, бизнеса), а не от конечных потребителей. Компания Ericsson отмечает рост коммерческих предложений на базе срезов (слайсов) сети 5G SA и подчеркивает значение дифференцированной связности, а в платформе Nokia AVA обеспечивается автоматизация с интеллектуальным созданием и гарантированным предоставлением сетевых срезов. Это означает, что специализированное ПО должно поддерживать не только эксплуатацию сети, но и промышленную

монетизацию сетевых возможностей как цифрового продукта.^{3,7,11}
Комментарий: Дифференцированная связность (Differentiated Connectivity) — это подход в мобильной связи, при котором операторы связи предлагают различные условия обслуживания для разных пользователей или потоков трафика, учитывая их приоритеты и требования к качеству услуг.

Сквозным технологическим трендом становится ИИ, включая генеративный ИИ (GenAI) и агентный ИИ, встроенный в процессы обслуживания клиентов, процессы планирования, обеспечения гарантий предоставления качественных услуг клиентам, проектирование, установку, настройку, обслуживание и оптимизацию систем связи (engineering), процессы и операции, связанные поддержанием работы сетей и услуг. Компании Amdocs, Nokia и отраслевые обзоры подчеркивают, что ИИ переходит от точечных пилотов к масштабному использованию в продуктивной среде управления операциями управления сетью, где он помогает формировать рекомендации, автоматизировать действия, ускорять поиск знаний и повышать производительность команд. Однако практическая ценность достигается только при наличии качественной телеком-модели данных, открытых интерфейсов и управляемой облачной архитектуры.^{1,2,10}

Еще один важный тренд связан с модернизацией архитектуры — переходом к открытым API, модульности, возможностью использования облачных сервисов от различных поставщиков и нейтральным по отношению к поставщикам подходам, в том числе в контексте реализации концепции открытой архитектуры радиодоступа (O-RAN) и готовности к развертыванию сетей 6G. GSMA (Global System for Mobile Communications Association — глобальная организация, которая объединяет участников мобильной экосистемы) и рыночные исследования по облачным OSS/BSS-системам показывают, что операторы входят в новый цикл создания решений, использующих технологии ИИ, машинного обучения, облачных технологий и O-RAN, а разработчики ПО вынуждены строить решения, которые легче встраиваются в мультивендорную экосистему. Для операторов это означает снижение зависимости от отдельных поставщиков и повышение управляемости цифровой трансформации.^{4,12,13}
Комментарий: O-RAN (Open RAN) — это концепция открытой и интеллектуальной сети радиодоступа (Radio Access Network, RAN) в мобильной связи. Она предполагает стандартизацию интерфейсов между компонентами сети, что позволяет использовать оборудование и программное обеспечение от разных производителей, а также внедрять виртуализацию и интеллектуальные технологии для оптимизации работы сети.

В целом для отрасли мобильной связи формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство оператора; интеграция OSS/BSS-систем управления сетью, обеспечение гарантий предоставления услуг, тарификации и обеспечения каналов взаимодействия с клиентами; развитие автономных операций, монетизации услуг сетей связи 5G SA и платформы со встроенными

ИИ-технологиями; а также применение автоматизации там, где она повышает надежность сети, скорость вывода услуг, эффективность эксплуатации и качество абонентского опыта.^{1,6,7,11}

Источники информации

1. 10 Telecom Trends Shaping AI-Assisted Modernization in 2026 and Beyond - URL: <https://mobilelive.ai/blog/10-telecom-trends-shaping-ai-assisted-modernization-in-2026-and-beyond>
2. Telecom Trends 2026: AI, 5G and Self-Healing Networks - HCLTech - URL: <https://www.hcltech.com/trends-and-insights/telecom-trends-2026>
3. Ericsson Mobility Report November 2025 - URL: <https://www.ericsson.com/en/reports-and-papers/mobility-report>
4. OSS & BSS Market Size, Share, Growth & Forecast to 2034 - URL: <https://www.imarcgroup.com/oss-bss-market>
5. Cloud OSS/BSS Market Leading Players - URL: <https://www.marketsandmarkets.com/ResearchInsight/cloud-oss-bss-market.asp>
6. Netcracker Digital BSS/OSS product suite - TM Forum - URL: <https://www.tmforum.org/oda/directory/software-providers/directory/netcracker/products/netcracker-digital-bss-oss-product-suite>
7. Nokia launches AVA 5G Cognitive Operations to help telcos enter the 5G era - URL: <https://www.telecomtv.com/content/5g/nokia-launches-ava-5g-cognitive-operations-to-help-telcos-enter-the-5g-era-38262/>
8. Autonomous Networks - Nokia - URL: <https://www.nokia.com/blog/on-the-journey-to-autonomous-networks-save-millions-with-ai-and-analytics/>
9. Netcracker Digital Platform Provides Comprehensive BSS/OSS for CSPs - URL: <https://www.netcracker.com/blog/netcracker-digital-platform-provides-comprehensive-bss-oss-for-csps>
10. MWC 2026: Amdocs Unveils CES26, an Agent-driven BSS-OSS-Network Suite - URL: <https://www.amdocs.com/press-release/amdocs-unveils-ces26-an-agent-driven-bss-oss-network-suite>
11. GSMA Survey: Operator Strategies for 5G, AI/ML, O-RAN and Cloud - URL: <https://www.hcltech.com/sites/default/files/documents/resources/pdf-landing-page/files/2026/05/18/gsma-mobile-live-survey.pdf>
12. Top Six Telecom Trends 2026: Agentic AI, 6G, Open RAN, & More - URL: <https://covalensedigital.com/resources/blogs/top-telecom-trends-2026>
13. Top 7 Telecom Industry Trends for 2026 - URL: <https://tridenstechnology.com/telecom-industry-trends/>

32. Фиксированная связь

В мировой отрасли фиксированной связи ключевым трендом становится переход к программно-управляемой цифровой модели оператора фиксированного доступа, объединяющей строительство и эксплуатацию волоконно-оптической сети, системы OSS/BSS (Operations Support Systems - системы поддержки эксплуатационных процессов, Business Support Systems - системы поддержки бизнес-процессов оператора), клиентские каналы,

процессы предоставления услуг, обеспечения качества обслуживания, выполнение работ на объекте клиента и управление качеством абонентского опыта. Для операторов фиксированной связи это особенно важно из-за роста ситуаций, когда оптоволокно прокладывается непосредственно до клиента (FTTH- Fiber to the Home), перехода от стадии массового строительства к стадии эффективного коммерческого использования сети и необходимости одновременно снижать издержки, ускорять подключения и повышать надежность.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся OSS/BSS-системы для обеспечения широкополосного доступа, управления активами, оркестрации услуг, управления заказами, системы управления персоналом, системы цифрового строительства сети, системы обеспечения качества предоставляемых услуг и платформы управления клиентским опытом. Обзоры рынка отмечают, что лидирующие поставщики все чаще предлагают облачные решения и решения со встроенными сервисами ИИ, а не набор разрозненных модулей. Это означает, что программное обеспечение становится основным инструментом промышленного управления всем жизненным циклом фиксированной сети — от проектирования и развертывания до сервиса и ремонта.^{1,4,5}

В контуре строительства и развития сети наиболее актуальны задачи по цифровому управлению FTTH-проектами прокладки волоконно-оптического кабеля, когда оптоволокно прокладывается непосредственно до клиента, координации подрядчиков, сертификации волоконной инфраструктуры, актуализации данных об активах и синхронизации проектного и фактического состояния сети. Nokia в 2025 году выпустила Broadband Easy — цифровую платформу для ускорения развертывания оптоволоконных сетей, где автоматизация и ИИ помогают оптимизировать проектирование, монтаж, бюджеты и контроль подрядчиков. Это отражает общий мировой тренд на перевод строительства фиксированной сети в управляемый цифровой процесс с высокой степенью прослеживаемости.^{3,6}

Для эксплуатации сети и обеспечения качества сервиса ключевое значение имеют цифровые двойники FTTH-сети, видимость состояния активов в реальном времени, анализ первопричин возникновения проблем, профилактическое выявление деградаций и автоматизация восстановления. Nokia Altiplano формирует единый цифровой вид активных и пассивных компонентов FTTH-сети, поддерживает валидацию топологии, данных о ресурсах сети, а также использует Fiber Health Analyzer для раннего обнаружения проблем и анализа причин. Это показывает, что предоставление услуг широкополосного доступа фиксированной связи все быстрее переходит к модели, основанной на использовании данных, и предиктивной эксплуатации сети.^{7,8}

Для коммерческого и сервисного контура наиболее актуальны задачи по реализации всего цикла взаимодействия с клиентом от первого контакта до получения оплаты (lead-to-cash), технологии автоматической настройки

сетевого оборудования, которые устраняют необходимость ручного вмешательства при установке и конфигурации устройств (zero-touch provisioning), управление заказами, модели продаж больших объемов услуг, цифровому сопровождению абонента от подключения до обслуживания. ИТ-решение для операторов фиксированной связи Netcracker Fiber Cloud Solution (разработано компанией Netcracker Technology - дочерняя компания NEC Corporation) позиционируется как открытая среда для автоматизации бизнес-процессов предоставления услуг связи на основе оптоволоконных сетей: от планирования и проектирования до предоставления услуг, предоставления большого объема услуг. Компания ZIRA считает, что программное обеспечение фиксированного оператора должно одновременно поддерживать как физическую инфраструктуру, так и сложную коммерческую экосистему поверх нее.^{2,9,10}

Сквозным технологическим трендом становятся ИИ, агентный ИИ, облачные архитектуры, интеграция на основе API и автономные широкополосные сети. Такие организации как GSMA (Global System for Mobile Communications Association) и Broadband Forum подчеркивают, что операторы все активнее рассматривают ИИ как средство сокращения операционных расходов и перехода к полностью автономным системам, а компания Calix (американская телекоммуникационная компания, специализирующаяся на предоставлении программных платформ, систем и сервисов для поддержки предоставления широкополосных услуг) строит ИИ-платформу Calix One и Operations Cloud для предиктивной аналитики, автоматизации и управления опытом абонента. Это говорит о переходе отрасли от реактивной эксплуатации к самооптимизирующейся цифровой среде фиксированного доступа.^{4,11,12}

Еще один важный тренд связан с интеграцией домашней и операторской сети. Nokia Corteca и Calix делают акцент на сочетании управления доступа к сети, программного обеспечения, которое используется для управления и обеспечения работы домашней широкополосной сети (in-home broadband software), сервисов работы с Wi-Fi и обслуживании клиентов на основе использования данных. Для фиксированной связи это принципиально, поскольку качество услуги формируется не только магистральной и абонентской линией, но и домашней сетью, устройствами и скоростью реакции сервиса. Поэтому отраслевое ПО должно охватывать не только линейную инфраструктуру, но и весь цифровой контур взаимодействия с абонентом.^{8,12,13}

В целом для отрасли фиксированной связи формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство оператора; интеграция строительства волоконно-оптических сетей FTTH, OSS/BSS-систем, систем учета сервисов, логических и физических ресурсов телекоммуникационной сети, процессов обеспечения качества предоставляемых услуг, клиентских каналов и полевых сервисов; развитие цифровых двойников, платформ со встроенными технологиями ИИ и автономных операций; а также применение автоматизации

там, где она повышает скорость подключения, надежность сети, эффективность эксплуатации и качество пользовательского опыта.^{1,3,7,11}

Источники информации

1. Top OSS/BSS Platforms for Broadband Automation 2026 - URL: <https://aexsoftware.com/blog/top-oss-bss-platforms-broadband-automation-2026>
2. Fiber market 2026: The shift from network build-out to business execution - URL: <https://ziragroup.com/resources/fiber-market-2026-the-shift-from-network-build-out-to-business-execution/98>
3. Nokia automates fiber deployments with Broadband Easy - URL: <https://www.nokia.com/newsroom/bringing-fiber-to-the-next-billion-homes-nokia-automates-fiber-deployments-with-broadband-easy/>
4. Network Transformation 2026 - GSMA Intelligence - URL: <https://www.gsmainelligence.com/research/network-transformation-2026>
5. The future of OSS/BSS in the modern telco space - URL: <https://www.avenga.com/magazine/the-future-of-oss-bss-in-the-modern-telco-space/>
6. Nokia Broadband Easy digital platform and services accelerate fiber rollouts - URL: <https://www.nokia.com/newsroom/bringing-fiber-to-the-next-billion-homes-nokia-automates-fiber-deployments-with-broadband-easy/>
7. Nokia launches FTTH digital twin and AI-powered tools to boost network reliability - URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2025/10/06/3161418/0/en/Nokia-launches-FTTH-digital-twin-and-AI-powered-tools-to-boost-network-reliability.html>
8. Broadband access networks | Nokia - URL: <https://www.nokia.com/broadband-access/>
9. Netcracker Fiber Cloud Solutions Debut - URL: <https://futurumgroup.com/insights/netcracker-enriches-fiber-operator-diet-with-netcracker-fiber-cloud-solutions-debut/>
10. Netcracker Launches Broadband Experience Solutions - URL: <https://www.netcracker.com/news/press-releases/netcracker-launches-broadband-experience-solutions-to-accelerate-growth-and-innovation/>
11. Vision of AI powered internet of the future released - Broadband Forum - URL: <https://www.broadband-forum.org/news/2026-05-19-vision-of-ai-powered-internet-of-the-future-released/>
12. Calix One Platform for Broadband - URL: <https://www.calix.com/products/platform.html>
13. Calix Operations Cloud and end-to-end solution strategy - URL: <https://www.calix.com/video/cloud/operations-cloud-and-the-calix-end-to-end-solution-strategy.html>

33. Спутниковая связь

В мировой отрасли спутниковой связи ключевым трендом становится переход к программно-управляемой цифровой модели спутникового оператора, которая объединяет космический сегмент, наземный сегмент,

сетевую оркестрацию, управление полезной нагрузкой, эксплуатацию терминалов, коммерческие сервисы и взаимодействие с наземными сетями связи. Для операторов спутниковой связи это особенно важно из-за роста многослойных GEO/LEO-архитектур, усложнения наземной инфраструктуры и необходимости одновременно повышать гибкость, надежность и скорость вывода новых услуг.^{1,2,3} *Комментарии: GEO/LEO-архитектуры. Системы спутниковой связи, использующие спутники на геостационарных орбитах и низких околоземных орбитах. GEO — Geostationary Earth Orbit; геостационарная околоземная орбита. LEO — Low Earth Orbit; низкая околоземная орбита.*

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся системы управления наземным сегментом, оркестрация многоспутниковых и многоорбитальных сервисов, ПО для программно-определяемых спутников, программно-определяемая радиосистема (SDR - Software-Defined Radio), управление лучами и полезной нагрузкой, обеспечение гарантий предоставления уровня услуг, OSS/BSS-системы спутникового оператора и платформы интеграции спутниковых сетей в инфраструктуру 5G (5G/NTN). *Комментарии: 1) Программно-определяемые спутники (Software Defined Satellite, SDS) — это космические аппараты, функциональность которых можно гибко настраивать и программировать непосредственно на орбите после запуска. В отличие от традиционных спутников с жёстко заданными характеристиками, SDS позволяют операторам адаптировать их к изменяющимся требованиям миссии, рыночным условиям или технологическим вызовам. 2) Программно-определяемая радиосистема (SDR — Software-Defined Radio) в контексте спутниковой связи — это технология, которая позволяет гибко настраивать рабочие параметры радиосистемы с помощью программного обеспечения, а не жёстко заданных аппаратных параметров. Это обеспечивает адаптивность, масштабируемость и универсальность систем связи.*

Аналитические материалы подчеркивают быстрый рост рынка программно-определяемых спутников и изменение требований к наземному сегменту, где ключевым становятся архитектура сетей, которая разделяет плоскость управления (control plane) и плоскость передачи данных (data plane), автономизация процессов и интеграция с корпоративными сетями. Это означает, что программное обеспечение становится главным механизмом промышленного управления спутниковой системой как распределенной цифровой сетью.^{2,4,5}

В контуре космического сегмента наиболее актуальны задачи по гибкой реконфигурации полезной нагрузки, цифровому управлению частотными и энергетическими ресурсами, перестройке зон покрытия и обновлению программных функций на орбите. Рыночные обзоры указывают на рост рынка систем реконфигурации сетей с использованием ИИ, обеспечения гибкой настройки сети в ходе эксплуатации для адаптации к меняющимся требованиям рынка, изменениям в бизнес-среде, появление новых технологий

или даже возможность смене орбитальной позиции, распространение облачной модели управления операциями и систем удаленного обновления ПО.

Компания Eutelsat в системе OneWeb делает акцент на динамической переконфигурации полезной нагрузки (payload) спутника на орбите с помощью команд с наземных станций и интеграции спутниковых систем с наземными сетями 5G на уровне инфраструктуры. Это отражает общий мировой тренд на переход от жестко заданной спутниковой архитектуры к управляемой программой спутниковой платформе.^{4,6} *Комментарии: Eutelsat OneWeb — это глобальная система спутниковой связи, созданная в результате слияния французской компании Eutelsat и британского спутникового оператора OneWeb. После объединения была образована компания Eutelsat Group, где OneWeb функционирует как дочерняя компания с операционным центром в Лондоне.*

Для наземного сегмента ключевое значение имеет виртуализация и процессы разделения аппаратных и программных компонентов сетевой инфраструктуры, что позволяет независимо управлять и масштабировать отдельные элементы сети. Это касается функций хаба (центра управления) или шлюза (устройства, обеспечивающего связь между спутниковой сетью и наземными сетями). Происходит переход к использованию облачных технологий для обработки сигналов, что позволяет эффективно выполнять вычислительные задачи обработки данных в спутниковых системах. Это позволяет гибко масштабировать ресурсы, оптимизировать обработку больших объемов данных и повышать эффективность работы наземных станций и спутниковых сетей.

Еще один тренд состоит в использовании стандартных вычислительных платформ архитектуры x86 вместо специализированного оборудования там, где это возможно. Европейское космическое агентство ESA и компания Kratos (американская технологическая компания, специализирующаяся на технологиях в сфере обороны и национальной безопасности) описывают полностью программно-определяемый хаб как основу более масштабируемых, гибких и автоматизированных наземных систем. Это инновационная технология, которая заменяет традиционные аппаратные хабы на виртуальные программные решения, работающие на общих вычислительных платформах (например, x86). Это позволяет повысить гибкость, масштабируемость и экономичность наземных систем спутниковой связи.

OpenSpace, программно-определяемая наземная система для спутниковой связи, разработанная компанией Kratos, рассматривается как платформа для виртуальной наземной инфраструктуры. Это показывает, что наземный сегмент спутниковой связи развивается по логике облачной ИТ-инфраструктуры, а не только традиционного телепорта и аппаратных шлюзов.^{7,8,9}

Для сетевого управления и предоставления услуг наиболее актуальны задачи по управлению и координации работы спутниковых сетей,

включающих спутники на разных орбитах (геостационарной, средней околоземной, низкой околоземной), автоматическому выбору маршрута, управлению пропускной способностью, задачи подключения клиентов, самообслуживания, выполнения SLA-соглашений об уровне оказываемых услуг и интеграции спутниковой связи с наземными сетями и 5G. Компания Intelsat (глобальный оператор спутниковой связи) в партнерстве с G&S SatCom (немецкая компания, специализирующаяся на решениях в области спутниковой связи) внедряет ИИ-платформу для управления спутниковыми сетями, который объединяет спутники на геостационарной (GEO) и низкой околоземной орбите (LEO) для обеспечения гибкого и надёжного подключения, а в собственных материалах описывает цель практически полного устранения ручного управления сетевым трафиком за счет автоматизированных процессов управления сетью. Это означает, что операторы движутся к модели автономного управления спутниковой сетью в режиме реального времени.^{10,11}

Еще один важный тренд связан с конвергенцией спутниковой и наземной связи. Intelsat разрабатывает архитектуру сети 5G, которая работает полностью независимо от существующей инфраструктуры 4G LTE (Standalone 5G core – 5G SA) для интеграции наземных сегментов сети связи, которые используют фиксированную инфраструктуру, и внеземные платформы обеспечения связи, такие как спутники, высотные платформы, беспилотные летательные аппараты. Компания использует оборудование, соответствующее стандартам пятого поколения мобильной связи (5G), для оркестрации пользовательского оборудования и полосы пропускания, а новые платформы проектируются с учетом совместимости оборудования и технологий с стандартами, разработанными консорциумом 3GPP (3rd Generation Partnership Project) и бесшовной интеграцией между спутниковой и сотовой средой. Для отрасли это означает, что специализированное ПО спутниковых операторов должно поддерживать не только собственные сети, но и участие в общей цифровой телеком-экосистеме.^{12,13}

Сквозным технологическим трендом становятся ИИ, облачные модели поставки, программно-определяемая полезная нагрузка, виртуализированный наземный сегмент и цифровые двойники сети. Via Satellite, ABI Research и ESA отмечают рост значения интеграции данных из нескольких источников в режиме реального времени для получения более полной, точной и согласованной информации о состоянии сети, автоматизации с использованием ИИ, программно-определяемой полезной нагрузки спутника и полностью виртуализированной наземной инфраструктуры спутниковой связи. Это открывает путь к более точному управлению ресурсами, ускоренному вводу сервисов, повышению устойчивости и снижению стоимости масштабирования спутниковой инфраструктуры.^{1,7,14}

В целом для отрасли спутниковой связи формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство космического и наземного сегмента;

интеграция программно-определяемых спутников, виртуализированного наземного сегмента, оркестрация и управление группировками на нескольких орбитах, развитие OSS/BSS и 5G/NTN-интерфейсов; развитие ИИ-поддержки и автономных операций; а также применение автоматизации там, где она повышает гибкость сети, эффективность использования орбитально-частотного ресурса и качество спутниковых сервисов.^{2,4,10,12}

Источники информации

1. 10 Tech Trends That Will Impact the Space and Satellite Industry in 2026 - URL: <https://www.worldteleport.org/news/716060/Via-Satellite-10-Tech-Trends-That-Will-Impact-the-Space-and-Satellite-Industry-in-2026.htm>
2. Commercial satcom ground equipment: trends and forecasts - URL: <https://www.analysismason.com/research/content/reports/satcom-ground-equipment/>
3. Satellite communication market size and outlook - URL: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/satellite-communication-market>
4. Software-Defined Satellite Research Report 2026 - URL: <https://finance.yahoo.com/news/software-defined-satellite-research-report-142800166.html>
5. The trends that will shape satellite IoT in 2026 - URL: <https://www.satelliteevolution.com/post/the-trends-that-will-shape-satellite-iot-in-2026>
6. Eutelsat Awards Airbus Contract for 340 Additional OneWeb LEO Satellites - URL: <https://satnews.com/2026/01/13/eutelsat-awards-airbus-contract-for-340-additional-oneweb-leo-satellites/>
7. Fully software-defined hub from Kratos set to transform satcom ground systems - URL: <https://connectivity.esa.int/archives/news/fully-softwaredefined-hub-kratos-set-transform-satcom-ground-systems>
8. Kratos Space: Software-Defined Mission-Critical Ground Systems - URL: <https://www.kratosspace.com>
9. SOA: Ground Data Systems and Mission Operations - NASA - URL: <https://www.nasa.gov/wp-content/uploads/2026/05/11-soa-ground-data-systems-2026-final.pdf?emrc=6a0aeabf8024a>
10. Intelsat Selects G&S SatCom for Multi-Orbit Network Orchestration - URL: <https://www.satellitetoday.com/technology/2025/03/04/intelsat-selects-gs-satcom-for-multi-orbit-network-orchestration/>
11. Powering and Accelerating the True Virtualization of Space - Intelsat - URL: <https://www.intelsat.com/resources/blog/powering-and-accelerating-the-true-virtualization-of-space/>
12. Intelsat flies towards always-on connectivity - URL: <https://www.mobileworldlive.com/5g/intelsat-flies-towards-always-on-connectivity/>

13. High-speed, low-latency LEO satellite - Eutelsat OneWeb - URL: <https://www.eutelsat.com/satellite-network/oneweb-leo-constellation>

14. ABI Research's Top 7 Space Technology Trends to Know in 2026 - URL: <https://www.abiresearch.com/blog/top-space-technology-trends>

34. Телерадиовещание

В мировом телерадиовещании ключевым трендом становится переход к программно-управляемой цифровой модели вещателя, которая объединяет захват и оцифровку материала, редакции новостей (newsroom), управление медиаактивами (MAM - Media Asset Management), планирование и составление расписаний, вещание и воспроизведение, мониторинг, дистрибуцию сигнала и публикацию на OTT/FAST-платформах. Для телерадиокомпаний это особенно важно из-за фрагментации аудиторий, роста числа каналов и цифровых витрин, а также необходимости одновременно снижать инфраструктурные затраты и ускорять выпуск контента.^{1,2,3}

Комментарии: OTT-платформы (Over-the-Top) — это цифровые сервисы, которые доставляют видеоконтент напрямую потребителям через интернет, минуя традиционные каналы дистрибуции (кабельное, спутниковое телевидение). Они позволяют создавать и распространять контент на условиях создателей, обеспечивая доступ к нему на различных устройствах — смартфонах, планшетах, умных телевизорах и компьютерах. FAST-платформы (Free Ad-Supported Streaming TV) — это разновидность OTT-моделей, где пользователи получают бесплатный доступ к линейным телевизионным каналам через интернет, а доход формируется за счёт показа рекламы во время просмотра.

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся системы автоматизации эфира, системы, которые объединяют несколько ключевых функций вещания в единую компактную единицу: автоматизируют процессы воспроизведения видео, генерации графики, управления автоматизацией и обработки аудио в рамках одного устройства или программной платформы. в телерадиовещании концепцию (CIAB - channel-in-a-box), MAM-системы управления медиаактивами, планирование сетки и рекламных блоков, мониторинг сигнала и качества, оркестрация для IP-производства и системы управления многоплатформенной дистрибуцией. Рыночные обзоры показывают устойчивый рост рынка решений для автоматизации различных задач в процессе вещания, включая планирование, управление контентом и его доставку (Broadcast automation software) и управления воспроизведением контента в заранее определённом порядке (playout automation), а сами вендоры все чаще предлагают программно-определяемые и облачные решения, способные работать в локальной, гибридной конфигурации или в публичных облаках. Это означает, что основное развитие отраслевого ПО идет в сторону единой операционной платформы вещателя.^{1,4,5}

В контуре эфирного производства и выпуска наиболее актуальны задачи по автоматизации вещания, запуску тематических и региональных каналов,

резервированию, быстрому переключению источников, интеграции графики и субтитров, а также управлению версиями сигнала для разных платформ распространения. Компания Evertz (глобальная технологическая компания, которая разрабатывает и производит профессиональные радиочастотные решения для наземной спутниковой связи) развивает Mediator-X и evertz.io как связанный контур управления медиаактивами, процессов генерации исходного сигнала радио- или телевизионного канала, производимого вещателем, и его передачи в сеть для распространения аудитории (transmission playout), реализации облачных и гибридных сценариев использования технологий для управления и распространения телевизионного контента и трансляции видео в реальном времени через интернет или другие каналы,

Компания Pebble (компания, специализирующаяся на разработке решений для автоматизации телерадиовещания, управления контентом и интегрированных каналов) концентрируется на системах автоматизации, которые обеспечивают надежную и бесперебойную работу вещательных мощностей, минимизируя простои и сбои, и в своем программном решении Integrated Channel для сферы телерадиовещания обеспечивает функциональность для обработки аудио, видео и графики, т.е. программную основу многоканального выпуска. Это отражает общий мировой тренд на перенос эфирной логики из аппаратных траекторий в программно-управляемую среду.^{6,7,8}

Для IP- и облачной трансформации вещания ключевое значение имеют процессы оркестрации, мониторинга, слои управления цифровыми системами, которые отвечают за конфигурирование, мониторинг и управление инфраструктурой, и наблюдаемость во всем медиатракте — от захвата до выпуска и распространения. Компания Evertz делает акцент на своих решениях ENX и XChange как на базовых платформах и изначально облачных сервисах для управления событиями в реальном времени, маршрутизации сигналов и динамическом переключении между различными рынками и аудиториями. *Комментарий: ENX — это гибридная медиaplatforma следующего поколения, которая объединяет возможности маршрутизации и обработки сигналов. XChange — это облачная платформа для оркестровки и обработки живых потоков. Она управляется через SaaS-сервис на платформе evertz.io.*

Компания Imagine Communications (американская транснациональная технологическая компания, специализирующаяся на решениях для телерадиовещания и медиаиндустрии) продвигает IMS как систему полной видимости цепочки создания виде-контента и мониторинга видеосетей, а XVR как масштабируемый движок медиасерверов и инструмент управления линейными и потоковыми каналами вещательного качества в локальных, гибридных и облачных средах. Это показывает, что программное управление медиасетью становится столь же важным, как собственно выпуск сигнала.^{9,10,11}

Для телевидения и радио все более значимым становится единый контур управления контентом и публикацией на линейных и цифровых площадках.

Облачные платформы для управления и воспроизведения телевизионного контента позволяют вещателям автоматизировать процесс вещания, обеспечивая планирование, подготовку и дистрибуцию контента через интернет без необходимости использования физической инфраструктуры. Они позволяют из одной среды осуществлять вещание широкой аудитории выпускать (broadcast), доставлять видеоконтент через интернет, минуя традиционные каналы кабельного, спутникового или эфирного телевидения (OTT - Over-The-Top), использовать собственные каналы распространения (DTC - Direct to Consumer) и сочетать линейное программирование (как в традиционном телевидении) и возможности потокового воспроизведения по запросу (FAST-каналы - Free Ad-Supported Streaming TV), а также быстрее локализовать контент, вставлять региональную рекламу и масштабировать тематические сервисы. Компания Amagi (глобальная компания, специализирующаяся на облачных технологиях для телерадиовещания и стриминговых сервисов) показывает этот тренд особенно наглядно: ее облачная платформа для автоматизации и воспроизведения контента в сфере телевизионного и потокового вещания Cloudport ориентирована на широкоэмитательное телевидение, потоковое воспроизведение по запросу FAST и прямые трансляции мероприятий, спортивных событий, концертов, новостных выпусков и других событий в режиме реального времени. При этом платформа поддерживает массовое резервирование, автоматический мониторинг проблем и более глубокую интеграцию с облачной инфраструктурой.^{12,13}

Сквозным технологическим трендом становится ИИ, который применяется для автоматического контроля соблюдения требований, субтитрования, перевода, локализации, анализа качества сигнала, интеллектуального планирования и предотвращения сбоев. Рыночные обзоры указывают на рост использования ИИ для планирования и составления расписаний, мониторинга на соблюдение нормативных требований и динамическую вставку рекламы, а провайдеры вещательного ПО связывают ИИ с повышением операционной эффективности и снижением нагрузки на команды эфира. Для отрасли это означает переход от ручного диспетчерского управления к упреждающему цифровому управлению эфирной и мультимедийной средой.^{1,14}

Еще один важный тренд связан с переходом от последовательного цифрового интерфейса SDI (Serial Digital Interface) к IP и гибридным архитектурам на базе стандартов и протоколов SMPTE 2110, SRT и облачных сервисов. Компании Grass Valley (канадская компания, специализирующаяся на технологиях для телерадиовещания), Evertz и Pebble подчеркивают преимущества модульных программных экосистем, где производительность аппаратного обеспечения дополняется эластичностью использования возможностей программного обеспечения и удаленной эксплуатацией. Для телерадиовещания это означает, что управление производственными процессами и оборудованием все чаще строится не как управление

отдельными аппаратными стойками, а как управление динамической цифровой медиаплатформой.^{3,5,8} *Комментарии: 1) SMPTE ST 2110 — набор стандартов, разработанный Обществом инженеров кино и телевидения (SMPTE), который определяет передачу, синхронизацию и описание отдельных потоков мультимедиа (видео, аудио, метаданные) по IP-сетям для профессионального производства, плейаута и других медиаприложений в реальном времени; 2) SRT — транспортный протокол с открытым исходным кодом, разработанный компанией Haivision. Он предназначен для передачи видео и других медиапотоков с низкой задержкой по сетям IP, включая общедоступный интернет.*

В целом для телерадиовещания формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство контента и выпуска; интеграция новостных комнат, МАМ-систем управления медиаактивами, планирование, выпуск в эфир, мониторинга и цифровой дистрибуции; развитие облачных архитектур, встроенных ИИ-сервисов и архитектур, изначально ориентированных на IP-протоколы; а также применение автоматизации там, где она повышает надежность эфира, скорость запуска каналов, качество мониторинга и эффективность многоплатформенного вещания.^{1,6,10,12}

Источники информации

1. Playout Automation & Channel-in-a-Box Analysis Report 2026 - URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2026/05/08/3290870/0/en/playout-automation-channel-in-a-box-analysis-report-2026-global-industry-size-share-trends-opportunity-and-forecast-2021-2031F.html>
2. Broadcast Automation Software Market Report 2026 - URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/5954484/broadcast-automation-software-market-report>
3. Grass Valley: Broadcast Solutions & Media Production Technology - URL: <https://www.grassvalley.com>
4. Playout Automation And Channel-In-A-Box Market Size and Share - URL: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/playout-automation-and-channel-in-a-box-market>
5. Top Broadcast & Media Technology Trends to Watch in 2026 - URL: <https://cabsat.com/top-broadcast-&-media-technology-trends-to-watch-in-2026.html>
6. Asset Management & Playout - Evertz - URL: <https://evertz.com/applications/asset-management-playout/>
7. Pebble Automation and Integrated Channel manage playout for SRF - URL: <https://www.digitalmediaworld.tv/broadcast/pebbles-automation-and-integrated-channel-manage-playout-for-srf-facility>
8. Spanish Broadcaster Updates Playout With Pebble Solutions - URL: <https://www.tvtechnology.com/platform/broadcast/spanish-broadcaster-updates-playout-with-pebble-solutions>

9. Press Releases & News - Evertz NAB 2026 - URL: <https://evertz.com/media/press/>

10. Evertz to Showcase New Cloud-Centric Live Media Workflows with evertz.io XChange - URL: <https://evertz.com/resources/press/Evertz%20to%20launch%20Cloud-Centric%20Live%20Media%20Workflows%20with%20evertz.ioXChange.pdf>

11. Imagine Brings Next-Gen Media Infrastructure to FOMEX 2026 - URL: <https://imaginecommunications.com/insights-and-resources/imagine-brings-next-generation-media-infrastructure-to-fomex-2026/>

12. Amagi Upgrades Cloudport Cloud Payout Platform - URL: <https://www.mediaplaynews.com/amagi-upgrades-cloudport-cloud-payout-platform-for-better-service-to-broadcast-fast-and-live-event-streams/>

13. The Future of Broadcasting: Cloud-powered Live TV - URL: <https://www.amagi.com/webinars/august-2025>

14. Broadcast Automation Software Market Size, Growth Report 2035 - URL: <https://www.researchnester.com/reports/broadcast-automation-software-market/3712>

35. Издательская деятельность и полиграфия

В мировой издательской деятельности и полиграфии ключевым трендом становится переход к сквозной цифровой модели контентного и производственного цикла, которая объединяет редакционное планирование, подготовку материалов, верстку, управление медиаресурсами, публикацию в печатных и электронных каналах, а также управление печатным производством и заказами. Для отрасли это особенно важно из-за роста многоканальной публикации, давления на сроки, усложнения персонализации и необходимости одновременно повышать качество, скорость и рентабельность выпуска.^{1,2,3}

Если рассматривать отрасль через призму специализированного ПО, то ключевыми становятся

- системы, которые охватывают планирование, создание, проверку и публикацию контента
- DAM/MAM-системы управления цифровыми активами (Digital Asset Management)
- использование приложений для создания визуально привлекательных документов с сочетанием текста, графики, таблиц и других элементов
- технологии, которые позволяют создавать и заказывать печатные продукты через онлайн-платформы (web-to-print)
- системы управления информацией, которые могут использоваться для автоматизации некоторых этапов производственного процесса, например, для учета и контроля выполнения задач, отслеживания этапов работы с материалами (MIS - Management Information Systems)
- системы проверки файлов на наличие ошибок или несоответствий перед отправкой на печать (preflight)

- системы управления цветом в процессе производства печатной продукции
- платформы мультязычной цифровой публикации.

Обзоры фиксируют рост облачных платформ, использование ИИ для кастомизации, настройки и автоматизации процессов производства контента, а лидирующие вендоры развивают интегрированные среды, соединяющие редакционный, дизайнерский и производственный контур. Это означает, что основным объектом автоматизации становится не отдельная стадия, а весь жизненный цикл контента и печатной продукции.^{1,4,5}

Для издательских организаций, выпускающих книги, газеты, журналы и электронные СМИ, наиболее актуальны задачи по управлению единым источником контента, повторному использованию материалов, автоматизации версий для печати, веба, мобильных и социальных платформ, а также ускорению редакционного цикла. Исследование Publishing Trends 2025 показывает, что ИИ уже стал частью процессов подготовки изданий к выпуску, их редактирования, обработки и распространения, особенно в процессах процесс сбора и анализа информации, обработки изображений, процессах перевода текстов и процессах генерации идей (мозговых штурмах), при этом главным вопросом остается доверие, маркировка (процесс нанесения на печатную продукцию специальных средств идентификации или кодов, которые позволяют отслеживать её движение по логистической цепи от производства до конечного потребителя) и человеческий контроль. Это отражает общий мировой тренд на переход к доверенному ИИ в издательском контуре.⁶

Для подготовки макетов и верстки ключевое значение по-прежнему имеют платформы компьютерной верстки материалов. Adobe Creative Cloud объединяет такие инструменты, как InDesign, Photoshop, Illustrator, Acrobat и Firefly в единую эко-систему инструментов поддержки креативной работы с ИИ-функциями для изображений, видео и текста, а QuarkXPress развивается как профессиональная платформа для процессов организации текста, изображений, графических элементов и других визуальных компонентов на странице (в печатной или цифровой форме) с целью создания визуально привлекательного, читаемого и эффективного дизайна и инструмент создания визуального контента для разных форматов медиа с акцентом на скорость, надежность и поддержку сложной верстки. Это показывает, что профессиональные издательские рабочие места все чаще становятся частью единой облачной производственной среды, а не набором автономных настольных инструментов.^{7,8}

Для полиграфии наиболее актуальны задачи по автоматизации процессов препресса, т.е. допечатной подготовки макета, когда комплекс технических операций превращают дизайнерскую работу в готовый для печати файл, проверке файлов, спуску полос (процесс размещения страниц издания на печатной форме в определённом порядке), управлению очередями,

печатному планированию, маршрутизации заданий и снижению требований к квалификации оператора.

Компания Fiery (компания, которая является ведущим поставщиком цифровых интерфейсных серверов (DFE) и решений для рабочих процессов в полиграфической отрасли) развивает программно-аппаратное решение DFE для цифровой печати и полиграфии, где DFE выступает центральным узлом управления между рабочим процессом и печатной машиной, обеспечивая подготовку файлов к печати, автоматизацию задач и контроль качества. Компания также развивает решения по автоматизации процессов печати с высокой степенью автоматизации, инструменты для автоматизированного планирования производственных процессов, интеллектуальной маршрутизации работ и выполнения подготовительных работ с использованием ИИ, а решения Fiery Central/JobFlow/Prep-it ориентированы на обеспечение сквозной эффективности производства контента и печатной продукции, прозрачность и сокращение времени обработки заказов. Это отражает общий мировой тренд на перевод печатного производства в режим программно-управляемого, высокоавтоматизированного процесса.^{9,10,11}

Комментарий: DFE означает Digital Front End (цифровой интерфейсный компонент или цифровой выводной интерфейс). Это компонент, который управляет печатью, формирует растровые данные для печатных устройств (струйных, термосублимационных, лазерных принтеров) на основе задания печати, установочной информации и данных печати. DFE может быть отдельным устройством или интегрирован в состав печатного оборудования.

Для реализации процессов удаленной публикации (web-to-print), когда клиенты полиграфических предприятий самостоятельно создают, редактируют и размещают заказы на печать через онлайн-портал и для коммерческой печати быстро возрастает роль облачных витрин заказа, персонализации макетов, автоматической подготовки заданий, интеграции с CRM/ERP-системами и поддержки коротких тиражей. Рыночные обзоры этого типа программного обеспечения указывают на значимый сдвиг в сторону инструментов кастомизации, которые используют инструменты ИИ и облачную модель доставки, что особенно важно для корпоративной, рекламной и издательской продукции по требованию. В результате эти системы становятся не просто интерфейсом заказа, а цифровой точкой входа в полностью автоматизированный печатный конвейер.^{1,12}

Для электронных средств массовой информации и цифровых издательских платформ важным направлением становится управление новостными комнатами, рассылкой, медиамониторингом, аналитикой охвата и распространением контента по каналам. Компания Cision (компания, которая предоставляет программное обеспечение и услуги для специалистов в области связей с общественностью (PR), маркетинга и управления социальными сетями) строит основанную на использовании ИИ интеллектуальную платформу работы с медиаконтентом и облачные решения для

распространения, мониторинга, аналитики и процессов установления и развития деловых связей с журналистами, редакторами и представителями медиа для продвижения контента, что показывает усиление связки между публикацией, дистрибуцией и аналитикой отклика аудитории. Для современных издательств это означает сближение редакционного ПО и платформ управления коммуникацией и распространением материалов.^{13,14}

В целом для издательской деятельности и полиграфии формируется следующая приоритетная повестка развития отраслевого ПО: единое доверенное информационное пространство контента и производственных заказов; интеграция рабочих редакционных процессов, процессов компьютерной верстки материала, удаленной печати по заказу (web-to-print), препресс-процессов подготовки дизайн-макета на печать и печатного производства; развитие встраиваемых в программные продукты для полиграфии технологий ИИ, облачных и многоканальных платформ; а также применение автоматизации там, где она повышает скорость выпуска, качество макетов, прозрачность печатного процесса и эффективность работы с аудиторией.^{1,6,7,9}

Источники информации

1. Web to Print Software Market Share, Size, Trends, 2034 - URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/web-to-print-software-market-111346>
2. Top 10 Publishing Trends 2026: The Future of Content, AI, and Publishing - URL: <https://www.luminadatamatics.com/resources/blog/top-10-publishing-trends-to-watch-out-for-in-2026/>
3. 2026 Printing Trends: Automation, Faster Cycles & More - URL: <https://www.walsworth.com/blog/2026-printing-trends>
4. Strategic Shifts Transforming the Business of Print - URL: <https://www.piworld.com/article/strategic-shifts-transforming-the-business-of-print/>
5. Digital Magazine Publishing Trends That Matter After the Hype - URL: <https://www.3dissue.com/digital-magazine-publishing-trends-that-matter-after-the-hype/>
6. Publishing trends 2025: Strengthening trust with Trusted AI - URL: <https://kpmg.com/de/en/home/insights/2025/09/publishing-trends-2025.html>
7. Adobe Creative Cloud | Professional Creative Software - URL: <https://www.adobe.com/creativecloud.html>
8. QuarkXPress Desktop Publishing and Page Layout Software - URL: <https://www.quark.com/products/quarkxpress>
9. EFI Fiery Shows Unparalleled Innovation with Best-in-Class DFE and Workflow Solutions - URL: <https://theimagingchannel.com/efi-fiery-shows-unparalleled-innovation-with-best-in-class-dfe-and-workflow-solutions-at-printing-united-expo/>

10. Fiery Automation Revolution - URL:
https://www.linkedin.com/posts/fieryprint_fiery-fiery-printautomation-activity-7432364429822009344-Z0xL
11. Efi Fiery Central Flow and Balance - URL:
<https://www.px3.nl/en/producten/efi-fiery/>
12. Top 10 Web-to-Print Softwares in 2026 for Print Businesses - URL:
<https://onprintshop.com/blog/top-web-to-print-softwares>
13. Cision: AI-Powered Media Monitoring & Intelligence for PR & Comms -
 URL: <https://www.cision.com>
14. Cision - Global Cloud-Based Communications and PR Solutions Leader -
 URL: <https://www.cision.com/pr-distribution-and-placement/prnewswire/>