



АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ (PLM-СИСТЕМ) В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ

Экспертно-аналитический доклад

АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ (PLM-СИСТЕМ) В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ

Экспертно-аналитический доклад

Санкт-Петербург

2024

Авторы:

А.И. Боровков, О.И. Рождественский, Е.И. Павлова, И.И. Поняева, А.Х. Кайданова, Е.П. Чхеидзе,
А.А. Старостенко, П.С. Распопина, А.С. Голякевич, С.А. Чварков, Н.М. Луковникова, И.Б. Андреев,
А.О. Ольховик, П.А. Джелали, К. В. Кукушкин, В.Н. Будилов, П.В. Скопин

Анализ рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем) в рамках направления «Технет» НТИ. Экспертно-аналитический доклад.

В отчете представлены результаты аналитических исследований рынка систем управления жизненным циклом изделия (Product Lifecycle Management, PLM) в рамках направления «Технет» НТИ. Представлен анализ мирового и российского рынка, а именно емкость рынков и темпы роста, характеристики основных игроков и их доли на рынке. Для мирового рынка подробно рассмотрены географические сегменты и факторы развития. Исследованы технологические тенденции развития мирового и российского рынка: рассмотрены перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в PLM-системах, рыночные кейсы, а также представлен обзор ключевых научных разработок в РФ по результатам интеллектуальной деятельности. Проведен анализ обновлений функциональных возможностей зарубежных и российских PLM-систем, релиз которых состоялся в 2024 году. Подробно рассмотрены слияния и поглощения разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 года, проекты кооперации российских разработчиков и планы по развитию систем в России. Рассмотрены новые крупные проекты в области PLM-систем в России и мире. Проведен анализ нормативно-правового регулирования в России, в том числе анализ государственных программ поддержки по научно-исследовательским и опытно-конструкторским работам. Представлены ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке и необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем. Проведен анализ PLM-систем в соответствии с направлениями развития технологий 2024 году: охарактеризована роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта; проведен анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами для непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта; разработаны предложения для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований. Исследование дает целостное представление о развитии современного рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем).

Подготовлен Инфраструктурным центром «Технет» (передовые производственные технологии) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ	3
СПИСОК РИСУНКОВ	5
СПИСОК ТАБЛИЦ.....	6
СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	7
ВВЕДЕНИЕ	11
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА	13
1.1. Анализ мирового рынка	13
1.1.1. Емкость рынка, темпы роста рынка.....	13
1.1.2. Характеристики основных игроков и их доли на рынке	17
1.1.3. Географические сегменты рынка.....	23
1.1.4. Факторы развития мирового рынка	24
1.2. Анализ российского рынка	26
1.2.1. Емкость рынка, темпы роста рынка.....	26
1.2.2. Характеристики основных игроков.....	29
ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА	39
2.1. Технологические тренды развития систем. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы (примеры)	39
2.1.1. Искусственный интеллект	42
2.1.2. Квантовые технологии	43
2.1.3. Современные и перспективные сети мобильной связи	44
2.1.4. Технологии виртуальной и дополненной реальности.....	44
2.1.5. Технологии распределенных реестров	45
2.1.6. Большие данные.....	47
2.1.7. Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы.....	47
2.1.8. Общие выводы.....	48
2.2. Обзор ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД	49
2.2.1. Динамика РИД в России по направлению, ед. за период 2017-2024	49
2.2.2. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД.....	50
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЛИЗОВ ОБНОВЛЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ PLM В 2024 Г. (ЗА ПЕРИОД ДО КОНЦА 2024 Г.)	55
3.1. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г.	55

3.2. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г.	63
3.3. Заключение о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 г.	72
ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ, СДЕЛОК M&A И ПРОЕКТОВ КООПЕРАЦИИ В РОССИИ И В МИРЕ 74	
4.1. Слияния и поглощения разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 г. 74	
4.2. Проекты кооперации российских разработчиков.....	80
4.3. Планы по развитию PLM-систем в России	85
ГЛАВА 5. ОБЗОР НОВЫХ КРУПНЫХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ И В МИРЕ	88
5.1. Проекты в России	88
5.2. Проекты за рубежом.....	93
ГЛАВА 6. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ, В Т.Ч. АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ ПО НИРАМ И НИОКРАМ	97
6.1. Анализ нормативно-правовой базы регулирования в России.....	97
6.2. Анализ государственных мер поддержки, в т.ч. по НИРам и НИОКРам, сведения о значимых поддержанных проектах.....	109
ГЛАВА 7. БАРЬЕРЫ И РИСКИ, ПРИСУТСТВУЮЩИЕ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ.....	132
7.1. Ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке	132
7.2. Необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем	136
ГЛАВА 8. АНАЛИЗ В СООТВЕТСТВИИ С НАПРАВЛЕНИЯМИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 2024.....	140
8.1. Роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта	140
8.2. Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами для непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта	151
8.2.1. Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами .	151
8.2.2. Анализ технологий и подходов к интеграции PLM- и SPDM-систем. Методы организации бесшовной работы конструкторов и инженеров-расчетчиков в рамках процесса проектирования изделий	159
8.3. Разработка предложений для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований	162
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	164
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ РОССИЙСКИХ PLM-СИСТЕМ.....	166
ГЛОССАРИЙ.....	173
БИБЛИОГРАФИЯ	178

СПИСОК РИСУНКОВ

Рисунок 1. Сегментация рынка PLM по классам бизнес-приложений	13
Рисунок 2. Объем мирового рынка и CAGR мирового рынка PLM, млрд долл.	14
Рисунок 3. Объем мирового рынка и CAGR мирового рынка DT, млрд долл.	16
Рисунок 4. Структура мирового рынка систем управления жизненным циклом изделия, доли компаний-лидеров, %	20
Рисунок 5. Прогноз развития российского рынка PLM, млрд руб.	27
Рисунок 6. Число организаций, имевших специальные программные средства класса PLM в России, ед.....	28
Рисунок 7. Доля организаций, использовавших российские PLM-системы в России на 2023 г.	28
Рисунок 8. Пример применения блокчейна в рамках управления лабораторией контроля качества	46
Рисунок 9. Пример применения блокчейна в рамках управления аддитивным производством .	46
Рисунок 10. Количество РИД по направлению «системы управления жизненным циклом изделия (PLM)», в России в 2017-2024 гг., ед.	50
Рисунок 11. Сравнение PLM-систем первого и второго поколения по представлениям CIMData	144
Рисунок 12. Нарастание системной сложности в продуктах	145
Рисунок 13. Верификация и валидация в рамках системного подхода	147
Рисунок 14. Корпоративная инновационная платформа по представлениям экспертов CIMData	149
Рисунок 15. Интеграция решений в системе АСКОН.....	158
Рисунок 16. Интеграция PLM и Ansys Minerva	161

СПИСОК ТАБЛИЦ

Таблица 1. Характеристики основных игроков зарубежного рынка PLM, cPDM и DT	18
Таблица 2. Характеристики основных игроков российского рынка PLM-систем	29
Таблица 3. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы.....	40
Таблица 4. Ключевые разработки в России в части РИД в области PLM-систем.....	51
Таблица 5. Сведения об обновлениях функциональных возможностей зарубежных.....	55
Таблица 6. Сведения об обновлениях обновлений функциональных возможностей российских систем, вошедших в релизы 2024 г.	64
Таблица 7. Сведения о слияниях и поглощениях разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 г.	74
Таблица 8. Перечень проектов кооперации российских разработчиков.....	80
Таблица 9. Планы по развитию систем отечественными разработчиками	85
Таблица 10. Обзор крупных проектов в области PLM-систем в России	88
Таблица 11. Обзор крупных проектов в области PLM-систем в мире.....	94
Таблица 12. Обзор основных мер государственной поддержки.....	109
Таблица 13. Сведения о поддержанных проектах	124
Таблица 14. Перечень барьеров и рисков развития PLM-систем на отечественном рынке	133
Таблица 15. Перечень барьеров развития систем на российском рынке и предлагаемые решения для их преодоления	137
Таблица 16. Характеристика PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами ...	151
Таблица 17. Выгрузка из Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, выполненная 14.10.2024, по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 только по основным ПО	166

СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
Русскоязычные сокращения и обозначения		
АСУ ТП	Автоматизированные системы управления технологическими процессами	-
ГОСТ	Межгосударственный стандарт	-
ЕСКД	Единая система конструкторской документации	-
ЕСТД	Единая система технологической документации	-
ЖЦ	Жизненный цикл	-
ИИ	Искусственный интеллект	-
ИКТ	Информационно-коммуникационные технологии	-
ИТ	Информационные технологии	-
МСП	Малые и средние предприятия	-
НИОКР	Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы	-
НИОКТР	Научно-исследовательские, опытно-конструкторские и опытно-технологические работы	-
НИР	Научно-исследовательские работы	-
НПА	Нормативно-правовые акты	-
НСИ	Нормативно-справочная информация	-
НТИ	Национальная технологическая инициатива	-
ОПК	Оборонно-промышленный комплекс	-
ОС	Операционная система	-
ПО	Программное обеспечение	-
РИД	Результаты интеллектуальной деятельности	-
САПР	Система автоматизированного проектирования	-
СУБД	Система управления базами данных	-
ТМЦ	Товарно-материальные ценности	-

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
ТРР	Технологии распределенных реестров	-
УГТ	Уровень готовности технологии	-
ФИПС	Федеральный институт промышленной собственности	-
ЧПУ	Числовое программное управление	-
ЭВМ	Электронная вычислительная машина	-
ЭКД	Электронная конструкторская документация	-
ЭКИ	Электронный каталог изделий	-
ЭТД	Электронная технологическая документация	-
Англоязычные сокращения и обозначения		
AI	Artificial Intelligence	Искусственный интеллект
AEC	Architecture Engineering Construction	Средства архитектурно-строительного проектирования
APS	Advanced Planning and Scheduling	Система производственного планирования
AR	Augmented Reality	Средства дополненной реальности
BIM	Building Information Modeling (Model)	Технология информационного моделирования (ТИМ) зданий и сооружений
BPM	Business Process Management	Системы управления бизнес-процессами
CAD	Computer-Aided Design	Средства автоматизированного проектирования (САПР)
CAE	Computer-Aided Engineering	Системы автоматизации инженерных расчетов (система инженерного анализа, компьютерного инжиниринга)
CAGR	Compound annual growth rate	Совокупный среднегодовой темп роста
CAM	Computer-Aided Manufacturing	Системы разработки управляющих программ ЧПУ, также: Средства управления оборудованием с числовым программным управлением
CAPP	Computer-Aided Process Planning	Системы автоматизации технологической подготовки производства
cPDM	Collaborative Product Definition Management	Средства коллаборативного управления определением изделия

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
CPM	Corporate Performance Management	Системы управления корпоративной эффективностью
CRM	Customer Relationship Management	Системы управления взаимодействием с заказчиками
DLT	Distributed Ledger Technology	Технологии распределенного реестра
DT	Digital Twin	Цифровой двойник
EAM	Enterprise Asset Management	Системы управления основными фондами предприятия
ECAD	Electronic Computer-Aided Design	Системы автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), печатных плат и электронной компонентной базы (ЭКБ)
ECM	Enterprise Content Management	Управление корпоративным контентом
EDA	Electronic Design Automation	Системы автоматизации проектирования электрооборудования и электрических схем
EPM	Enterprise Performance Management	Системы управления эффективностью предприятия
ERP	Enterprise Resource Planning	Система управления ресурсами предприятия (финансового менеджмента, управления активами и трудовыми ресурсами)
FSM	Field Service Management	Управление выездным сервисным обслуживанием
IIoT	Industrial Internet of Things	Промышленный интернет вещей
IoT	Internet of Things	Интернет вещей
LIMS	Laboratory Information Management System	Системы управления лабораторной информацией
M&A	Mergers and Acquisitions	Слияния и поглощения
MDM	Master Data Management	Системы управления основными данными (НСИ) для производства
MES	Manufacturing Execution System	Системы управления производством
ML	Machine Learning	Технология машинного обучения
MOM	Manufacturing Operations Management	Система управление производственным процессом (операциями)
PDM	Product Data Management	Системы управления данными об изделии

Аббревиатура	Расшифровка	Перевод на русский язык
PLM	Product Lifecycle Management	Системы управления жизненным циклом изделия
SaaS	Software as a Service	Программное обеспечение как услуга
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition	Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП)
SCM	Supply Chain Management	Системы управления цепочками поставок
SPDM	Simulation Processes and Data Management	Системы управления процессами и данными компьютерного моделирования
VR	Virtual Reality	Средства виртуальной реальности
WMS	Warehouse Management System	Система управления складской логистикой

ВВЕДЕНИЕ

Экспертно-аналитический доклад, подготовленный Инфраструктурным центром «Технет» СПбПУ, и планируемые результаты его реализации признаны соответствующими целями решения задач обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации в соответствии с Протоколом заседания Экспертного совета при высшем органе управления – Наблюдательном совете автономной некоммерческой организации «Платформа Национальной технологической инициативы» от 30 сентября 2024 года № 16¹.

Так, проведенные аналитические исследования технологии интеграции SPDM- и PLM-систем способствуют доработке функциональных возможностей SPDM-системы – Цифровой платформы CML-Bench® – в части возможностей интеграции с отечественными PLM-системами на примере «Лоцман: PLM».

В аналитическом отчете рассмотрен рынок PLM-систем (Product Lifecycle Management, Системы управления жизненным циклом изделия), которые представляют собой программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции, позволяющее реализовать стратегический подход к ведению бизнеса. PLM-системы используют набор совместимых технических решений для поддержки общего (коллаборативного) представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции человеческого капитала, процессов и информации.

Концепция наличия у продукта жизненного цикла была сформирована Отто Клеппнером (Otto Kleppner), основателем Нью-Йоркского рекламного агентства в 1931 году. Клеппнер выделил три фазы / этапа развития продукта: новаторскую, конкурирующую и удерживающую [1].

В 1970 году правительство США выпустило серию военных стандартов о том, как конфигурационное управление (configuration management), в рамках которого выделяются этапы разработки продуктов. Эти документы выступили драйверами развития PLM [1].

В 1980-х годах стали набирать популярность CAD-системы (Computer-Aided Design, системы компьютерного проектирования). При этом CAD-файлы требовали значительного объема компьютерной памяти, также компании столкнулись с проблемой, как управлять и каталогизировать большой объем таких файлов. Первоначально компании разработали системы управления данными изделия (Product Data Management) для работы с большим количеством файлов. Такое программное обеспечение позволяет структурировать информацию об изделии, включая CAD-данные, модели, сведения о производстве и другие документы [2].

Параллельно появляются PLM-системы по управлению жизненным циклом изделия, в 1985 году Американская автомобилестроительная корпорация (American Motors Corporation, AMC) использовала PLM для ускорения разработки и производства автомобиля Jeep® Grand Cherokee [2]. Первым шагом стало внедрение систем САПР, которые повысили эффективность работы инженеров. На втором этапе была создана новая система коммуникации, направленная на снижение

¹ Ключевые термины и определения, использованные в настоящем докладе, включая понятие технологического суверенитета, приведены в Глоссарии

количества конфликтов, а также сокращение количества инженерных изменений, так как все чертежи и документы находились в единой базе данных [3].

Управление данными о разработке продукции в применении к разным этапам жизненного цикла показала высокую эффективность. Поэтому после того, как AMC была приобретена Chrysler, система была внедрена на этом предприятии, соединив все стадии развития продукта. В результате к середине 1990-х годов Chrysler смогла стать производителем с самой низкой себестоимостью в автомобильной промышленности [3].

PLM предполагает учет четырех ключевых фаз жизненного цикла изделия: концепцию, проектирование, производство и дистрибуцию. Внедрение и использование такого программного обеспечения будет способствовать снижению цены продукции, росту качества изделий, а также ускорению времени вывода продукции на рынок. Современные PLM-системы интегрируют такие элементы производственного процесса как программное обеспечение по управлению информацией о продукте (PIM), САПР (CAD), системы управления взаимодействием с заказчиками (Customer Relationship Management, CRM), системы управления ресурсами предприятия (ERP), системы управления производством (Manufacturing Execution System, MES), платформы промышленного интернета вещей и др. [4]

В рамках аналитического отчета исследованы российский и мировой рынки систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем) в рамках направления «Технет» Национальная технологическая инициатива (НТИ). В частности, изучены емкость рынка, проведена географическая сегментация, описаны ключевые игроки. Рассмотрены тренды и драйверы развития рынка, ключевые продукты и технологии, примеры успешного взаимодействия игроков рынка, важнейшие проекты. Также рассмотрены меры поддержки профильных компаний на рынке и сформированы перечни барьеров и рисков.

В заключительном разделе отчета проведен анализ в соответствии с направлениями развития технологии в 2024 году, в частности изучена роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, которое составляет двойник целевого продукта.

Результаты аналитических исследований направлены на развитие технологий и будут использованы при доработке функциональных возможностей SPDM-системы – Цифровой платформы CML-Bench® – в части возможностей интеграции с отечественными PLM-системами на примере «Лоцман: PLM» в обеспечение создания единого непротиворечивого информационного пространства для работы конструкторов, инженеров по требованиям, инженеров-расчетчиков, начальников отделов, главных конструкторов с целью контроля процесса выполнения требований к изделию на всех стадиях жизненного цикла.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА

В данной главе представлен анализ мирового и российского рынков систем классов PLM и средств коллаборативного управления определением изделия (Collaborative Product Definition Management, cPDm), а также рынка цифровых двойников (Digital Twin, DT). Исследование включает оценку объема рынка, представлена прогнозная динамика роста объема рынка, а также характеристика ключевых игроков и их долей на рынке. Для международного рынка также рассматриваются географические сегменты рынка и основные факторы, влияющие на развитие анализируемых цифровых технологий. Анализ российского рынка позволяет сделать заключение о текущем состоянии и потенциале развития систем классов PLM и cPDm, а также технологий DT.

1.1. Анализ мирового рынка

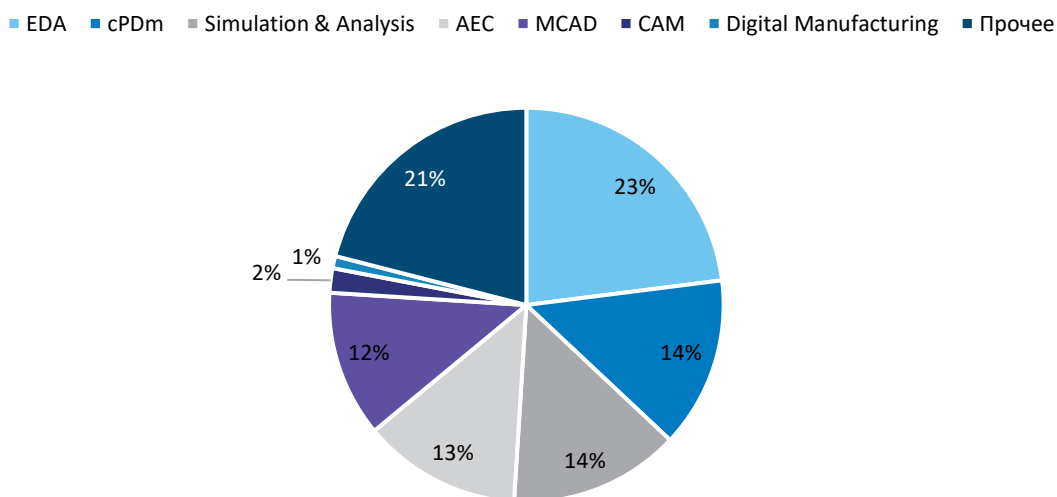
1.1.1. Емкость рынка, темпы роста рынка

При анализе емкости **рынка PLM** можно отметить, что в связи с разными подходами к определению PLM-технологий встречаются и разные оценки объема соответствующего рынка.

В определении CIMdata PLM представляет собой стратегический бизнес-подход, который основан на последовательном применении набора бизнес-решений для поддержки совместного создания, управления, распространения и использования информации о продукте в рамках расширенного предприятия, от концепции продукта до его последнего этапа жизненного цикла, объединяя людей, процессы, бизнес-системы и информацию [5].

В соответствии с концепцией CIMdata в группу PLM-технологий входит комплекс бизнес-решений, представленный на Рисунке 1.

Рисунок 1. Сегментация рынка PLM по классам бизнес-приложений [6]



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным CIMdata, 2024

По данным компании CIMdata [6], объем рынка PLM составил 73 млрд дол. США в 2023 г. со

среднегодовым темпом роста (Compound annual growth rate, CAGR) 8,6% с 2024 г. по 2030 г. Также по данным CIMdata [6], объем мирового рынка в 2021 г. составил 60,60 млрд долл., а в 2022 г. составил 66,60 млрд долл. График с объемом мирового рынка и CAGR мирового рынка PLM-решений приведен на Рисунке 2.

Рисунок 2. Объем мирового рынка и CAGR мирового рынка PLM, млрд долл.



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным CIMdata, 2024

Альтернативные оценки объема рынка PLM-решений:

- По оценке международной организации, специализирующейся на маркетинговых исследованиях – IMARC Group, объем мирового рынка программного обеспечения для управления жизненным циклом продукта (PLM) достиг 26,7 млрд долл. в 2023 г. IMARC Group [7] ожидает, что к 2032 г. объем рынка достигнет 46,6 млрд долл., демонстрируя среднегодовой темп роста (CAGR) 6,2% в период 2024–2032 гг. Драйверами рынка по мнению IMARC Group выступают тенденции перехода к устойчивому развитию, растущие ожидания конечных потребителей в отношении персонализированных высококачественных продуктов и широкое внедрение Интернета вещей (Internet of Things, IoT), искусственного интеллекта (Artifact Intelligence, AI) и аналитики больших данных.
- По данным компании APPS RUN THE WORLD [8], ожидается, что в течение прогнозируемого периода на 2023–2028 гг. объем рынка PLM и инженерных приложений достигнет 34,3 млрд долл. к 2028 г., по сравнению с 28,4 млрд долл. в 2023 г. при годовом темпе роста в 3,8%.

Отдельный интерес в составе PLM-решений представляют приложения, относимые CIMdata к категории **cPDm (Collaborative Product Definition Management)**. В соответствии с определением

CIMdata cPDM – стратегический бизнес-подход, основанный на применении согласованного набора бизнес-решений, которые совместно управляют жизненным циклом продукта или производства в среде расширенного предприятия. Внедрение cPDM предполагает интеграцию бизнес-процессов и технологий, обеспечивающих коллаборативные подходы к созданию продуктов, интеграцию бизнес-приложений жизненного цикла, создание среды расширенного предприятия (включающего цепочки поставщиков), продвинутые технологии визуализации и пр.

Аналитики CIMdata [6] считают, что рынок cPDM вырос на 8,9% в 2023 г. и в 2023 г. оценивается в 10,22 млрд долл., при этом росту рынка способствовали новые для таких технологий отрасли применения: розничная торговля и медицинские исследования, внедряющие технологии, которые исторически использовались для сложных высокотехнологичных продуктов, таких как продукция аэрокосмической и автомобильной промышленности и др.

Более высокую оценку рынка приводит компания IMR [9], по их данным объем рынка совместного управления определением продукта в 2023 г. оценивался в 58,52 млрд долл. и, по прогнозам, достигнет 91,87 млрд долл. к 2032 г., при этом среднегодовой темп роста составит 5,80% в период с 2024 г. по 2032 г.

Как известно, для новых изделий жизненный цикл начинается с формирования требований и первичного создания функциональной модели будущего изделия. При этом ключевым фактором обеспечения глобальной конкурентоспособности высокотехнологичных изделий, которая формируется, как правило, на стадии разработки изделия, становится применение технологии разработки **цифровых двойников изделий**. В соответствии с межгосударственным стандартом (ГОСТ) Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения» цифровой двойник позволяет всесторонне описать изделие и системно подойти к разработке, производству и эксплуатации изделий. Достижение целей по обеспечению конкурентоспособности изделий и повышению скорости их вывода на рынок возможно на основе применения технологии разработки цифровых двойников изделий за счет сокращения количества циклов разработки, производства и испытаний опытных образцов изделия, а также сокращения количества изменений, вносимых в конструкцию при производстве и испытаниях опытных образцов изделий. При таком подходе к созданию изделия, основная доля его изменений происходит на стадии разработки. В рамках данной стадии, применение цифровых двойников позволяет обосновывать принятые решения за счет быстрой проверки изменений, вносимых в конструкцию изделия и его составных частей в ходе цифровых (виртуальных) испытаний и анализировать влияние изменений показателей одних составных частей на другие. Кроме того, с помощью цифрового двойника возможно определить критические зоны и оптимальное количество датчиков, которое необходимо разместить на изделии для сбора данных и дальнейшего использования с целью обеспечения технической эксплуатации и модернизации изделия.

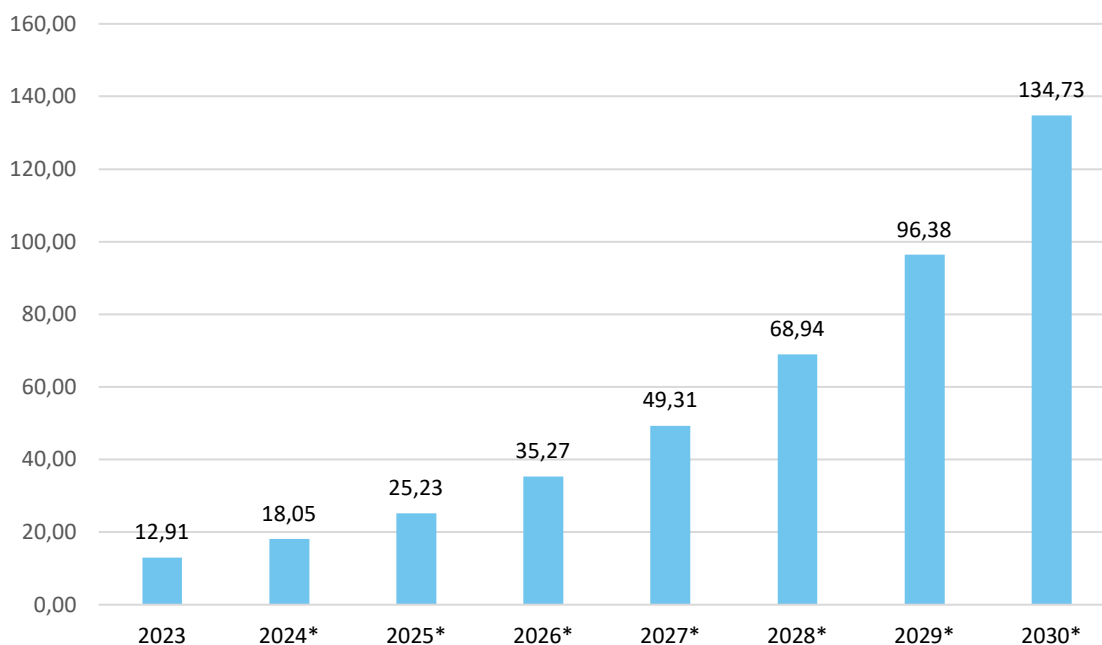
Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, изменяясь на каждой стадии. Наполнение и функциональность цифрового двойника зависит от стадии жизненного цикла изделия. Для создания цифровых моделей и (или) цифровых двойников изделий, проведения цифровых (виртуальных) испытаний, применения результатов математического и компьютерного моделирования и организации совместной работы по созданию цифрового двойника изделия рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников – **SPDM-систему**, включающую, как правило:

- средства управления программным обеспечением компьютерного моделирования;
- средства управления проектами;
- средства сбора, обработки, анализа, визуализации, каталогизации, хранения, передачи компьютерных моделей и результатов компьютерного моделирования;
- средства отслеживания всех изменений конструкторских, технологических решений и модификации компьютерных моделей и вариантов инженерных расчетов;
- средства оформления результатов;
- средства защиты данных и организации совместной работы участников проекта в соответствии с правами доступа;
- средства компьютерного моделирования для планирования применения изделия по назначению, поддержки его технического обслуживания и ремонта.

По данным FortuneBusinessInsights [10] мировой рынок **технологий цифровых двойников** в 2023 г. составил 12,91 млрд долл., и ожидается, что CAGR в период до 2032 года составит 39,8%. (Рисунок 3).

Рисунок 3. Объем мирового рынка и CAGR мирового рынка DT, млрд долл.

* прогноз на основе CAGR



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным FortuneBusinessInsights, 2024

Альтернативные оценки объема рынка технологий цифровых двойников:

- По данным компании MarketsandMarkets [11], ожидается, что объем мирового рынка **цифровых двойников** (DT, digital twin) к 2028 г. достигнет 110,1 млрд долл., по сравнению с 10,1 млрд долл. в 2023 г. В период с 2023 г. по 2028 г. среднегодовой темп роста рынка составит 61,3%.
- Аналитики компании Mordor Intelligence [12] считают, что объем рынка цифровых

двойников в текущем году оценивается в 19,09 млрд долл. Ожидается, что через пять лет он достигнет 91,92 млрд долл., а среднегодовой темп роста составит 36,94% в течение прогнозируемого периода.

- Размер рынка цифровых двойников компанией Global Market Insights [13] был оценен в 9,9 млрд долл. в 2023 г. и, по их оценкам, CAGR составит более 33% в период с 2024 г. по 2032 г.
- Другие оценки предоставляет компания Verified Market Reports [14], в соответствии с которыми стоимость рынка цифровых двойников в 2023 г. оценивается в 11,51 млрд долл. Ожидается, что этот рынок будет расти со среднегодовым темпом CAGR на уровне 42,73% с 2023 г. по 2030 г., достигнув 137,82 млрд долл. к 2030 г.

1.1.2. Характеристики основных игроков и их доли на рынке

По данным компании APPS RUN THE WORLD основными игроками **рынка PLM** являются:

- Siemens Digital Industries Software.
- Dassault Systèmes.
- Autodesk.
- Synopsys.
- Cadence Design Systems.
- Ansys.
- PTC.
- Hexagon.
- Bentley Systems.
- AVEVA Group.

Аналитики компании IMARC [7] выделяют в числе ключевых игроков следующие компании, помимо перечисленных выше: Aras Corporation, Coats Digital, Infor (Koch Industries Inc.), Oracle Corporation, PROCAD GmbH & Co. KG, Pulse Technology Systems Ltd., SAP SE.

По данным компании IMR [9], а также ResearchAndMarkets [15], основными игроками **рынка cPDM** являются:

- Dassault Systèmes.
- Siemens PLM Software.
- PTC.
- Autodesk.
- IBM.
- SAP SE.
- Oracle.
- HP.
- Atos SE.
- Accenture.

Основными игроками **рынка цифровых двойников** по данным компании Marketsandmarkets [11] являются:

- Ansys.
- Dassault Systèmes.
- General Electric.
- Microsoft.
- Siemens.
- PTC.
- Robert Bosch.
- Amazon Web Services.

Компания Mordor Intelligence [12] считает, что рынок цифровых двойников разделен между такими крупными игроками, помимо перечисленных, как Cal-Tek SRL, Cityzenith Inc. и IBM Corporation. Аналитики компании Global Market Insights также выделяют в числе основных игроков рынка цифровых двойников ABB Group, Oracle Corporation, Rockwell Automation. По оценкам Verified Market Reports [14], основными игроками рынка цифровых двойников, в дополнение к вышеупомянутым, являются SAP, AVEVA Group.

В таблице 1 представлены сведения об объемах выручки основных игроков рынка технологий управления жизненным циклом продукта, а также cPDM и DT. Перечень игроков сформирован на основе консолидации позиций из указанных выше источников.

Таблица 1. Характеристики основных игроков зарубежного рынка PLM, cPDM и DT

№	Игрок (название компании)	Выручка 2023 ² , млн долл.	Ссылка на сайт компании
1	General Electric Company	60 000,00 [16] 67 950,00 [17]	https://www.ge.com/
2	IBM	61 850,00 [18] 62 360,00 [19]	https://www.ibm.com/about/russia/
3	Oracle	51 620,00 [20] 53 820,00 [21]	https://www.oracle.com/corporate/
4	SAP SE	32 540,00 [22] 33 880,00 [23]	https://www.sap.com/central-asia-caucasus/index.html?url_id=auto_hp_redirect_central-asia-caucasus
5	Synopsys	5 840,00 [24] 5 860,00 [25] 6 480,00 [26]	https://www.synopsys.com/
6	Hexagon	5 440,00 [27] 5 500,00 [28] 5 900,00 [29]	https://hexagon.com/
7	Autodesk	5 100,00 [30] 5 530,00 [31] 5 810,00 [32]	https://www.autodesk.com/

² Представлена выручка компаний за 2023 г. в разрезе рассматриваемых систем.

№	Игрок (название компании)	Выручка 2023 ² , млн долл.	Ссылка на сайт компании
8	Cadence Design Systems	4 080,00 [33] 4 090,00 [34] 4 160,00 [35]	https://www.cadence.com/en_US/home.html
9	Siemens Digital Industries Software	3 700,00 [36]	https://www.sw.siemens.com/en-US/
10	Ansys	2 260,00 [37] 2 269,90 [38] 2 320,00 [39]	https://www.ansys.com/
11	PTC	2 097,00 [28] 2 180,00 [40] 2 220,00 [41]	https://www.ptc.com/
12	AVEVA	1 510,00 [42]	https://www.aveva.com/
13	Bentley Systems	1 220,00 [43] 1 228,40 [44] 1 290,00 [45]	https://www.bentley.com/
14	Dassault Systems	н/д	https://www.3ds.com/

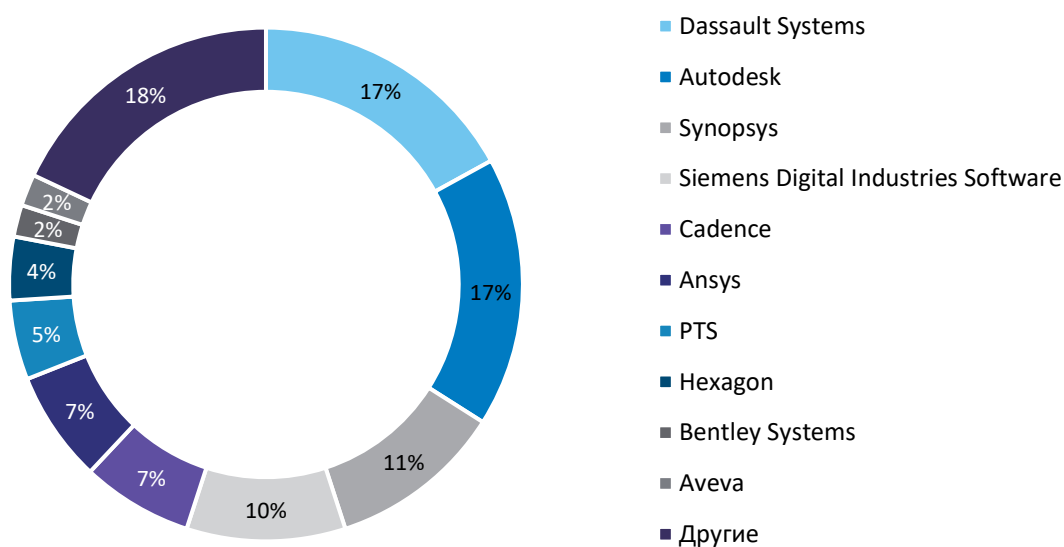
Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по открытым данным компаний, 2024

Примечания к таблице 1:

- Об объеме выручки Bentley Systems Inc. имеются следующие сведения: 1220 млн долл. по данным Companies Marketcap [46], и 1228,40 млн долл. по данным Fusion Media Limited [47].
- Выручка ANSYS Inc. оценивается компанией Companies Marketcap [46] в 2260 млн долл., в то время как по данным компании Fusion Media Limited [47], выручка оценивается в 2269,90 млн долл.
- По компании Cadence Design Systems Inc. выручка приведена в нескольких источниках: 4080 млн. долл. по данным Companies Marketcap [46], 4090 млн долл. по данным FactSet Research Systems Inc., а по данным Fusion Media Limited [47] составляет 4160 млн долл.
- Выручка AVEVA по данным компании APPS RUN THE WORLD оценивается в 1510 млн долл.
- По данным разных источников, выручка Hexagon составляет: 5440 млн долл. по сведениям Fusion Media Limited [27], 5500 млн долл. по сведениям Macrotrends LLC [28], и 5900 млн долл. по сведениям Companies Marketcap [29].
- По PTC компании оценивают выручку в 2097 млн долл. (Macrotrends LLC [28]). Другие оценки: 2180 млн долл. по данным Companies Marketcap [40] и 2220 млн долл. по данным Fusion Media Limited [41].
- По Synopsys сама компания [24] приводит выручку в размере 5840 млн долл., компания Companies Marketcap [26] же оценивает выручку в 5860 млн долл., в Fusion Media Limited [25] 6480 млн долл.

- Выручка ANSYS Inc. оценивается компанией Companies Marketcap [46] в 2260 млн долл., в то время как по данным компании Fusion Media Limited [47] выручка составляет 2269,90 млн долл.
- По данным компании Companies Marketcap [16], выручка General Electric Company составляет 60000 млн долл., по данным Fusion Media Limited [48] выручка составляет 64565 млн долл. По данным другого источника (компания Fusion Media Limited [17]) выручка оценивается в 67950 млн долл.
- У Oracle Group приведены следующие данные по выручке – 50000 млн долл. в соответствии с данными официального сайта компании [49]. Иные оценки объема выручки Oracle Group в 2023 г. включают 51620 млн долл. по данным Companies Marketcap [20] и 53820 млн долл. по данным Fusion Media Limited [21].

Рисунок 4. Структура мирового рынка систем управления жизненным циклом изделия, доли компаний-лидеров, %



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным прибыли компаний вендоров и данным компании APPS RUN THE WORLD, 2024

Оценка долей ключевых игроков на мировом рынке PLM приведена на Рисунке 4 на основе данных APPS RUN THE WORLD [8]. Рассмотрим представителей мирового рынка PLM с наиболее высокой рыночной долей подробнее.

Siemens – немецкий конгломерат, работающий в области электротехники, электроники, энергетического оборудования, транспорта, медицинского оборудования и светотехники, а также специализированных услуг в различных областях промышленности, транспорта и связи. В числе наиболее известных на рынке PLM-продуктов представлено решение **Siemens Teamcenter** – пакет масштабируемых программных решений для поддержки жизненного цикла изделий, созданный на

основе открытой платформы PLM. Данное решение позволяет реализовывать следующие бизнес-задачи [50]:

- Разработка и выпуск новых изделий: оптимизация создания инновационных разработок путем налаживания сотрудничества, охватывающего всех участников и все процессы жизненного цикла изделий в распределенной среде.
- Синхронизация производственно-сбытовой цепи: превосходство за счет оптимизации обмена идеями и информацией между всеми участниками производственно-сбытовой цепочки.
- Управление корпоративной информацией: повышение конкурентоспособности предприятия за счет обеспечения защищенного доступа к знаниям об изделиях и процессах.
- Унификация и повторное использование: возможность повторного использования данных о деталях, процессах и оборудовании с целью повышения экономической эффективности и содействия применению передовых методик.
- Работа с интеллектуальной собственностью и знаниями: накопление знаний и опыта участников процесса управления жизненным циклом изделий с целью постоянного совершенствования инновационных разработок.
- Соответствие нормативным требованиям: повышение соответствия требованиям рынка за счет учета норм законодательства, техники безопасности и защиты окружающей среды уже на ранних этапах проектирования.
- Экономическая эффективность производства: сочетание различных аспектов разработки изделий, передовых методик производства с целью повышения эффективности производства и качества продукции.
- Проектирование больших систем: повышение ценности предложений предприятия своим заказчикам за счет интеграции электромеханических подсистем, взаимосвязей и компонентов в одном изделии.

Dassault Systèmes – французская компания, разрабатывающая программное обеспечение для 3D-проектирования, создания цифровых макетов и управления жизненным циклом продукта (PLM). Основной разработкой в классе PLM является программный продукт **ENOVIA**, функционирующий на платформе **3DEXPERIENCE**. Платформа **3DEXPERIENCE** – это единая цифровая среда взаимодействия всех участников, объединяющая инструменты 3D-проектирования, моделирования и планирования производства, управления проектами на единой платформе. Платформа **3DEXPERIENCE** дает доступ к защищенной, объединенной и упорядоченной цифровой среде для руководителей отделов, проектных менеджеров и других профессионалов, участвующих в управлении жизненным циклом изделия [51]. Решение **ENOVIA** включает в себя множество технических и бизнес-приложений для совместного и устойчивого развития инноваций на предприятии. Это приложение обеспечивает комплексный оптимизированный подход к управлению созданием и развитием определения изделия. Портфель решений **ENOVIA 3DEXPERIENCE** включает в себя более 50 ролей в области интеллектуального бизнес-планирования и моделирования, интеллектуального конфигурирования изделий, контроля качества и соответствия нормативным требованиям [52].

Компания **Autodesk** – американская компания, поставщик программного обеспечения для промышленного и гражданского строительства, машиностроения, и пр., предлагает на рынке 2 решения класса PLM: Autodesk® Fusion Manage и Autodesk Vault. **Fusion Manage** – это облачное PLM-

решение, предоставляющее возможности управления процессами, которые позволяют производителям осуществить цифровую трансформацию процессов разработки продуктов и совместной работы. Fusion Manage предоставляет комплексный набор основных PLM-процессов, включая внедрение новых продуктов, управление идеями, управление требованиями, управление спецификациями материалов (BOM), управление изменениями, управление поставщиками и управление качеством. Программное обеспечение **Autodesk Vault** для управления данными о продуктах (PDM) интегрируется с инструментами проектирования Autodesk и другими CAD-системами, обеспечивая работу всех участников проекта из единого централизованного хранилища организованных данных. Autodesk Vault может быть использован для повышения эффективности совместной работы и оптимизации рабочих процессов в инженерных, производственных и смежных отделах. Решение позволяет автоматизировать процессы проектирования и разработки, контролировать доступ и права на редактирование, отслеживать ревизии и историю проектирования [53].

Synopsys – крупнейшая американская компания, работающая в области САПР для проектирования электроники. 16 января 2024 года компания Synopsys, Inc. (NASDAQ: SNPS) объявила о своем намерении приобрести компанию Ansys, Inc. Хотя Synopsys, является лидером в сегменте автоматизированного проектирования электроники (Electronic Design Automation, EDA), приобретение Ansys обеспечит Synopsys значительный прогресс в портфеле приложений EDA, особенно в области моделирования и анализа. Хотя приобретение такого масштаба не ожидалось, оно подчеркивает тенденцию к созданию «умных» и «интеллектуальных» функций в продуктах и услугах промышленного интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT) в самых разных отраслях. Это создает огромный спрос на электронные системы и специализированные микросхемы. Эта тенденция помогла обеим компаниям добиться двузначного роста выручки и значительной прибыльности. Обе компании некоторое время сотрудничали в качестве партнеров, и технология Ansys использовалась клиентами Synopsys как часть общего рабочего процесса EDA. Следует также отметить, что Synopsys имеет значительное присутствие в области проектирования и моделирования оптики/фотоники благодаря предыдущему приобретению Optical Research Associates [54].

PTC (прежнее название Parametric Technology Corporation) – международная компания-разработчик программного обеспечения для двухмерного и трехмерного проектирования (CAD\САПР), управления жизненным циклом изделий (PLM), управления обслуживанием (SLM) и управления жизненным циклом приложений (ALM). К основным линейкам продуктов компании относятся PTC Creo (CAD), PTC Windchill (PLM), PTC Mathcad (инженерные расчеты), PTC Integrity (ALM), PTC Servigistics (SLM) и PTC Arbortext (работа с технической документацией). Кроме этого, компания располагает несколькими технологическими платформами для интеллектуальных сетевых устройств, операций и систем: ThingWorx и ThingWorx Converge (разработка и развертывание IoT-приложений), и ColdLight (анализ больших данных). Комплексный портфель решений PLM от PTC обеспечивает основу для создания «цифровой нити» и «цифрового следа», ускоряет совместную работу в цепочке поставок, гарантирует соответствие требованиям качества и стимулирует гибкие процессы разработки продуктов. Портфель PLM от PTC позволяет внутренним командам по разработке продуктов и партнерам в цепочке поставок быстро и эффективно проектировать, производить, разрабатывать, поставлять и обслуживать продукцию. Решения PTC Windchill, Windchill+, Arena и FlexPLM объединяют команды, информацию о продуктах и процессы, помогая быстрее и более устойчиво выводить инновационные продукты на рынок [55].

1.1.3. Географические сегменты рынка

По данным компании IMARC [7], Северная Америка демонстрирует явное доминирование, занимая самую большую долю рынка PLM-систем.

Северная Америка, особенно США, в последние десятилетия являлась глобальным центром технологических инноваций. Это способствует созданию среды, в которой передовые решения PLM разрабатываются и внедряются быстро. В регионе преобладают такие отрасли хозяйственной деятельности, как аэрокосмическая и автомобильная промышленность, которые имеют сложные циклы разработки продукции. Сложность создаваемой продукции обуславливает потребность в PLM-системах тяжелого класса. Строгие правила в таких секторах, как здравоохранение и аэрокосмическая промышленность, требуют эффективного управления соответствием требованиям всех уровней, что является одной из основных возможностей PLM-систем. Многие североамериканские компании работают в глобальной среде, что требует масштабируемых и гибких PLM-решений для эффективного управления распределенными командами и цепочками поставок. Высококонкурентный рыночный ландшафт заставляет компании сокращать время вывода продуктов на рынок и повышать качество продукции, чему способствуют PLM-системы. С развитием инициатив Industry 4.0 и цифровой трансформации, растет потребность в PLM-системах, которые могут интегрироваться с инструментами IoT, AI и инструментами аналитики данных. Высокие уровни инвестиций в научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы (НИОКР) дополнительно требуют систем для эффективного управления жизненным циклом продуктов.

Что касается cPDM, значительным рынком является регион EMEA (Европа, Ближний Восток и Африка). Технологии cPDM имеют решающее значение для управления данными о продукте и процессах на протяжении всего жизненного цикла продукта, от концепции изделия и до утилизации. Известными потребителями решений cPDM в EMEA являются автомобильный, аэрокосмический, оборонный и промышленный секторы машиностроения [9].

По мнению компании IMARC [56], Азиатско-Тихоокеанский регион доминирует на рынке cPDM, что обусловлено быстрой индустриализацией, развитием инфраструктуры и правительственными инициативами. Северная Америка и Европа извлекают выгоду из зрелых промышленных инфраструктур, в то время как развивающиеся Латинская Америка, Ближний Восток и Африка демонстрируют значительный потенциал роста.

Аналитики компании ResearchAndMarkets [15] считают, что рынок cPDM представлен регионами, включая Северную Америку, Азиатско-Тихоокеанский регион, Европу, Латинскую Америку, Ближний Восток и Африку. Азиатско-Тихоокеанский регион лидирует на рынке благодаря присутствию многочисленных представителей автомобильной промышленности и электроники, а также развитой аэрокосмической и оборонной промышленности.

В отношении рынка цифровых двойников, по данным компании MarketsandMarkets [11], ожидается, что Северная Америка будет занимать самую большую долю рынка в течение прогнозируемого периода. Технологические разработки в аэрокосмической, обрабатывающей и автомобильной отраслях в таких странах как США, Мексика и Канада основываются в том числе на применении технологий цифровых двойников. Северная Америка является крупным центром технологических инноваций и одним из первых, внедряющих новые технологии.

По мнению Global Market Insights [13] доля рынка Северной Америки в 2023 г. составила около

35%, что обусловлено устойчивым ростом производства в целом, автомобильной промышленности, аэрокосмической промышленности в частности, а также развитием производства оборудования для здравоохранения, а также более широким внедрением принципов Индустрии 4.0 во всех сферах хозяйственной деятельности.

В качестве одного из драйверов развития технологий цифровых двойников в краткосрочном периоде может выступить сфера полупроводников: администрация США планирует финансировать в рамках «Закона о чипах и науке» компании, работающие над цифровыми двойниками, а также создать институт по проектированию и производству чипов. Принятый в 2022 году в США «Закон о чипах и науке» предусматривает целевое финансирование национальной полупроводниковой отрасли в общей сложности на 280 млрд долл. На данный момент производители уже запросили более 70 млрд долл. в виде грантов на развитие индустрии и строительство новых предприятий [57]. В целом, сильная ориентация региона на промышленный и производственный секторы объясняет его лидерство на рынке цифровых двойников.

1.1.4. Факторы развития мирового рынка

Развитие мирового рынка технологий управления жизненным циклом продукта (PLM) в ближайшей перспективе обусловлено следующими ключевыми 4 факторами.

1. Появление все более сложных продуктов, требующих управления сложным процессом разработки. [7]

Достижения в области технологий приводят к появлению все более сложных продуктов, требующих управления сложным процессом разработки. Специализированные модули PLM, ориентированные на разработку, помогают эффективно управлять таким уровнем сложности. Необходимость непрерывного взаимодействия при разработке составляющих изделия, таких как механическая, электрическая и программная, требует интегрированных решений по управлению разработкой. В таких отраслях как аэрокосмическая и автомобильная отрасли, а также здравоохранение, этапы создания новой продукции строго регламентированы. PLM помогает обеспечить соответствие всем требованиям к процессу создания новых изделий, а также фиксировать все итерации проектирования и изменений в проектировании. Конкурентное давление требует более быстрого выпуска новых высокотехнологичных продуктов. Эффективное управление проектированием и разработкой с помощью PLM-систем может ускорить циклы разработки, тем самым сокращая время выхода новых продуктов на рынок. Ошибки или неэффективность на этапах разработки могут привести к дорогостоящим циклам итерационного перепроектирования в дальнейшем. Системы PLM помогают в раннем обнаружении и устранении ошибок, тем самым снижая общие затраты на жизненный цикл изделия.

2. Общеотраслевое расширение цифровой трансформации. [56]

Чтобы оптимизировать принятие решений, повысить возможности коллаборативной работы и ускорить процессы разработки продуктов, компании все чаще внедряют цифровые технологии. Предоставляя централизованную платформу для управления данными о продуктах, документами и процессами, решения класса PLM и cPDM становятся ключевым звеном такой трансформации.

3. Глобализация. [56]

Глобализация деятельности по разработке продукции является важным драйвером для рынка. Компании все чаще работают в географически распределенных средах, при этом проектные, инженерные и производственные группы расположены в разных странах. Системы PLM и cPDM предоставляют централизованную платформу, которая выходит за рамки географических границ, обеспечивая совместную работу и обмен данными в режиме реального времени. Эта тенденция глобализации требует надежных решений PLM и cPDM для обеспечения синхронизированных рабочих процессов, стандартизированных процессов и последовательного управления данными о продукции, способствуя сотрудничеству между командами независимо от их физического местонахождения.

4. Соответствие и нормативные требования. [56]

На рынок влияет растущее внимание к соответствию и нормативным требованиям в различных отраслях. В частности, в таких секторах, как аэрокосмическая промышленность, автомобилестроение и здравоохранение, строгие правила регулируют проектирование, документирование и прослеживаемость продукции. Решения PLM и cPDM помогают организациям соблюдать эти правила, предоставляя структуру для управления данными о продукции, документацией и процессами изменений. Поскольку отрасли сталкиваются с растущим контролем и сложностью соответствия, PLM / cPDM становится стратегическим инструментом, гарантируя, что процессы разработки продукции соответствуют нормативным стандартам, снижая риски и повышая общую эффективность в выполнении обязательств по соответствию.

В числе факторов развития рынка cPDM аналитики компании ResearchAndMarkets [15] также выделяют:

- Расширенное сотрудничество: спрос на cPDM обусловлен необходимостью улучшения сотрудничества и коммуникации между распределенными группами, что позволит обмениваться информацией в режиме реального времени и поддерживать кросс-функциональные инновации.
- Автоматизация ручных задач: cPDM используется для повышения производительности за счет автоматизации ручных задач и сокращения количества ошибок в бизнес-процессах.
- Целостность и согласованность данных: растет спрос на cPDM для обеспечения целостности и согласованности данных, а также предоставления единого источника достоверной информации, связанной с продуктом.
- Соблюдение нормативных требований: организации используют cPDM для обеспечения соблюдения нормативных требований путем ведения точных записей и обеспечения прослеживаемости записей.
- Улучшение процесса принятия решений: cPDM способствует более эффективному принятию решений, предоставляя легкий доступ к своевременным и точным данным, что позволяет заинтересованным сторонам делать обоснованный выбор на протяжении всего жизненного цикла продукта.
- Сокращение времени вывода продукции на рынок: cPDM помогает организациям сократить время вывода продукции на рынок, оптимизировать затраты, улучшить качество продукции и повысить удовлетворенность клиентов.

Таким образом, общими факторами для развития рассматриваемых технологий, выделяемых

экспертами из разных организаций, являются возрастающая сложность высокотехнологичных изделий и продуктов, необходимость сокращать стоимость и сроки вывода продуктов на рынок, необходимость в коллаборативной работе в распределенной среде, а также глобальные тенденции перехода к экономике данных в цифровой форме.

1.2. Анализ российского рынка

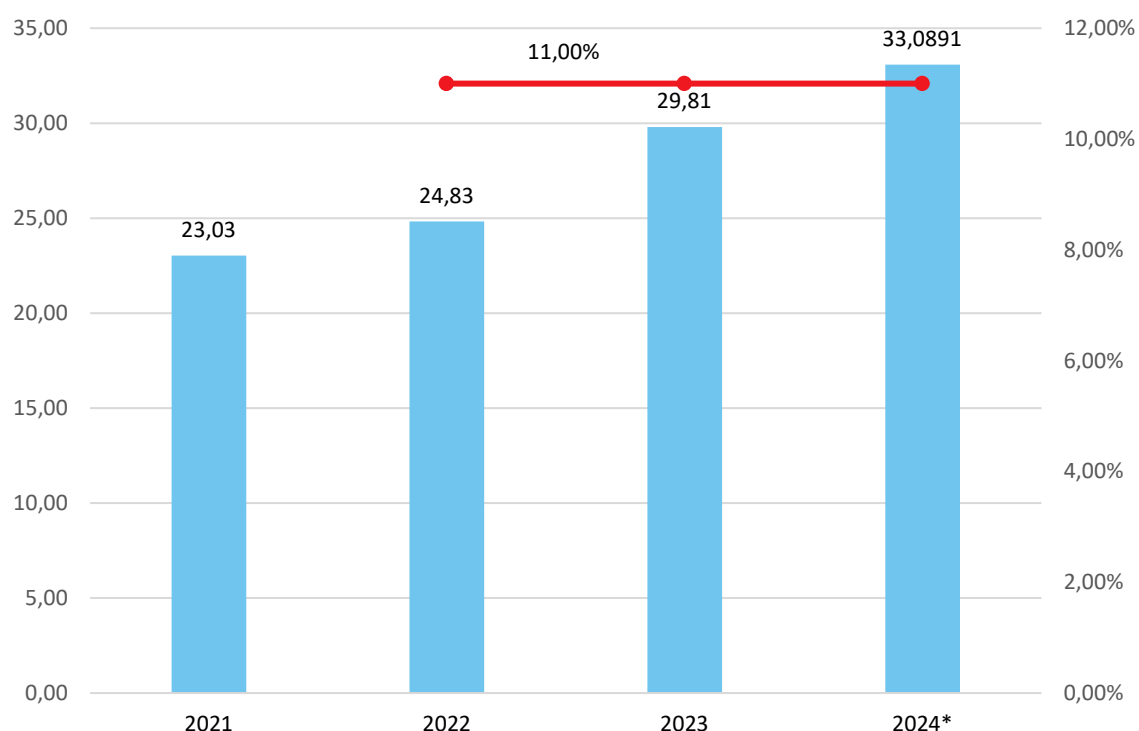
1.2.1. Емкость рынка, темпы роста рынка

В российской среде развития технологий управления жизненным циклом PLM-систему понимают как совокупность классов программного обеспечения, которое должно предоставлять возможность информационной поддержки изделий на протяжении всех этапов их жизненного цикла. На основе экспертной оценки, **объем российского рынка PLM в 2023 году составит 0,44 млрд долл.**, ожидаемый темп роста рынка (CAGR) составит 11% с 2022 г. по 2024 г. В рублях объем российского рынка систем автоматизации инженерных расчетов (Computer-Aided Engineering, CAE) составил:

- В 2021 г. – 23,03 млрд руб.
- В 2022 г. – 24,83 млрд руб.
- В 2023 г. – 29,81 млрд руб.

Рисунок 5. Прогноз развития российского рынка PLM, млрд руб.

* прогноз на основе CAGR

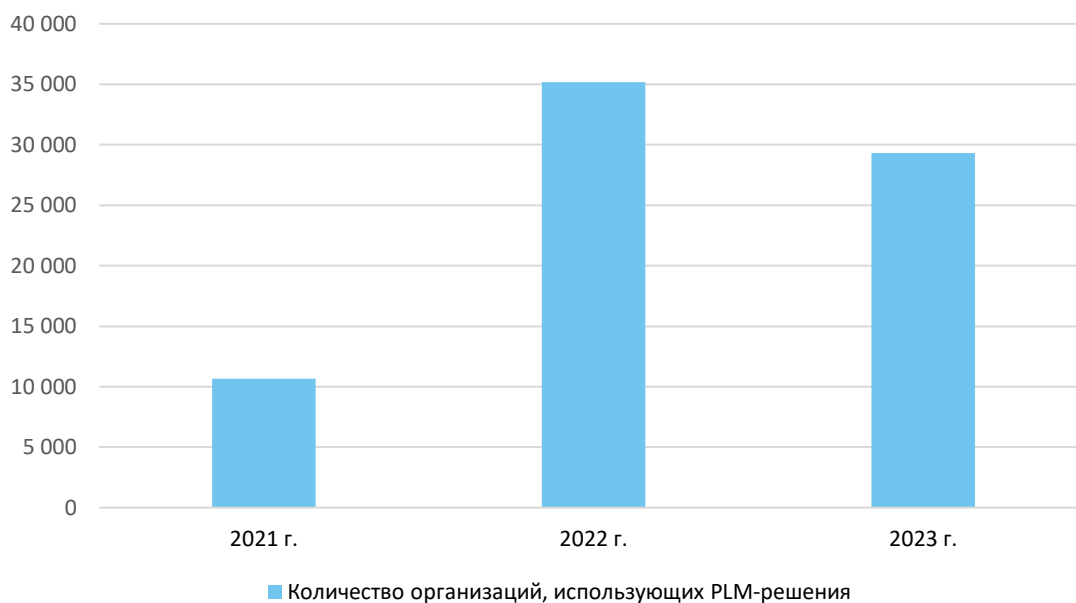


Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ, 2024

Для построения графика, приведенного на Рисунке 5, был использован средневзвешенный курс доллара: 2021 г. – 73,65 руб., 2022 г. – 78,55 руб., 2023 г. – 85,25 руб. Далее прогноз для 2024 года построен на основании данных за 2023 г. и с учетом прогнозируемого CAGR.

На основе экспертной оценки объем российского **рынка cPDm** в 2023 году составил 0,06 млрд долл., рост рынка (CAGR) составил 9% с 2022 по 2023. В рублях объем российского рынка cPDm в 2023 году составил 5,11 млрд руб. Объем **российского рынка цифровых двойников** с учетом объема мирового рынка может составлять не менее 5,97 млрд руб. или 0,07 млрд долл. в 2023 году.

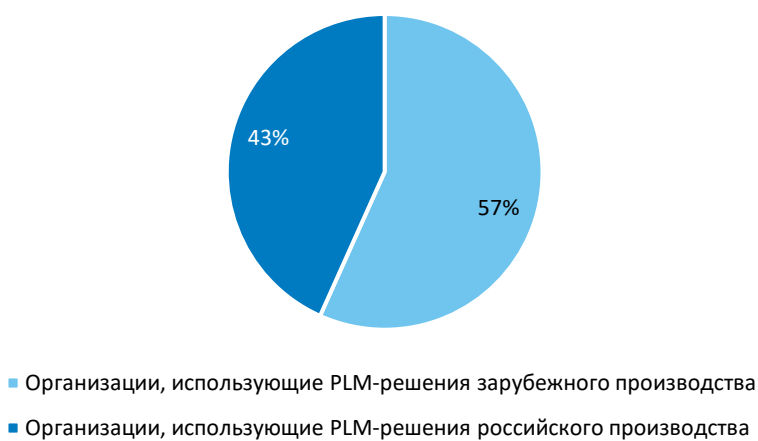
Рисунок 6. Число организаций, имевших специальные программные средства класса PLM в России, ед. [58]



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Росстата, 2024

Число организаций, имевших специальные программные средства класса PLM в России за период 2021-2023 гг., представлено на Рисунке 6. Отмечается высокая востребованность систем рассматриваемого класса во всех сферах хозяйственной деятельности. Снижение количества организаций в 2023 году может быть связано с санкционным давлением, остановкой поставки и технической поддержки зарубежных систем данного класса на российском рынке.

Рисунок 7. Доля организаций, использовавших российские PLM-системы в России на 2023 г. [58]



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Росстата, 2024

В соответствии с Рисунком 7, на российском рынке лидирующие позиции по состоянию на 2023 г. продолжали занимать зарубежные PLM-системы.

1.2.2. Характеристики основных игроков

Среди российских разработчиков и вендоров PLM-систем можно выделить «АСКОН», ГК «СиСофт», ЗАО «Топ системы», ООО «ТЕСИС», ООО «БИМЭЙСТЕР ХОЛДИНГ», и другие. Основные игроки российского рынка PLM-решений и их выручка в 2023 году приведены в Таблице 2 (расположено в алфавитном порядке). В качестве тенденции, наблюдаемой на российском рынке, можно отметить наличие нескольких юридических лиц, объединенных одним брендом (в таблице представлены последовательно).

Таблица 2. Характеристики основных игроков российского рынка PLM-систем

№	Игрок (название компании)	Выручка 2023, млн руб.	Ссылка на сайт компании
1	АО «Ай-Джи-Эй Технологии»	266,05	https://igatec.com/
2	АО «СиСофт Девелопмент»	2032,64	https://www.csoft.ru/vendors/csoft-development.html
3	АО «СИСОФТ РАЗРАБОТКА»	691,41	https://www.csoft.ru/soft/industrics/industrics-4.0.html
4	АО «СИСОФТ»	73,38	https://www.csoft.ru/
5	ООО «СИСОФТ ЦИФРОВИЗАЦИЯ»	9,13	https://www.csoft.ru/vendors/csoft-digital.html
6	АО НИЦ «ПРИКЛАДНАЯ ЛОГИСТИКА»	176,39	https://cals.ru/
7	ЗАО «Топ системы»	1626,95	https://www.tflex.ru/
8	ООО «АППИУС-СОФТ»	186,56	https://www.appius.ru/
9	ООО «АСКОН – Бизнес-решения»	710,76	https://ascon.ru/ascon-biznes-resheniya/
10	ООО «АСКОН – Интеграционные решения»	1249,54	https://ascon.ru/ascon-integraciya/
11	ООО «БИМЭЙСТЕР ХОЛДИНГ»	1179,95	https://bimeister.com/ru/
12	ООО «БЮРО ЕСГ»	192,97	https://esg.spb.ru/
13	ООО «ЛОЦИЯ СОФТ»	2,08	https://www.lplm.ru/
14	ООО «ЛОЦИЯ СОФТВЭА»	26,43	https://lotsia.com/
15	ООО «Програмсоюз»	63,44	https://www.programsoyuz.ru/
16	ООО «ТЕСИС»	364,86	https://tesis.com.ru/
17	ООО «ЦНС СОФТ»	163,48	https://cnssoft.ru/
18	ООО «Эттон-Центр»	76,05	https://etton.ru/

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным прибыли компаний вендоров, 2024

Полный перечень российских разработчиков PLM-систем на основании выгрузки из Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, выполненной

14.10.2024 по классификатору, утвержденному приказом Минцифры России от 22.09.2020 № 486 (только по основному классу ПО) представлен в Приложении 1.

Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (сокр. РФЯЦ-ВНИИЭФ) – российское государственное научное и производственное предприятие, входящее в состав госкорпорации «Росатом». ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» разрабатывает первую отечественную импортонезависимую **систему полного жизненного цикла для предприятий оборонно-промышленного комплекса (ОПК) – «СПЖЦ.ЦП»**. Система состоит из нескольких модулей, необходимых для проектирования, изготовления и эксплуатации, а также вывода из эксплуатации сложных изделий машиностроения. Платформа, реализующая сквозные технологии создания изделий, управление жизненным циклом, управление предприятием и производством на базе комплексов информационных систем, функционирующих в защищенной цифровой среде в экосистеме, заказчик – интегратор – разработчик [59]. Основные характеристики платформы включают п.1-4 [59].

1. Цифровая промышленная платформа СПЖЦ:

- Открытый программный интерфейс (API).
- Микросервисная архитектура.
- Открытый набор инструментов для разработки прикладного ПО.
- Функционирует на отечественных операционных системах (ОС) и ориентирована на российское аппаратное обеспечение.

2. Геометрическое ядро тяжелого класса:

- Геометрическое представление всех видов моделей «цифрового двойника».
- Широкий набор функций 2D/3D моделирования.
- Совместимость различных компонентов PLM-систем.
- Разработана на основе системы «Гербарий».

3. Универсальный формат данных:

- Структурированное хранение всех видов данных об изделии.
- Передача данных об изделии на всех этапах жизненного цикла.
- Универсальный формат для технологии «цифрового двойника».
- Возможность интеграции между системами.

4. Система защиты информации по требованиям ФСТЭК, МО:

- Защита информации – гостайна (СС), ДСП, коммерческая тайна, персональные данные и др.
- Доверенное разграничение прав пользователей в сложнораспределенной системе (дискреционное).
- Доверенное разграничение уровня информации (ГТ (СС), ДСП, КТ, ПД и др.) (мандатное).
- Защита от несанкционированного доступа.

САРУС СПЖЦ (PLM) (также разработка РФЯЦ-ВНИИЭФ)– система на базе единой платформы в

защищенном исполнении, обеспечивающая основной функционал: твердотельное моделирование, поверхностное моделирование, измерения, анализ геометрии, визуализация, оформление документации в соответствии с требованиями стандартов (ЕСКД). Система имеет собственное геометрическое 3D-ядро, решатель 2D-ограничений и 3D-сопряжений. Подсистема CAD реализована в рамках единой технологической платформы комплекса. Обеспечивается кроссплатформенность – система может работать под управлением операционных систем Windows и Linux [60].

Компания APPIUS – инженерно-консалтинговая компания, ведущий российский разработчик PLM-решений на платформе 1С: Предприятие 8. Решения компании APPIUS предназначены для эффективного управления всем предприятием как единым комплексом [61]. **Appius-PLM Управление жизненным циклом изделия** – интегрированный информационный комплекс управления жизненным циклом изделия и нормативной базой учетной системы (конфигурации 1С: ERP, 1С: УПП, 1С:КА, 1С:УНФ, 1С:БП, 1С:УТ и др.) на цифровой платформе «1С:Предприятие 8.3». Решение предназначено для эффективного управления всем предприятием как единым комплексом, создано на основе глубоких знаний предметной области и многолетнего опыта разработки и внедрения различных CAD/CAM/CAPP/PDM/PLM – систем, позволяет включить конструкторские и технологические подразделения в единое информационное пространство предприятия, с единой базой данных, для быстрого начала эффективной отдачи от ERP системы в области планирования и управления производством [62].

CS Technology – IT компания, основанная в 2013 году. Основной деятельностью компании является разработка, внедрение и кастомизация отечественных и зарубежных программных решений, направленных на управление жизненным циклом инженерных проектов [63]. Компания разрабатывает и внедряет платформу СТАКСЕЛЬ.

Платформа СТАКСЕЛЬ– система управления жизненным циклом продукта. СТАКСЕЛЬ представляет собой интегрированный подход к управлению всеми аспектами жизненного цикла (ЖЦ) продукта, начиная от идей и концепций, планирования работ, проектирования и разработки, производства и сборки, и заканчивая эксплуатацией и утилизацией.

СТАКСЕЛЬ обеспечивает хранение и управление информацией о продукте, включая документацию, чертежи, спецификации, структуры изделий и взаимосвязи между компонентами. Также обеспечивает возможность контроля изменений, совместной работы и координации между различными отделами и участниками процесса создания продукта.

В целом платформа СТАКСЕЛЬ помогает усовершенствовать процессы разработки и управления различными изделиями, повышает эффективность работы, снижает затраты, способствует улучшению качества и сокращению срока выпуска новых продуктов на рынок [64].

«Аскон» – советская и российская программная компания, крупнейший разработчик, поставщик программного обеспечения и интегратор в сфере автоматизации проектной и производственной деятельности. Компания основана в 1989 году. Штаб-квартира расположена в Санкт-Петербурге. **Система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия ЛОЦМАН: PLM** выполняет координирующую роль в рамках программного комплекса АСКОН для машиностроения. Ее задача состоит в объединении бизнес-процессов предприятия, работы инженерных департаментов и использования программных решений в единый процесс разработки изделий. ЛОЦМАН: PLM представляет собой платформу, которая включает в себя базовые инструменты и прикладные модули для решения широкого спектра задач и имеет характеристики, указанные в п. 1-6.

1. Управление данными и изменениями. Ключевая задача ЛОЦМАН: PLM – управление данными, которые представляют собой взаимосвязанные информационные объекты и документы, описывающие конструкцию, характеристики, технологию изготовления и другую информацию об изделии, а также данные о сотрудниках, подразделениях и бизнес-процессах в рамках инженерной деятельности предприятия.

Взаимодействуя с другими системами, ЛОЦМАН: PLM охватывает весь спектр управления инженерными данными от управления требованиями и проектирования изделия до технологической подготовки и передачи в производство.

Также система позволяет проводить изменения в данных и документации на каждом из этапов и обеспечивает возможность управления электронным и смешанным документооборотом предприятия.

2. Управление структурой и конфигурациями изделия. Основой электронного описания изделия является его электронная структура. В ЛОЦМАН: PLM электронная структура изделия представляет собой иерархически связанную совокупность информационных объектов различных типов, в зависимости от типа этой структуры.

Конструктивная электронная структура изделия представлена такими элементами, как сборочные единицы, комплексы, детали, стандартные и прочие изделия, комплекты. Технологическая структура дополнительно может включать в себя технологические сборки, с помощью которых составные части структурируются тем или иным образом с учетом особенностей изготовления изделия (например, последовательности сборки).

Формирование электронной структуры изделия возможно как путем создания информационных объектов пользователем в интерфейсе ЛОЦМАН:PLM, так и путем автоматического создания на основе информации из CAD-систем.

3. Управление требованиями. Изделия машиностроения часто представляют собой технически сложные механизмы. Они используются в различных условиях и ситуациях, что предъявляет к ним определенные требования. Требования могут предъявляться не только к самому изделию и его составным частям, но и к процессам изготовления и эксплуатации. Например, требования к использованию изделия в определенных климатических условиях.

Задача сбора, классификации и реализации требований может быть сложной и для ее решения необходимы соответствующие программные инструменты. В программном комплексе АСКОН эту задачу решает подсистема управления требованиями ЛОЦМАН:PLM.

Требования к изделию представляют собой как отдельные объекты ЛОЦМАН:PLM с атрибутами, свойствами и описанием, так и целые спецификации требований. Требование к изделию может иметь связанный с ним источник, на который оно опирается, например, документ или его фрагмент. Источник в системе ЛОЦМАН:PLM является версионным объектом и может обновляться и пересматриваться.

Расширенная модель данных подсистемы управления требованиями позволяет формировать логическую архитектуру будущего изделия и объединять требования вокруг логических компонентов (компоненты изделия) или логических функций (функции компонентов), реализуя тем самым системный подход в проектировании.

4. Управление бизнес-процессами и коммуникацией. ЛОЦМАН:PLM обеспечивает управление бизнес-процессами предприятия в рамках инженерной деятельности и позволяет каждому участнику получать исходные данные, фиксировать результаты своей работы и передавать задания другим участникам процесса.

Руководители получают возможность контролировать выполнение работ и автоматически получать уведомления о конфликтах планирования и нарушении сроков проектов.

Встроенная система обмена сообщениями, приложениями и ссылками на объекты позволяет эффективно вести коммуникацию между специалистами и управлять рабочими процессами.

5. Календарное планирование и управление проектами. Инженерные процессы требуют планирования и контроля на постоянной основе. Функциональность ЛОЦМАН:PLM позволяет планировать и отслеживать выполнение как отдельных задач, так и их совокупностей на уровне отдельных специалистов, подразделений, департаментов и всей организации.

Система позволяет сформировать план в виде структуры взаимосвязанных работ, связать задачи между собой, задать плановые сроки выполнения, назначить исполнителей, приоритеты. Отображение плана работ возможно как в виде списка, так и в виде диаграммы Ганта, что дает более наглядно определить сроки и конфликты по задачам.

6. Формирование отчетов и печать документации. ЛОЦМАН:PLM предоставляет возможность формирования отчетов в форматах офисных приложений (Microsoft Office, OpenOffice, LibreOffice), а также с помощью генератора отчетов FastReport. Также предприятия могут самостоятельно, либо с привлечением интегратора, реализовать уникальную логику отбора данных для вывода в отчеты с помощью сценариев, настроить произвольные шаблоны отчетов в соответствии с требованиями стандартов предприятия.

Наиболее распространенные стандартизированные отчеты в соответствии с требованиями стандартов серий ЕСКД и ЕСТД поставляются в готовом виде (например, конструкторская спецификация, ведомость покупных изделий, ведомость материалов и др.).

Система также предоставляет возможность пакетной печати 2D-документов на основе универсального формата PDF с гибкой настройкой правил.

Основными направлениями деятельности компании **Лоция Софтвэа** являются комплексная автоматизация промышленных предприятий, конструкторских, проектных и коммерческих организаций.

Компания **Лоция Софтвэа** специализируется на разработке систем PLM/PDM/TDM/Workflow/ERP, оказании консалтинговых услуг, выполнении проектов автоматизации предприятий «под ключ», реинжиниринге бизнес и проектных процессов в промышленности, внедрении систем технического документооборота и управления производством, автоматизации торговой деятельности средних и крупных территориально-распределенных торговых домов и холдингов различного профиля. Лоция Софтвэа была создана как независимая компания с полностью российским капиталом в 2000 г. [65]

В настоящее время Лоция Софтвэа является одним из лидеров отечественного рынка в области разработки и внедрения систем PLM/PDM/TDM/Workflow. Lotsia PLM – интегрированное решение по управлению данными о продукции на протяжении всего жизненного цикла.

Основные возможности Lotsia PLMLotsia PLM [66]:

- Комплексное решение задач поддержки информации о продукции на протяжении всего жизненного цикла за счет интеграции в рамках единого решения систем PDM, электронного архива документов, Workflow и ERP.
- Возможность работы в едином информационном пространстве промышленных предприятий, проектных организаций, холдингов и торговых домов с разнородной номенклатурой.
- Поддержка различных типов производства и сбыта готовой продукции.
- Полная интеграция с широким кругом бизнес-приложений и САПР. Поддержка компонентных документов и гиперссылок, извлечение из САПР для передачи в PDM атрибутов объектов и документов, а также состава изделия.
- Возможность прослеживания движения на протяжении всего жизненного цикла как серий, партий, так и отдельных экземпляров изделий.
- Работа с несколькими юридическими лицами в рамках одной базы данных.
- Оперативное получение аналитических отчетов как по одному проекту, складу, цеху, изделию, так и по организации в целом, включая получение консолидированного баланса предприятия.
- Встроенный генератор выходных форм и отчетов для представления данных в требуемом виде и создания аналитических отчетов по требованию руководства. Готовые шаблоны для основных форм документов (спецификации, в том числе групповые, ведомости, накладные и так далее).
- Поддержка выгрузки документов (данных) в шаблоны офисных приложений для дальнейшей обработки или передачи внешним потребителям (инвесторам, акционерам и др.).
- Поддержка единых централизованных справочников в масштабах организации, что существенно облегчает учет, анализ и администрирование распределенной системы.
- Гибкое вертикальное и горизонтальное распределение прав доступа к данным, отчетам и функциям для пользователей системы. Раздельное назначение прав доступа для объектов, атрибутов и документов. Наследование прав доступа.
- Поддержка интенсивного обмена между филиалами (цехами, складами и т. д.), что позволяет реализовать эффективное управление материалами, комплектующими и продукцией, при этом гарантирован строгий контроль их движения – накладная или любой другой документ не может пропасть при передаче на другой склад, и состояние передаваемого документа находится под постоянным контролем.
- Широкий спектр прикладных решений в базовой поставке.
- Возможность автоматизировать как технический, так и офисный и бизнес-документооборот в рамках единого решения.
- Возможность программирования и изменения интерфейса силами пользователя.

Группа компаний «СиСофт» (CSoft) занимается разработкой, поставкой и внедрением инженерного программного обеспечения (ПО), его спецификацией под нужды заказчика, формированием технических требований к внедряемым системам, обучением работе с программным

обеспечением (ПО) и инженерными данными, а также предоставляет услуги в области анализа бизнес-процессов, связанных с созданием и использованием инженерных решений. В числе развиваемых решений Комплексная информационная система для автоматизации и информационной поддержки процессов подготовки производства, производственного планирования и оперативного управления в компании. Платформа позволяет различным службам завода работать в режиме реального времени с одной программой и с физически единой базой данных, тем самым обеспечивая оперативность и согласованность действий на всех стадиях – от принятия заказа до отгрузки продукции заказчику.

TechnologiCS позволяет обеспечить непрерывную информационную поддержку основных бизнес-процессов предприятия, таких как конструкторско-технологическая подготовка, планирование производства, снабжение производственных подразделений необходимыми ресурсами (материалы, инструмент, комплектующие и т. п.), оперативное управление производством (в том числе непосредственно в цехах и на участках), контроль производственного процесса и расходования ресурсов, управление качеством и сопровождение выпущенной продукции.

TechnologiCS позволяет соответствующим службам завода работать в режиме реального времени с одной программой и физически единой базой данных и тем самым обеспечивает оперативность и согласованность действий на всех стадиях – от принятия заказа до отгрузки продукции заказчику [67].

Компания «Топ Системы» (АО «Топ Системы») – один из ведущих российских разработчиков комплексных решений автоматизации проектирования, подготовки и управления производством. На рынке САПР компания работает с 1992 года.

Основная разработка «Топ Систем» – программный комплекс T-FLEX PLM (CAD / CAM / CAE / CAPP / PDM / CRM / PM / MDM / RM) – полномасштабное решение промышленного уровня для организации работ, связанных с информационной поддержкой и сопровождением жизненного цикла изделия (PLM) – от заказа на разработку до испытаний и передачи в эксплуатацию. В основе комплекса лежит MDM-ориентированная отечественная PLM-платформа. **Комплекс T-FLEX PLM** позволяет организовать единую среду конструкторского и технологического проектирования, подготовки и управления производством, сбытом и послепродажным сопровождением изделия [68]. T-FLEX PLM – новое полномасштабное решение в области управления жизненным циклом изделий и организации деятельности предприятий. Лежащий в основе этого решения набор программ T-FLEX CAD / CAM / CAE / CAPP / PDM / CRM / PM / MDM / RM / и пр. позволяет эффективно организовать работу на всех этапах жизненного цикла изделия, а также расширить стандартные границы PLM-решений дополнительными возможностями по управлению всеми процессами, сопутствующими выпуску продукции. Комплекс программ, поставляемый одним производителем – компанией «Топ Системы» – дает возможность организовать единую среду конструкторского и технологического документооборота, проектирования и подготовки производства. Пользователи получают широкие возможности по управлению номенклатурой и структурами изделий, автоматизации любых бизнес-процессов предприятия [69]. Основные функциональные блоки решения включают:

- Управление мастер-данными и нормативно-справочной информацией (MDM и НСИ).
- Технический документооборот (TDM).

- Управление требованиями (RM).
- Конструкторская подготовка производства и анализ изделий (CAD/CAE).
- Технологическая подготовка производства и изготовление изделий (CAPP/CAM).
- Почта и задания. Управление бизнес-процессами.
- Управление составами изделий, версиями и конфигурациями. Проведение извещений об изменениях.
- Ведение номенклатуры изделий, корпоративных справочников и классификаторов.
- Интеграция с ERP-системами.
- Офисный и канцелярский документооборот.
- Управление взаимоотношениями с клиентами (CRM).
- Управление проектами, планирование ресурсов и затрат (Project Management).
- Оперативно-календарное планирование (MES).
- Создание собственных информационных систем без программирования.

На динамику российского рынка PLM-систем (систем управления жизненным циклом продукции) влияют следующие ключевые факторы:

- Импортозамещение и поддержка отечественных решений: в последние годы наблюдается значительное усиление государственных программ, направленных на импортозамещение, что стимулирует развитие отечественных PLM-систем. Это позволяет российским компаниям наращивать свою долю рынка за счет замены иностранных программных продуктов.
- Цифровизация промышленности: промышленные предприятия активно внедряют цифровые технологии, включая PLM-системы, для повышения эффективности управления жизненным циклом продукции. Особенно это актуально для таких отраслей, как машиностроение, авиационная отрасль, энергетическая и нефтегазовая отрасли.
- Рост интереса к интеграции с другими системами: все больше компаний стремятся к интеграции PLM с ERP и иными системами для создания единой цифровой среды управления проектами и производственными процессами. Это упрощает взаимодействие между подразделениями и повышает прозрачность бизнес-процессов.
- Увеличение спроса на облачные решения: переход на облачные технологии также оказывает влияние на развитие российского рынка PLM-систем, так как многие компании предпочитают облачные решения из-за их гибкости и экономической эффективности.
- Правительственные инициативы и стандартизация: важную роль играет поддержка со стороны государства и ужесточение требований к стандартизации и сертификации программного обеспечения, что оказывает влияние на развитие PLM-рынка в России.
- Технологическое развитие и инновации: развитие технологий, таких как искусственный интеллект, большие данные и цифровые двойники. Данные технологии активно внедряются в PLM-системы, что приводит к созданию новых решений и расширению их возможностей.

Эти факторы в совокупности стимулируют рост российского рынка PLM-систем, одновременно

подталкивая к дальнейшей технологической модернизации и расширению предложения отечественного ПО.

В числе факторов развития российского **рынка цифровых продуктов класса cPDM** (Collaborative Product Data Management – системы управления совместными данными о продукте):

- Нарастающий интерес к cPDM в промышленности: российские предприятия, особенно в таких отраслях, как машиностроение, энергетическая отрасль, авиастроение и нефтегазовая отрасль, осознают значимость cPDM для управления жизненным циклом продукции и увеличения эффективности работы с данными на всех этапах производства.
- Рост локализации и потребности в импортозамещении: на фоне ограниченного доступа к зарубежным продуктам предприятия начали ориентироваться на локальные разработки в области cPDM, что стимулирует внутренний рынок. Однако большинство решений все еще находится на этапе развития и требует дополнительных ресурсов и времени для полноценной адаптации.
- Высокая зависимость от глобальных поставщиков: на данный момент российский рынок cPDM сильно зависит от зарубежных технологий, таких как Siemens Teamcenter, Dassault ENOVIA, PTC Windchill и других. Это создает вызовы в условиях санкций и ограничений, и подталкивает к необходимости развития отечественных альтернатив.
- Сложности внедрения: несмотря на растущий интерес, многие предприятия сталкиваются с трудностями внедрения cPDM-систем. Основными препятствиями являются высокая стоимость таких решений, сложность их интеграции с устаревшими системами и нехватка квалифицированных специалистов.
- Государственная поддержка и программы цифровизации: поддержка цифровизации и импортозамещения со стороны государства способствует развитию российского рынка cPDM. В рамках национальных проектов создаются условия для активного внедрения cPDM-систем и адаптации под нужды российских предприятий.
- Потенциал для роста и локальной разработки: на российском рынке cPDM существует значительный потенциал для роста, связанный с потребностью предприятий в эффективном управлении данными и оптимизации процессов разработки. Это способствует развитию локальных решений, которые в перспективе могут снизить зависимость от импортных технологий.
- Перспективы развития: в ближайшие годы российский рынок cPDM ожидает активный рост, обусловленный как повышением спроса на цифровые инструменты управления, так и поддержкой государства.

Основным драйвером **развития российского рынка цифровых двойников** является роль данной технологии в обеспечении конкурентоспособности производимых изделий и повышения скорости их вывода на рынок. Достижение этих целей возможно за счет сокращения количества циклов разработки, производства и испытаний опытных образцов изделия, а также сокращения количества изменений, вносимых в конструкцию при производстве и испытаниях опытных образцов изделий [70].

При таком подходе к созданию изделия, основная доля его изменений происходит на стадии разработки. В рамках данной стадии, применение цифровых двойников позволяет обосновывать

принятые решения за счет быстрой проверки изменений, вносимых в конструкцию изделия и его составных частей в ходе цифровых (виртуальных) испытаний, и анализировать влияние изменений показателей одних составных частей на другие. Кроме того, с помощью цифрового двойника возможно определить критические зоны и оптимальное количество датчиков, которое необходимо разместить на изделии для сбора данных и дальнейшего использования с целью обеспечения технической эксплуатации и модернизации изделия.

Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия, изменяясь на каждой стадии. Наполнение и функциональность цифрового двойника зависит от стадии жизненного цикла изделия.

В соответствии с ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения» жизненный цикл изделия рассматривается в соответствии с ГОСТ Р 56136.

Внедрение технологии цифровых двойников **на стадии разработки** изделия позволит улучшить качество проектирования изделия, обеспечить выполнение технических и тактико-технических требований, сократить количество и повысить результативность проводимых испытаний опытного образца и проработку конструкторской документации изделия на технологичность.

Внедрение технологии цифровых двойников **на стадии производства** серийных изделий позволит откорректировать и (или) разработать технологическую документацию изделия в зависимости от конкретных производственных условий.

Внедрение технологии цифровых двойников **на стадии эксплуатации** изделия позволит:

- **При применении (использовании) изделия по назначению** – автоматизировать и выполнять обоснованное планирование применения изделия в зависимости от его функциональных свойств и технического состояния.
- **При выполнении мероприятий технической эксплуатации** – принимать обоснованные решения о техническом обслуживании и ремонте изделия.

ГЛАВА 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ МИРОВОГО И РОССИЙСКОГО РЫНКА

Настоящий раздел посвящен анализу технологических тенденций развития мирового и российского рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM), включая обзор технологических трендов развития систем, определение перспективных направлений использования «сквозных» цифровых технологий в системах на основе анализа кейсов. Также представлен обзор ключевых научных разработок, которые были оформлены в качестве результатов интеллектуальной деятельности (РИД) в период 2017-2024 гг., проведен качественный анализ российских результатов интеллектуальной деятельности (РИД) по направлению систем управления жизненным циклом.

2.1. Технологические тренды развития систем. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы (примеры)

Современная мировая промышленность находится под воздействием ряда вызовов и угроз, таких как системные нарушения баланса спроса и предложения на глобальных товарных рынках, климатические изменения и климатическая повестка, связанные с распространением энергосберегающих и «зеленых» стандартов, растущие требования потребителей к скорости производства и индивидуализации производимой продукции, а также формирование новых стандартов уровня и качества жизни в наиболее развитых странах. Ситуацию обостряют разрывы производственных цепочек и экономический спад, вызванные последствиями коронавирусной инфекции COVID-19 и растущая геополитическая неопределенность. В сложившихся условиях все большее значение приобретает развитие перспективных технологий, внедрение которых способно стать ответом на обозначенные выше вызовы. К подобным технологиям (технологическим направлениям) международные консалтинговые компании, такие как Deloitte [71], McKinsey & Company [72] и др., прежде всего, относят искусственный интеллект, в т.ч. генеративный искусственный интеллект, распространение No-Code/Low-Code подходов к проектированию; облачные технологии и сервисы; комплексные платформенные решения и гибкие модульные системы во всех областях.

Для России влияние глобальных вызовов обостряется санкционным давлением и необходимостью обеспечения технологического суверенитета, под которым, в свою очередь, понимается «наличие в стране (под национальным контролем) критических и сквозных технологий собственных линий разработки и условий производства продукции на их основе, обеспечивающих устойчивую возможность государства и общества достигать собственные национальные цели развития и реализовывать национальные интересы [73]». Согласно Концепции технологического развития до 2030 года [73], утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года, к «сквозным» – определяющим облик отдельных отраслей и экономики в целом в среднесрочной перспективе – относятся технологии искусственного интеллекта, новых материалов, квантовых вычислений и коммуникаций, накопления энергии, систем связи, космических систем [73].

В контексте инженерного программного обеспечения наиболее актуальными являются такие «сквозные» технологии как:

- Искусственный интеллект.
- Квантовые технологии.
- Современные и перспективные сети мобильной связи.
- Технологии виртуальной и дополненной реальности.
- Технологии больших данных.
- Технологии распределенного реестра.
- Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы.

Необходимо учитывать, что перспективы использования вышеуказанных групп технологий имеют определенную специфику в зависимости от класса ПО. В таблице ниже представлена ключевая информация о перспективных направлениях использования «сквозных» цифровых технологий, составленная на основе тенденций технологического развития, а также приведен ряд конкретных рыночных кейсов для технологий класса PLM (Таблица 3).

Таблица 3. Перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий, составленные на основе тенденций технологического развития, и рыночные кейсы

№	Сквозные / цифровые технологии	Основные перспективные направления использования в разрезе класса	Примеры кейсов использования
1	Искусственный интеллект	• Анализ рынка с применением ИИ. • Умный расчет срока жизни оборудования. • Умная система усовершенствованного планирования и составления графиков (Advanced Planning and Scheduling, APS). • Умный пользовательский сервис.	• Использование данных о состоянии цепочек поставок и рыночных данных компаниями Agilent и Ingrasys. • Предиктивное обслуживание оборудования на основе искусственного интеллекта (ИИ) в компаниях Aramco и CATL. • Автоматизированное пополнение запасов на основе ИИ в компании Unilever, управление параметрами производственного графика в компании ACG Capsules. • Умный сбор новых заказов для клиентов в компании China Resource Building Materials Technology.
2	Квантовые технологии	Квантовые технологии находятся на относительно ранней стадии своего развития. Вопрос о применении квантовых вычислений в PLM системах пока не стоит.	-
3	Современные и перспективные сети	Современные PLM-системы не решают задачу непосредственного управления промышленным производством в режиме	-

№	Сквозные / цифровые технологии	Основные перспективные направления использования в разрезе класса	Примеры кейсов использования
	мобильной связи	реального времени и не зависят от сверхвысоких скоростей в компьютерных сетях; рассматриваемое направление более актуально в разрезе таких классов программного обеспечения, как MES и SCADA.	
4	Технологии виртуальной и дополненной реальности	● Просмотр 3D-инструкций в средствах виртуальной реальности (Virtual Reality, VR) [74]. ● Использование средств дополненной реальности (Augmented Reality, AR) для визуализации чертежей или полномасштабных продуктов [75].	● Использование продукта POWERGUIDE, предназначенного для создания электронных технических руководств и каталогов изделий в крупном судостроительном бюро на Тверском вагоностроительном заводе, а также Сервисным локомотивным депо Братское [76]. ● Применение AR от АО «НЕОЛАНТ» для Казанского вертолетного завода. Использование Microsoft Hololens позволяет специалистам взаимодействовать с 3D-моделями вертолетов в реальном времени, что значительно упрощает процесс оценки и сборки [77].
5	Технологии больших данных	Принятие обоснованных решений.	Решение NETVIBES, которое работает на платформе 3DEXPERIENCE, помогает обрабатывать большие данные для принятия более обоснованных решений [78].
6	Технологии распределенного реестра	● Использование блокчейна для контроля качества [79]. ● Использование блокчейна для обеспечения безопасности данных производства [80].	● Изучение применения технологии блокчейна в лабораториях контроля качества (QC) фармацевтической продукции компанией EY [81]. ● Использование продуктов Identify3D и Siemens для того, чтобы обезопасить всю цепочку данных [80].

№	Сквозные / цифровые технологии	Основные перспективные направление использования в разрезе класса	Примеры кейсов использования
7	Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы	• Обеспечение совместной работы. • Увеличение скорости внедрения. • Увеличение скорости работы за счет обеспечения доступности данных.	• Использование облачной версии 3D EXPERIENCE, которая позволяет командам, работающим в США и Франции, работать бесперебойно и одновременно, подключаясь к платформе, компанией Interstellar Lab. • Использование облачной версии 3D EXPERIENCE, которая не требует длительного времени на внедрение, компанией River Mobility. • Использование Autodesk Fusion Manage, которая позволяет экономить время благодаря возможности подключиться к платформе из любого места в любое время, компанией ME Global.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным из открытых источников, 2024

2.1.1. Искусственный интеллект

Технологии искусственного интеллекта все больше применяются в PLM-решениях, а в перспективе их потенциал покрывает практически все аспекты PLM-систем.

Роб Маккавеи, технический директор компании Aras (разработчика PLM-систем), при прогнозировании развития систем управления жизненным циклом изделия ссылается на оценку компании Gartner, согласно которой к 2026 году возможности GenAI в отдельных функциональных областях будут внедрять более 50% поставщиков PLM-систем [82]. Ожидается, что в ближайшие годы искусственный интеллект полностью перестроит инженерные и производственные процессы. Однако, несмотря на отмечаемый потенциал, в настоящее время только 14,6% компаний используют ИИ при управлении производственными операциями.

Ключевая причина ограниченного распространения ИИ в организациях – разрозненность инженерных данных, ограничивающая способность ИИ создавать ценность на протяжении всего жизненного цикла продукта. Реализация концепции «цифровой нити» (Digital Thread) может позволить организациям преодолеть эту проблему и объединить разрозненные рабочие процессы и источники данных.

Интеграция искусственного интеллекта в «цифровую нить» способна открыть множество

возможностей в производстве, в частности, компании смогут предвидеть потребности в техническом обслуживании, оптимизировать цепочки поставок и внедрять инновационные продукты. Благодаря анализу отзывов клиентов и рыночных тенденций ИИ позволяет производителям принимать решения на основе данных, которые соответствуют меняющимся предпочтениям потребителей и динамике рынка.

Кейсы Всемирного экономического форума

Среди кейсов внедрения ИИ-технологий для PLM-решений, рассматриваемых консалтинговыми организациями [83], собранными Всемирным экономическим форумом [84] в рамках реализации концепции Индустрии 4.0, можно отметить следующие:

- Компания Agilent [85] использует показатели эффективности работы поставщиков и информацию о состоянии цепочки поставок для прогнозирования наличия требуемых материалов, что позволяет заранее реагировать на возможные риски в цепочке поставок.
- Компания Ingrasys [86] использует данные об истории заказов и рыночные данные для более точного прогнозирования объема заказов.
- Нефтегазовая компания Aramco [87] рассчитывает оставшийся срок службы реакторов на основе анализа более 140 000 точек данных по каждому реактору, чтобы минимизировать коррозионные процессы и оптимизировать техническое обслуживание.
- Компания CATL [88] внедрила предиктивное обслуживание в масштабах завода с использованием искусственного интеллекта для оптимизации мер обслуживания на основании данных, полученных от датчиков, работающих в режиме реального времени.
- Компания Unilever [89] внедрила автоматизированное пополнение запасов с помощью модели, обученной на таких данных, как продажи/заказы за предыдущий день, целевые запасы, ограничение производственных мощностей и наличие материалов для регулируемых продуктов.
- В компании Johnson & Johnson [90] внедрена система по выявлению и снижению рисков, позволяющая заменить ручной анализ данных автоматизированным процессом с использованием искусственного интеллекта для получения выводов, применимых в непосредственной деятельности компании.
- В компании ACG Capsules [91] производственный график оптимизируется по 4 параметрам и 8 ограничениям с помощью искусственного интеллекта.
- Компания GAC Aion [92] использует усовершенствованный механизм оптимизации для автоматического планирования и определения приоритетов более чем 100 000 конфигураций, что позволяет оптимизировать плавное распределение ресурсов.
- China Resource Building Materials Technology [93] использует адаптивные алгоритмы на основе трехмерного цифрового моделирования для «бесконтактного» сбора новых заказов для клиентов, включая гибкое планирование загрузки цемента в упаковку [83].

2.1.2. Квантовые технологии

На данный момент непосредственно квантовые технологии находятся на ранней стадии развития и решения на их основе еще не внедряются в сферу PLM.

2.1.3. Современные и перспективные сети мобильной связи

Передовые технологии мобильной связи являются важным направлением при непосредственной промышленной автоматизации, находящейся в сфере действия систем MES и SCADA. При этом необходимо отметить, что современные PLM-системы не решают задачу непосредственного управления промышленным производством в режиме реального времени и не зависят от сверх-высоких скоростей в компьютерных сетях.

2.1.4. Технологии виртуальной и дополненной реальности

Технологии виртуальной и дополненной реальности (AR/VR) позволяют географически разделенным командам работать вместе в общем удобном виртуальном пространстве. Инженеры и дизайнеры могут управлять 3D-моделями в режиме реального времени, получать мгновенную обратную связь и дорабатывать проекты. Такое динамичное сотрудничество не только ускоряет процесс проектирования, но и облегчает достижение единства позиций всех заинтересованных сторон, в результате чего продукты отвечают как техническим спецификациям, так и ожиданиям пользователей.

Одной из серьезных проблем, с которой сталкиваются специалисты по PLM, является отсутствие бесшовной интеграции между существующими инструментами и корпоративной системой PLM-данных. Технологии AR/VR способны обеспечить создание адекватной среды для совместной разработки и проектирования изделий, то есть решить задачу, с которой зачастую не справляются традиционные инструменты [75].

Кейс IGA Technologies

Российская компания IGA Technologies [94] разработала продукт POWERGUIDE, предназначенный для создания электронных технических руководств и каталогов изделий. Также IGA Technologies предлагает возможность просмотра 3D-инструкций в виртуальной реальности (VR) с поддержкой устройств HTC Vive, что позволяет оценивать реальные размеры, зоны доступа и видимости при обслуживании продукции. Решения POWERGUIDE для создания электронных каталогов изделий (ЭКИ) и интерактивных руководств (ИЭТР) нацелены на отрасли, занимающиеся производством сложных высокотехнологичных изделий, таких как авиационная, аэрокосмическая промышленность, оборонный комплекс и автомобилестроение. Проекты компании реализовывались на предприятиях судостроительной отрасли, а также на Тверском вагоностроительном заводе [76].

Кейс «Неолант»

Специалисты компании «НЕОЛАНТ», одного из лидеров в сфере ИТ/инжиниринга в России, создали информационную модель техники Казанского вертолетного завода (далее – KB3) и интегрировали ее с очками дополненной реальности Microsoft Hololens.

При сборке, техническом обслуживании или ремонте вертолетов, специалисты могут вызывать анимированные инструкции или подсказки в виде руководств и документации, содержащей

характеристики конкретных деталей или действий. Эти инструкции могут быть представлены в виде аудио- или анимационных подсказок, а также видео, которые проецируются на объекты в реальном времени. Получить доступ к справочной информации можно с помощью голосовых команд и жестов. AR-очки позволяют расширить визуальное поле зрения специалистов KBЗ и повысить их функциональные возможности. Система, установленная в AR-очках, может сканировать компоненты с маркировкой QR-кодов и отображать на экране информацию о необходимых изделиях, их количестве, состоянии и примечаниях. Кроме того, система указывает местонахождение товаров на складе, выделяя его на интерактивной карте и обозначая виртуальными указателями [77].

2.1.5. Технологии распределенных реестров

Технологии распределенных реестров (Distributed Ledger Technology, DLT, наиболее известная реализация – технология блокчейн) имеют ряд преимуществ для PLM-систем: открытость, децентрализация и одноранговые отношения в рамках производственных процессов [95]. Это позволяет выстраивать защищенные транзакции в сложных производственных системах и цепочках поставок. Наибольшие перспективы технология распределенных реестров (TPP) имеет в отраслях с большой значимостью защиты интеллектуальной собственности при передаче изделий, а также в отраслях с большим риском киберугроз.

Кейс Ernst&Young: применение блокчейна в рамках управления лабораторией контроля качества

Консалтинговая компания Ernst&Young создала пакет решений по управлению жизненным циклом продукции [79], использующий технологию распределенных реестров для задач лабораторий контроля качества. Источником исходных данных в рассматриваемом случае выступает оборудование, используемое для производства/испытаний/упаковки препаратов, а каждый информационный блок представляет собой комбинацию идентификационных данных, данных о состоянии/этапе, вспомогательных данных и информации о временных метках. Настоящее решение может работать параллельно с существующими системами MES, LIMS и ERP. Пример схемы работы системы представлен на Рисунке 8 ниже.

Рисунок 8. Пример применения блокчейна в рамках управления лабораторией контроля качества

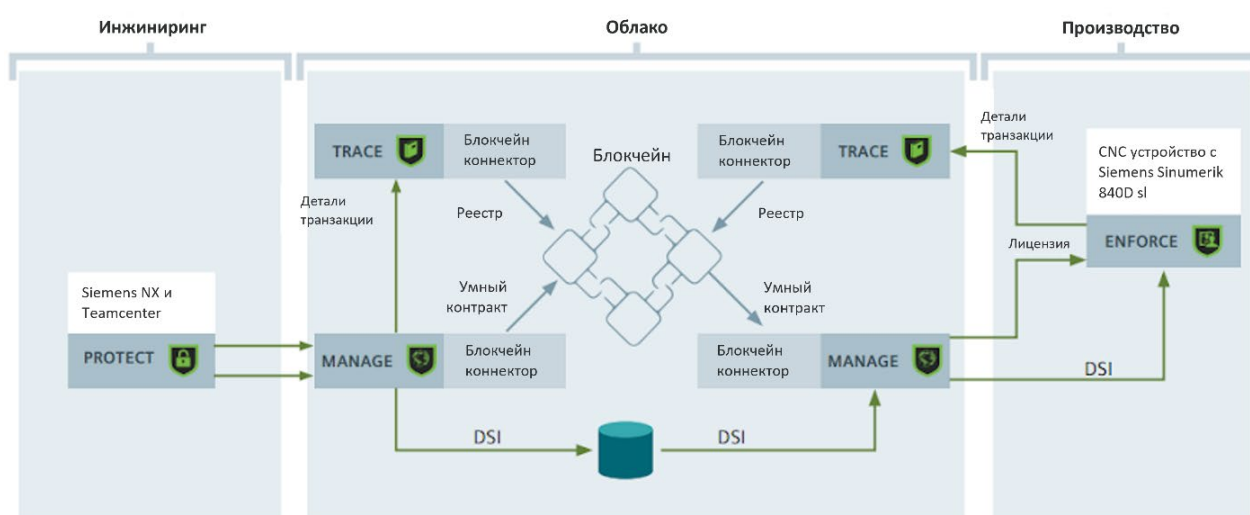


Источник: EY, Product life cycle management using blockchain, 2017 [81]

Кейс Identify3D и Siemens: применения блокчейна в рамках управления аддитивным производством

Многие разработчики и производители обеспокоены вопросом обеспечения безопасности данных при использовании аддитивных технологий. Совместная разработка компаний Identify3D и Siemens на основе технологий распределенного реестра может обезопасить всю цепочку данных – от проектирования до изготовления –, и обеспечить целостность передачи информации в цифровом виде и изделий при использовании аддитивных технологий (Рисунок 9).

Рисунок 9. Пример применения блокчейна в рамках управления аддитивным производством



Источник: Siemens PLM Software, Data protection in the digital thread, 2019 [80]

Данное направление разработки является одним из средств реализации концепции «цифровой нити».

Поскольку каждое из приложений Identify3D выполняется на независимых узлах, реализация экосистемы Identify3D на основе блокчейна в цепочки поставок проста и не требует внесения изменений в основную технологию Identify3D. Существует несколько вариантов реализации, в зависимости от конкретной технологии блокчейна. В более сложных блокчейнах, таких как Hyperledger Fabric, позволяющих заключать цифровые контракты, вся цифровая лицензия, созданная приложениями Identify3D, может храниться в блокчейне, а цифровой контракт может использоваться для лицензирования. Для более простых реализаций в блокчейне может храниться хэш-запись лицензии с цифровой подписью. В любом случае запись о лицензионной транзакции будет сохранена в блокчейне. Если вся лицензия встроена в блокчейн, то сам блокчейн может служить механизмом для транспортировки лицензии между узлами. Любая конфиденциальная информация в лицензии будет зашифрована криптографическим ключом лицензиата, так что целостность транзакции будет сохранена, но при этом конфиденциальная часть ИС будет сохранена [80].

2.1.6. Большие данные

Технологии больших данных являются необходимым элементом для современных PLM-систем тяжелого класса. Работа с большими данными подразумевает работу с многочисленными новыми цифровыми инструментами, такими как дата-майнинг, аналитика данных в режиме реального времени, предиктивная аналитика и продвинутое математическое моделирование данных. Некоторые исследователи относят к технологиям больших данных и технологии машинного обучения [96]. PLM-системы, охватывающие все больший объем данных и включающие в себя все больший спектр подсистем программного обеспечения, вынуждены наращивать собственные аналитические решения на основе технологий, развивающихся в рамках концепции Big Data.

Кейс Dassault Systèmes

Решение NETVIBES на платформе 3DEXPERIENCE от компании Dassault Systèmes помогает заказчикам раскрывать потенциал информации. NETVIBES обрабатывает большие данные для принятия более обоснованных решений на всех уровнях предприятия.

Решение позволяет:

- Обогащать цифровой двойник изделия или продукта контекстуализированными данными реального мира.
- Преобразовывать огромные потоки информации в идеи, реализуемые на практике.
- Обеспечивать заинтересованные стороны возможностью принимать обоснованные решения на основе данных.
- Предвидеть позитивные и негативные изменения на рынке и в бизнесе, повышать гибкость всего предприятия.
- Своевременно принимать бизнес-решения, позволяющие снизить риски, уменьшить затраты и сократить время выхода на рынок [78].

2.1.7. Облачные сервисы, платформизация, инструменты коллаборации, микросервисы

В последние годы большая часть крупных вендоров PLM-систем, таких как Siemens, PTC и Dassault Systèmes переходят к платформенной организации своего программного обеспечения. Таким образом тренд на платформизацию является базовым для PLM-систем и слабо отделим от собственного развития данного класса ПО.

Кейс Interstellar Lab на основе 3DEXPERIENCE

Команда компании Interstellar Lab разрабатывает экологически контролируемые системы замкнутого цикла – биорегенеративные станции Ebios для космических полетов, задача которых производить и перерабатывать практически все из имеющихся ресурсов, делая воду, воздух и пищу настолько возобновляемыми, насколько это возможно для жизни в условиях полной автономии.

Команда проекта расположена в США и во Франции. Используя облачную платформу 3DEXPERIENCE, члены команды могут вместе работать над моделью, имея беспрепятственный и одновременный доступ к платформе. Доступ в режиме реального времени очень важен, так как в один момент времени могут выполняться множество различных итераций. Благодаря облачной платформе команда имеет доступ ко всем необходимым функциям. Это экономит время на переключение между сторонними инструментами и платформами и конвертацию данных при переходе от одного приложения к другому [97].

Кейс River Mobility на основе 3DEXPERIENCE

Бренд электрических скутеров River Mobility при создании своего первого скутера Indie использовал облачную платформу 3DEXPERIENCE. Поскольку платформа размещается в облаке, при этом отсутствовала необходимость в длительном внедрении. Помимо преимуществ в виде дополнительной безопасности и регулярных обновлений, выбор облака также оказался экономически эффективным. Без необходимости выделять средства на серверы и дополнительные ресурсы, необходимые для размещения локального решения, River Mobility смогла полностью сосредоточиться на разработке и производстве.

Более того, поскольку некоторые из поставщиков компании также работают с платформой 3DEXPERIENCE, они могут получить прямой доступ к требуемым данным компании. Представители компании могут просто поделиться веб-ссылкой, для того чтобы поставщики могли получить доступ к данным и высказать свое мнение непосредственно в процессе проектирования [98].

2.1.8. Общие выводы

В качестве важнейших технологий развития PLM-систем можно выделить технологии искусственного интеллекта, внедряемые передовыми промышленными предприятиями, а также развитие платформенного подхода к архитектуре рассматриваемого класса ПО.

На текущий момент перспективы ИИ в PLM ограничены запросами непосредственной операционной деятельности промышленных компаний и определяются отраслевой спецификой деятельности. Платформизация вместе со связанными сервисами является «внутренней» составляющей PLM-систем и во многом влияет на коммерческую модель предложения крупных компаний, стремящихся к отказу от PaaS-предложения в пользу переходу на SaaS-модель.

2.2. Обзор ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД). Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД

В рамках настоящего раздела проводится количественный и качественный анализ ключевых научных разработок в России по результатам интеллектуальной деятельности (РИД) в области программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия (PLM) по блокам (подразделам):

- Динамика РИД в России по направлению, ед., за период 2017-2024.
- Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД.

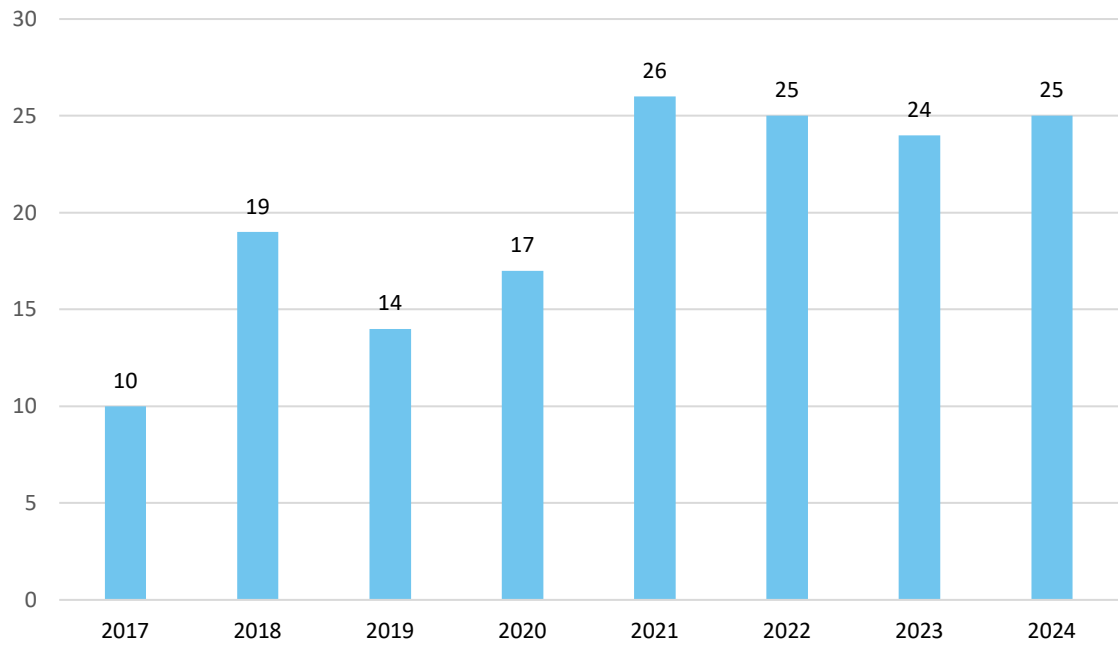
В ходе анализа рассматриваются программы для электронных вычислительных машин (ЭВМ), зарегистрированные в системе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» (ФИПС) [99] по следующим ключевым словам: «Product Life Cycle Management», «PLM Systems», «PLM Software», «Product Lifecycle Management», «(PLM) Software», «Средства управления жизненным циклом изделия», «PLM», «управление жизненным циклом изделия», «управление жизненным циклом продукта». Кроме того, в рамках работы учитываются актуальные программные продукты, включенные в реестр российского программного обеспечения [100].

2.2.1. Динамика РИД в России по направлению, ед. за период 2017-2024

Ключевым источником информации для анализа динамики РИД в России по направлению «программное обеспечение для управления жизненным циклом изделия (PLM)» является система Федерального института промышленной собственности [99]. В рамках настоящего подраздела была проанализирована динамика регистрации PLM-систем в ФИПС с 2017 по 2024 гг. (Рисунок 10).

Рисунок 10. Количество РИД по направлению «системы управления жизненным циклом изделия (PLM)», в России в 2017-2024 гг., ед.

* данные по состоянию на 24.08.2024



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [99], 2024

Динамика РИД в России, зарегистрированных в ФИПС, по направлению PLM в 2017-2024 гг. достаточно неравномерна: резкий рост (почти в 2 раза) в 2017-2018 гг. сменился резким спадом (на 26%) в 2018-2019 гг., что отчасти связано с низкой базой – в 2017 г. в системе Федерального института промышленной собственности было учтено 10 программ для ЭВМ по рассматриваемому направлению. При этом в 2021-2024 гг. в области программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия (PLM) ежегодно стабильно регистрируется около 25 новых разработок. Необходимо учитывать также, что информация в отношении 2024 г. приведена за 9 месяцев.

2.2.2. Качественный анализ ключевых разработок в России в части РИД

В качестве ключевых научных разработок в области программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия (PLM) в рамках настоящего подраздела рассматриваются ТОП-10 последних актуальных программных продуктов, включенных в реестр российского программного обеспечения [100], относящихся к классу программного обеспечения по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 [101] 08.01 Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)» и зарегистрированные в системе Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [99] (Таблица 4).

Таблица 4. Ключевые разработки в России в части РИД в области PLM-систем

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
1	08.02.2024	01.08.2023	Программный комплекс «Оперативное управление производством (ОУП)»	АО «Производственное объединение «Стрела»	ПО для работы с составом изготавливаемых изделий и конструкторской документации, нормированием материала, требуемого для изготовления продукции, формированием материальных спецификаций на применяемые в производственном цикле товарно-материальные ценности (ТМЦ), а также планирования производственных процессов изготовления, формирования номенклатурно-цеховых списков деталей и сборочных единиц в разрезе выполняющих изготовление подразделений
2	28.08.2023	17.10.2023	АРМ «ЛАБОРАНТ»	ООО «ВТОРОЕ ДЫХАНИЕ»	ПО для управления оператором процессом испытания СИЗОД; может использоваться во взаимодействии с ПО оборудования в различных стендах для испытания СИЗОД
3	21.08.2023	17.10.2023	Система управления жизненным циклом изделия «Эталон.PLМ»	АО «Цифровой альянс»	ПО для обеспечения организации и контроля прохождения изделием этапов жизненного цикла от момента начала проектирования до момента завершения утилизации, с предоставлением проектной и отчетной документации по продукту
4	12.05.2023	29.12.2023	Система цифровой идентификации компонентов	ООО «Нумерал»	ПО для обеспечения единого распределенного пространства данных для предприятий при учете продукции и материалов, событий жизненного цикла
5	11.04.2023	05.07.2023	Программный	РФЯЦ-ВНИИЭФ	ПО является первой отечественной

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
			комплекс в защищенном исполнении «Система полного жизненного цикла изделий «Цифровое предприятие» (СПЖ Ц. PLM)		импортонезависимой кросс-платформенной PLM-системой и выполняет функционал следующих классов систем: CAD, CAE, PDM, CAM, MDM, CAPP, технологической платформы, ILS, IETM, ESB, BI, ECM, BPMS, гипервизора, «тонкого клиента», системы управления базами данных и содержит нормативно-методологического обеспечение
6	16.12.2022	29.05.2023	ИС «Строительный контроль»	АО «Ай-Джи-Эй Технологии»	ПО для автоматизации управления процессами капитального строительства при выполнении строительного контроля
7	25.04.2022	13.11.2023	Управление жизненным циклом активов Assetium	ООО «Бюрократ»	ПО представляет собой систему ведения данных по активам предприятия, а также по процессам, циркулирующим в организации; позволяет вести мониторинг, учет, контроль состояния оборудования, инженерных сетей, зданий, сооружений, а также позволяет проводить аудиты состояния процессов и оборудования посредством мобильного приложения для удобства пользователей
8	12.01.2022	12.01.2022	Автоматизированная информационная система мониторинга и	ООО «Меркатор Холдинг»	Единая платформа управления жизненным циклом транспортных средств на основе формирования и интеллектуального анализа данных

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
			интеллектуального управления жизненным циклом транспортных средств		
9	20.07.2021	20.07.2021	Программа для односторонней передачи данных из электронной структуры изделия, разработанного в «Союз-PLM», в систему оперативно-календарного планирования и диспетчеризации производства «СПРУТ ОКП» посредством файла в формате XML	Центральный научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт робототехники и технической кибернетики	Прикладной модуль информационной системы Союз PLM, имеет архитектуру с возможностью гибкой доработки функционала; автоматически создает файл в формате XML по запросу пользователя в Союз PLM от объекта исполнения изделия в версии
10	08.07.2020	16.01.2023	АРБИ (Анализ Работы Бурильного	ООО «СТРОЙПРОМГРУПП»	ПО для мониторинга полного жизненного цикла бурильных труб, начиная с момента их производства и заканчивая списанием

№	Дата регистрации в базе ФИПС	Дата регистрации в реестре российского ПО	Название	Правообладатели	Краткое описание
			Инстру- мента)		

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Министерства цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [100], Федерального государственного бюджетного учреждения «Федеральный институт промышленной собственности» [99], 2024

Таким образом, ключевые актуальные разработки в России в области программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия (PLM) включают в себя как доработку и актуализацию специализированных программных модулей для существующих программных продуктов, так и новые крупные проекты. При этом с 2021 г. число новых разработок в рассматриваемой области, регистрируемых в системе Федерального института промышленной собственности, стабильно находится на уровне около 25 программ для ЭВМ в год.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ РЕЛИЗОВ ОБНОВЛЕНИЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМ PLM В 2024 Г. (ЗА ПЕРИОД ДО КОНЦА 2024 Г.)

В данной главе представлен анализ обновлений, реализованных в PLM-системах в течение 2024 года, а также основные тенденции их развития. Исследование сосредоточено на следующих аспектах:

- Обновления функциональных возможностей зарубежных PLM-систем, включая интеграцию с современными цифровыми технологиями, расширение возможностей аналитики данных и др.
- Изменения в российских PLM-системах, включая развитие собственных технологий, акцент на импортонезависимость и удовлетворение потребностей отечественного рынка.
- Итоговый анализ выявленных тенденций и приоритетов, определяющий основные направления развития PLM-систем в 2024 году.

3.1. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных систем в 2024 г.

В разделе представлен краткий обзор ключевых функциональных возможностей зарубежных систем, доработка которых состоялась в 2024 году. Для анализа были отобраны ведущие игроки рынка, в числе которых Siemens AG, Dassault Systemes SE, PTC Inc., ARAS Inc., SAP SE и др.

Результаты представлены в Таблице 5, которая содержит информацию о наименовании разработчика, дате выпуска и описание новых обновлений. Эти данные предназначены для предоставления актуальной информации о новых релизах и ознакомления с новыми возможностями, предлагаемыми зарубежными системами для решения соответствующих задач.

Таблица 5. Сведения об обновлениях функциональных возможностей зарубежных PLM-систем, вошедших в релизы 2024 г.

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
1	Siemens AG	Декабрь 2023 г. (релиз версии 2024 г.)	Программный продукт: Teamcenter – адаптируемая система управления жизненным циклом изделия, созданная на основе открытой платформы [102]. Версия: 2312 [103] 1. Новое мобильное приложение на базе искусственного интеллекта. 2. Интеграция с Siemens Digital Logistics позволяет моделировать и оптимизировать транспортные расходы и данные о углеродном следе, сокращая время и ошибки, связанные с использованием нескольких систем. 3. Улучшение калькулятора затрат: возможность выполнять массовые изменения данных во всех корневых частях одновременно, синхронизация расчета себестоимости с расчетом цены с течением

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			времени. Обновление интерфейса для более простой работы с 3D-данными, полнотекстовый поиск. 4. Обновленные справочные данные и возможность создания собственной логики расчетов себестоимости и углеродного следа на основе Excel. 5. Ускорение вариативности планирования для сложных конфигурируемых продуктов за счет этапа раннего планирования. Представлен матричный UI для определения моделей, указания применимости функций, создания сложных ограничений, управления предлагаемыми функциональными комбинациями. 6. Добавлена возможность массового обновления структуры изделия и автоматического возврата изменений к предыдущему состоянию и др.
2	Dassault Systemes SE	Ноябрь 2024 г.	Программный продукт: ENOVIA – программный комплекс, предназначенный для совместного управления жизненным циклом сложных изделий, а также ресурсами и производственными процессами [104]. Версия: R2025x GA [105] 1. История задач управления проектами. Добавлена возможность просмотра истории действий, выполненных над задачей управления проектами, и сведений о них. 2. Сравнение требований и спецификаций требований. Новая команда «Text Compare» доступна в разделе «Markup». 3. Управление конфигурацией (Effectivity-Based Configured Objects). Улучшена возможность разработки структуры изделия, управления структурами изделия с помощью назначенной модели и пользовательских значений эффективности. 4. Пользовательские атрибуты и возможности поиска объектов взаимозаменяемости. Добавлена возможность создания пользовательских атрибутов объектов взаимозаменяемости, которые соответствуют способу работы в организации, а также поиска атрибутов в базе данных организации и применения их к реализуемому проекту. 5. Добавлена возможность назначения «вклада» требования при управлении и снижении рисков (в поле «Contributes To») задач. Добавляемое требование и его подтипы могут иметь любое состояние реализации (maturity state). 6. Добавлена возможность определения списка утвержденных (квалифицированных) поставщиков для инженерной сборки. 7. Добавлена возможность просмотра сведений о позиции поставщика, прикрепленной к эквивалентной позиции производителя, на вкладке «Vendor Items» на информационной панели. 8. Добавлена возможность создания новых ветвей в редакторе структуры требований, что обеспечивает большую гибкость, чем линейное представление. 9. Возможность назначения новой роли «Инженер по стандартным

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			требованиям» («Classic Requirements Engineer») для доступа к управлению отслеживаемыми требованиями. 10. Появилась возможность пересмотра структуры с помощью режима «пересмотра модели на основе эффективности» для роли «Configuration Engineer», что позволяет ускорить циклы проектирования без вмешательства третьих лиц (менеджера по продукту и др.) для внесения изменений. 11. В облачной среде предоставляется новый специализированный сервис для вычисления моделирования помех. 12. Появилась возможность добавления 3D-геометрии MCAD в структуру электронного физического компонента через перетаскивание в редакторе электронных компонентов и др.
3	PTC Inc.	Июнь 2023 г. – Июль 2024 г.	Программный продукт: Windchill – программный продукт для управления жизненным циклом изделия, организации совместной работы и автоматизации процессов управления данными об изделии [106]. Версия: 13.0.0.0 [107; 108] – Июнь 2023 г. 1. Повышение непрерывности данных и процессов между системами PLM и MES. 2. Улучшенная последовательность реализации нескольких производственных стратегий («как спроектировано», «как запланировано», «как контрактировано» и «как изготовлено»). 3. Улучшение пользовательского взаимодействия, возможностей SaaS, взаимодействия и рабочих инструкций. 4. Разработан Windchill Navigate, который предоставляет возможность определения ассоциативных и интерактивных рабочих инструкций, учитывающих изменения и конфигурацию. Рабочие в цеху могут получать доступ к актуальным техническим данным через цифровые рабочие инструкции. Операторы могут предоставлять обратную связь инженерам в режиме реального времени. 5. Windchill Navigate улучшает совместную работу благодаря повышению надежности данных об изделиях на основе ролей и задач. Появилась возможность предоставления в режиме реального времени доступа к источникам данных (ERP-, MES-системы). 6. Улучшение возможностей интеграции платформы благодаря новым API для настройки, интеграции и автоматизации. 7. Использование фреймворка Business Administrative Change (BAC) для автоматизации управления изменениями и выпусками. 8. Улучшения в управлении изменениями: массовая генерация переменных в управлении конфигурацией, инфраструктура каскадных атрибутов, поддержка множественного редактирования и динамическое позиционирование для управления более высокими уровнями сложности. 9. Добавлена поддержка динамического позиционирования (для NX от Siemens). Определение расположения компонентов относительно друг друга в среде PLM возможна без необходимости

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			создания отдельной конфигурации в CAD-системе. 10. Автоматизация работы с нормативными документами: расширенная поддержка уникальных идентификаторов устройств (Unique Device Identifiers, UDI); поддержка использования фреймворка REST и др. Версия: 13.0.1.0 [109] – Май 2024 г. 1. Управление изменениями: обновлен шаблон рабочего процесса извещения об изменении; предусмотрено преобразование унаследованных связей в гибкие связи для всех объектов управления изменениями и объектов управления качеством и др. 2. Появилась возможность добавления сохраненной конфигурации конкретной версии CAD-документа в фильтры, даже если родительский CAD-документ не является первоначально выбранным объектом. 3. Вводится безопасный метод запуска сценария конвертера на удаленном компьютере без использования WorkerDaemon и открытия TCP-сокета. 4. Windchill ESI предоставляет возможность публиковать операцию без публикации связанного технологического процесса. 5. Основные обновления интерфейса включают новый шрифт и обновленную цветовую схему по всему продукту Windchill и др. Версия: 13.0.2.0 [110] – Июль 2024 г. 1. Поддержка удаления наборов правил с помощью функции удаления в пакете CCD. 2. При создании новой рабочей области можно задать сохраненный фильтр как спецификацию конфигурации по умолчанию 3. Улучшена визуализация структур деталей/ производственных структур для ускорения обработки переопределения (на основе структур) и множественных состояний. 4. Улучшения в сводных отчетах об изменениях во время планирования или реализации изменения и др.
4	ARAS Inc.	Май 2024 г.	Программный продукт: Aras Innovator – пакет масштабируемых программных решений для управления жизненным циклом изделий, созданный на основе открытой платформы [111]. Версия: 2024 [112] 1. Новый пользовательский параметр «Установить вкладки в качестве режима просмотра при входе в систему» способен запоминать текущий набор вкладок и автоматически открывать их при повторном входе пользователя в систему. Это включает в себя настройку экрана и отображение активных вкладок. 2. Добавлены всплывающие подсказки для свойств в таблицах и

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			формах: стандартные атрибуты «Всплывающая подсказка» и «Текст справки» свойств типа элемента могут быть настроены для отображения контекстной справочной информации для свойств, отображаемых в виде столбцов таблицы и полей формы. - Добавлена функция «Встроенные элементы документа», которая представляет возможность вставлять дочерние графические изображения, свойства элементов и другие текстовые элементы. - Добавлен индикатор, предупреждающий пользователей об устаревших версиях информации. Рядом с индикатором указана ссылка для открытия текущей версии на отдельной вкладке. - Добавлена поддержка отображения / скрытия заголовка имени результата и имени экземпляра в легенде. - Добавлена поддержка отображения / скрытия точек данных на графике XY, положения оси. - Добавлена поддержка подписи изображения. - Добавлена поддержка сохранения границ объектов в разрезе. - Добавлено действие «Переключить на адаптивную форму» в классическом редакторе форм. Адаптивные формы автоматически подстраиваются под размер экрана и могут быть использованы для редактирования элементов. - Представлен настраиваемый редактор веб-служб, который представляет собой визуальный интерфейс, позволяющий администраторам и бизнес-пользователям определять и публиковать пользовательские REST API. Пользователи могут выбирать типы элементов для включения в API без программирования, AMI / SQL и др.
5	SAP SE	Февраль – Ноябрь 2024 г.	Программный продукт: SAP PLM — комплексное программное решение для управления сквозным жизненным циклом изделий и активов [113]. Версия: 1.0-2.0 [114] – Февраль – Март 2024 Визуализация (Visualization): - Управление источниками данных: добавление преобразования формата JSON. - Новый сервис, предоставляющий API для визуализации. Управление спецификациями (Specification Management): - Для ввода числовых значений предусмотрены дополнительные параметры. - Возможность изменения автоматически сгенерированного идентификатора категории изделия. - Добавлен новый тип свойств, позволяющий предоставлять информацию о свойствах в формате расширенного текста. - Настройка прав редактирования определенного типа спецификации (при создании нового типа). Структура изделия (Enterprise Product Structure): - Добавлена возможность просмотра номеров деталей

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			производителя. 8. Добавлена возможность просматривать иерархию спецификации при редактировании структуры. 9. Обнаружение циклических ссылок при редактировании структуры изделия. Интеллектуальная передача (Intelligent Handover): 10. Разделение и перераспределение компонентов в режиме маршрутизации и др. Инжиниринг (Engineering): 11. Настройка уведомлений на электронную почту при упоминании исполнителей в комментариях (в требованиях и др.). Версия: 3.0-7.0 [114] – Апрель – Июль 2024 Управление конфигурацией (Configuration Management): 1. В приложении Manage Baselines раздел Routing доступен опционально для интеграции операций как части этапа жизненного цикла производства. Появилась возможность сборки данных маршрутизации из бэкэнд-системы. Данные маршрутизации и статус можно просматривать вместе с данными о структуре изделия и др. Управление спецификациями (Specification Management): 2. Поиск спецификаций по идентификатору спецификации или названию и др. Интеграция: 3. Обмен спецификациями: обмен правами редактирования с другими внешними организациями. Структура изделия (Enterprise Product Structure): 4. Управление конфигурацией изделия с помощью параметров эффективности и др. Версия: 8.0 [114] – Август 2024 Управление спецификациями (Specification Management): 1. Блокировка предварительных спецификаций для предотвращения их дальнейшего редактирования. Структура изделия (Enterprise Product Structure): 2. Возможность обновления сведений об изделии. Интеллектуальная передача (Intelligent Handover): 3. Интеграция с SaaS-приложением для обмена данными об изделиях. 4. Отслеживание действий пользователей, в режиме MBOM или маршрутизации.

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			5. Интеграция SAP Product Lifecycle Management с SAP S/4HANA Cloud для поддержки сквозного процесса передачи данных. 6. Приложение Intelligent Handover SaaS позволяет синхронизировать данные структуры изделия (BOM) и маршрутизацию с внешними источниками данных. Управление спецификациями (Specification Management): 7. Массовое обновление статусов спецификаций. 8. Назначение эталонной спецификации для сравнения и др. Версия: 9.0 [114] – Сентябрь 2024 Визуализация (Visualization): 1. Миграция из PostgreSQL в базы данных SAP HANA Cloud Инжиниринг (Engineering): 2. Расширенные функции экспорта требований в файлы ReqIF Управление спецификациями (Specification Management): 3. Назначение обязательных свойств в спецификациях и др. Версия: 10.0 [114] – Октябрь 2024 Интеграция: 1. Используя SAP Ariba Sourcing, поставщики могут получить доступ к общей информации об объектах снабжения в рамках совместной работы. Структура изделия (Enterprise Product Structure): 2. Возможность разворачивать и сворачивать все узлы структуры изделия. 3. Импорт списков кодов из исходной системы по умолчанию. 4. При синхронизации спецификации из исходной системы одновременно автоматически создается визуализация для каждого элемента спецификации и др. Версия: 11.0-12.0 [114] – Ноябрь 2024 Структура изделия (Enterprise Product Structure): 1. Новая функция отслеживания изменений в исходной системе. Эти изменения можно отслеживать с помощью приложения «Task Monitoring». 2. Новые операторы для типа параметра. Возможность выбора операторов для строковых («is not equal» и «is not one of») и числовых («is not equal», «is not between», и «is not one of») типов параметров. 3. Возможность навигации между родительской и дочерними задачами, созданными при синхронизации с исходной системой. На

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			экране мониторинга задач («Task Monitoring») отображается новый раздел «Related Tasks». Этот раздел содержит ссылку «Details», которая позволяет перейти к списку задач, связанных с родительской задачей. Инжиниринг (Engineering): - Объединение матриц. Предыдущий выбор матриц прослеживаемости (traceability matrix) сохраняется, что исключает необходимость их повторного выбора при следующем входе в систему. - Представлен новый API для назначения расширений. - Улучшение читаемости версий: - сравнение версий моделей и диаграмм. - Указание номера версии в сравнительном представлении. - Возможность добавления описания при экспорте требований в CSV-файл и др.
6	ИНТЕРМЕХ	Июнь 2024 г.	Программный продукт: IPS – программный комплекс системы информационной поддержки жизненного цикла изделий [115]. Версия: 7.0 SP [116] - Добавлена возможность добавления атрибута объекта в условие ввода данных из раздела спецификации при сборе ведомости. - Добавлен учёт содержимого «Календаря пользователя» при планировании задач в проекте. - Добавлена проверка использования ресурсов в проектах. - При подписании вложения в почте на закладке «Подписи», через команды в таблице, статус подписи автоматически перечитывается на актуальный. - Добавлена возможность прерывания импорта из скрипта в конфигурации. - Добавлена возможность исключения атрибутов из импорта XML. - Добавлена настройка для администратора «Режим вложенного автоподбора». - В инсталлятор серверной части IPS добавлена настройка портов подключения к системе управления базами данных (СУБД).

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Анализ обновлений функциональных возможностей зарубежных систем класса PLM показывает, что ключевыми направлениями их развития становятся следующие аспекты.

Расширение пользовательских функций: современные PLM-системы ориентируются на улучшение удобства работы пользователей за счёт ряда усовершенствований:

- Автоматическое запоминание состояния интерфейса, включая активные вкладки, с их последующим восстановлением при повторном входе.
- Использование контекстных подсказок, отображаемых для свойств в таблицах и формах, для упрощения восприятия данных.
- Настраиваемая видимость заголовков имени результата и имени экземпляра в

легенде отображения.

4. Адаптивные формы, которые автоматически подстраиваются под размер экрана устройства, улучшая взаимодействие пользователя (например, через инструмент drag-and-drop для создания и редактирования форм).
5. Интеграция с календарём пользователя для учета расписания задач в проекте, что повышает точность планирования.
6. В управлении версиями появился индикатор устаревших версий продукта, помогающий пользователю избежать обращения к неактуальной информации. Также появление быстрой ссылки на актуальную версию минимизирует риски использования устаревших данных. Также произошли улучшения в читаемости и контроле версий объектов.
7. Возможности копирования данных расширены функцией множественного выбора строк и столбцов для копирования данных в соседние ячейки, аналогичной работе с табличными программами (Microsoft Excel, Google Sheets). Это упрощает редактирование больших массивов данных и ускоряет выполнение рутинных задач.
8. Расширение перечня пользовательских ролей, управления доступом на основе ролей для улучшения совместной работы.
9. Повышение гибкости системы: возможность создания собственной логики расчетов и разработки настраиваемых структур, пользовательских объектов.
10. Добавление функциональности множественного редактирования, массового обновления объектов и автоматического возврата к предыдущему состоянию.
11. Расширенные возможности поиска, полнотекстовый поиск.
12. Расширение функциональности, связанной с классификацией и структуризацией объектов.
13. Новые API для улучшения возможностей настройки платформы и ее интеграции с внешними системами.

Усовершенствования для администраторов и разработчиков:

1. Внедрение визуального редактора для веб-служб, позволяющего настраивать пользовательские REST API без навыков программирования, AMI или SQL.
2. Возможность исключать атрибуты из процесса XML-импорта, что упрощает настройку данных.
3. Расширены параметры установки серверной части, включая настройки портов подключения к СУБД, что повышает гибкость конфигурации.

3.2. Анализ релизов обновлений функциональных возможностей российских систем в 2024 г.

Российские разработчики продолжают активно внедрять инновации, расширяя функциональные возможности своих систем и укрепляя позиции на отечественном рынке. Данный раздел посвящен анализу обновлений функциональных возможностей российских систем, релиз которых состоялся в 2024 году. Исследование проводится в целях выявления основных тенденций развития отечественного программного обеспечения и определения приоритетных направлений его

совершенствования.

В Таблице 6 ниже предоставлена информация о выпущенных релизах и планируемых обновлениях для ключевых российских PLM-систем, включая дату и ключевые изменения.

Для анализа обновленных функциональных возможностей были выбраны ведущие игроки рынка, такие как ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ», ООО «АППИУС-СОФТ», ООО «СиЭс Технологии», ООО «ИНГИПРО», АО «Аскон», ООО «Лоция Софтвэз», ООО «Програмсоюз», АО «СиСофт Девелопмент», ООО «Крона» (ГК ADEM). Результаты поиска и обработки данных представлены ниже.

Таблица 6. Сведения об обновлениях обновлений функциональных возможностей российских систем, вошедших в релизы 2024 г.

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
1	ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»	н/д	Программный продукт: СПЖЦ.PLM – программный комплекс промышленной автоматизации, решающий задачи управления ЖЦИ и сквозной технологии 3D-проектирования [117]. 1. Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
2	ООО «АППИУС-СОФТ»	Июль 2024 г.	Программный продукт: Arrius-PLM Управление жизненным циклом изделия – интегрированный информационный комплекс управления жизненным циклом изделия и нормативной базой учетной системы на цифровой платформе «1С:Предприятие 8.3» [62]. Версия: 2024.69/70 [118] 1. Реализован функционал, позволяющий организовать возможность управления пакетом проектов. Для пакетного управления создана новая связь «Межпроектные связи». За счет этого группа проектов может быть объединена в рамках общего проекта. Также «Проект» может быть добавлен по новой связи в состав «Этапа проекта», что позволит проект верхнего уровня разбить на проекты нижнего уровня, с соблюдением всех зависимостей и сроков. 2. В рамках панели задач реализован поиск, учитывающий содержание задачи. Это позволит сократить время поиска за счет отбора задач по ключевым словам. 3. В системе добавлена новая локальная константа, определяющая максимальный размер вложенного файла при создании почтовых сообщений и задач. В случае, если размер вложения превышает это значение, почтовое сообщение отправлено не будет, а пользователю будет выдано сообщение о превышении допустимого размера вложения. 4. Переработана карта маршрута бизнес-процесса. Скорректирован порядок, включено отображение карты для конкретного

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			бизнес-процесса (с текущим состоянием выполнения и исполнителями). 5. Реализован функционал, позволяющий организовать в системе версию файлов. Установка настройки предполагает создание версий файлов в автоматическом режиме с присвоением номеров версий. Версии файлов доступны в рамках карточки файла. 6. Добавлен новый справочник «Спецсимволы». В справочнике возможно самостоятельное создание новых спецсимволов, в результате добавления они становятся доступными при выборе. 7. Реализована новая проверка при формировании технологической схемы изделия в рамках ERP - компонента. Проверяется соответствие подразделения точки маршрута, операции и рабочего центра. Это позволит избежать ошибок на стороне учетной системы. 8. В карточке Пользователя на закладке «Входит в группы» добавлен новый фильтр «Только выбранные группы». Это упростит работу администратора при создании и изменениях пользователей. 9. Добавлен механизм рассылки на электронную почту через очередь фоновых заданий. Это позволит управлять процессом рассылки, в случае аварийной рассылки выполнить повторную, также исключить ошибки, когда почтовый сервер блокирует рассылку. 10. Реализован функционал формирования конструкторских отчетов средствами платформы 1С: Предприятие. Для формирования доступна «Единичная спецификация» и «Лист регистрации изменений».
3	ООО «СиЭс Технологии»	н/д	Программный продукт: СТАКСЕЛЬ – система управления жизненным циклом продукта с интегрированным подходом [64]. Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
4	ООО «ИНГИПРО»	Январь 2024 г.	Программный продукт: ИНГИПРО – среда общих данных для формирования и ведения информационных моделей объектов капитального строительства коммерческими и государственными заказчиками [119]. Версия: 2024 [120] 1. Появилась возможность хранить разные представления одной версии документа (разные форматы) в виде единой информационной сущности. 2. Система позволяет скачивать файлы в том формате, в котором они были загружены, без архивирования.

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			3. Все права выставляются точно на каждый проект или папку отдельно для каждой роли, компании или пользователя системы. Можно настроить практически любую схему доступа к информации, как внутри компании, так и для внешних контрагентов. 4. Стала доступной функция проверки наименования документов в папке по «маске» (шаблону). Для каждой папки можно настроить свою маску наименования. Наименования документов, которые не соответствуют заданной пользователем маске, выделяются красным цветом. 5. Можно быстро отсортировать документы в любом столбце внутри проектов. Сортировка производится по убыванию или возрастанию в алфавитном порядке. 6. Появилась возможность: 1) формировать комплект документов на согласование; 2) создавать маршруты, выбирая контрольные точки; 3) добавлять ряд участников для голосования. 7. Система уведомлений решает проблему перегруженности информацией, позволяя специалистам настраивать индивидуальные уведомления о важных событиях в проекте, а руководителям задавать обязательные уведомления для своих сотрудников. 8. Добавилась новая возможность для рецензирования документации - наносить пометки произвольной формы при помощи инструмента «Карандаш». 9. Новая функция QRC (QR-код) на документации позволяет проверить актуальность документа без авторизации, позволяя пользователю выбирать место для размещения кода, чтобы он не перекрывал важные данные. 10. На холстах неактуальных версий документов отображается надпись «Аннулировано», что исключает возможность ошибочной работы по неактуальным данным, снижая риск человеческих ошибок. 11. Показ/скрытие элементов при работе с 3D моделью, чтобы лучше изучить ее элементы 12. Для документа и всех его версий доступен инструмент фильтрации замечаний по их статусам. Для каждого статуса отображается счетчик. Данный инструмент особенно востребован на ранних стадиях разработки документации, когда идет активное обсуждение внутри рабочей группы или нескольких групп. 13. Можно обмениваться ссылками на замечания через мессенджер или почту, которые позволяют переходить к ним в

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			документе, получать уведомления о новых замечаниях и задачах, а также откладывать их обработку. 14. Выгрузка реестра замечаний для папки или части проекта (папки с подпапками). По каждому замечанию в отчете есть ссылка, которая позволяет перейти непосредственно к замечанию в самой системе. Также представлены превью замечаний (небольшое изображение области документа, к которому поставлено замечание). 15. Новая система мониторинга для обслуживания системы, работающая в изолированных от Интернета контурах с возможностью оперативного оповещения ответственных за обслуживание о существующих или потенциальных проблемах в ее работе прямо в Telegram. Это позволяет исключить или сильно сократить возможные простои системы. 16. Если один пользователь входит в несколько компаний, в интерфейсе появляется специальный переключатель с выбором, от какой конкретно компании пользователь сейчас работает. При этом данная информация доступна только этому человеку. Он не авторизуется в нескольких браузерах, а работает под своим логином, просто переключая текущую компанию. 17. Делегирование полномочий и уведомлений между независимыми компаниями в проекте без открытия персональных данных сотрудников. 18. Обновления программы проходят автоматическое тестирование всех основных функций, что позволяет быстро обновлять программу по мере выхода обновлений и др.
5	ООО «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	Август 2024 г.	Программный продукт: ЛОЦМАН:PLM – система управления инженерными данными и жизненным циклом изделия, предназначена для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства [121]. Версия: 23.1 [122] 1. Добавлен новый режим работы, где имеется личное пространство пользователя, доступное только ему. Здесь можно создавать и структурировать папки с необходимыми объектами и документами в удобном для работы виде, используя персональные настраиваемые компоновки интерфейса. 2. Добавлена частичная загрузка компонентов представления 3D-модели, которая пригодится для визуального анализа модели и оценки окружения конкретного компонента. При загрузке можно выбрать только те компоненты, которые действительно необходимо отобразить. Такой подход ускоряет загрузку больших сборок в динамическом режиме.

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			3. Добавлен новый инструмент для наглядного сравнения 3D-моделей сборок или деталей, согласования и внесения изменений при работе над проектом. С его помощью можно быстро оценить различия в моделях и учесть замечания при внесении изменений. Различия выделяются цветом и представлены на вкладке «Результаты сравнения». Доступно несколько режимов сравнения: быстрый, точный и сравнение по компонентам. 4. Разработана синхронизация электронной структуры изделия в ЛОЦМАН:PLM и КОМПАС-3D. Новый механизм позволяет автоматически обновить 3D-модель изделия в КОМПАС-3D или создать новую модель на основе структуры изделия из ЛОЦМАН:PLM. 5. Добавлена возможность пользователю просматривать и проверять отличия в структуре изделия и 3D-модели. Синхронизировать составы структуры и модели поможет команда «Управление изменениями в составе объекта». Обновить состав модели согласно перечню можно автоматически или в режиме ручного размещения добавляемых объектов. 6. Добавлен новый модуль групповой загрузки документов, который позволяет настроить и загрузить данные в ЛОЦМАН:PLM из файлов формата *.xlsx, *.ods, или *.csv. Необходим при миграции баз данных предприятия, в том числе для групповой загрузки документов в ЛОЦМАН:PLM из внешних источников. 7. Характеристики требований, связанных с электронной структурой изделия, можно перенести в 3D-модель КОМПАС как переменные или свойства. Это позволяет использовать их в качестве параметров контроля заданных характеристик при работе над изделием, включая создание 3D-модели. Или контролировать такие характеристики во время последующих испытаний. 8. Для взаимодействия с системами инженерного анализа и отраслевыми САПР разработаны механизмы, которые позволяют передавать исходные данные, запускать расчеты и получать расчетные значения в ЛОЦМАН:PLM. Поддерживаются решения: FlowVision, APM WinMachine, pSeven Enterprise, PRADIS, iOSO NM. Дальнейшее развитие получил механизм взаимодействия с системой проектирования печатных плат Delta Design. 9. В веб-клиенте ЛОЦМАН:PLM появились возможности управлять правами доступа к объектам и документам системы, редактировать атрибуты объектов прямо в областях «Дерево» и «Связи». Это повышает скорость и удобство работы при внесении изменений и др.
6	ООО «Лоция Софтвэз»	Июль 2024 г.	Программный продукт: Lotsia PLM – интегрированное решение по управлению данными о продукции на протяжении всего

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			жизненного цикла [66]. Версия: 6.10 Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
7	ООО «Програм-союз»	н/д	Программный продукт: Союз-PLM – полнофункциональный программный комплекс для решения широкого спектра задач управления инженерной технической информацией наукоемких изделий и сложных инженерных объектов в области машиностроения, приборостроения, архитектуры, строительства [123]. Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
8	АО «СиСофт Девелопмент»	Июнь 2024 г.	Программный продукт: Corporation CS – автоматизированная система управления предприятием, расширенной аналитики, моделирования сценариев, управления бюджетным процессом, экономических прогнозов, анализа достижения плановых показателей, составления сводной отчетности по результатам мониторинга [124]. Версия: 7.9 Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено. Программный продукт: TechnologiCS – комплексная информационная система для автоматизации и информационной поддержки процессов подготовки производства, производственного планирования и оперативного управления в компании [125]. Версия: 8.0 (Июнь 2024 г.) [126] 1. Реализован веб-интерфейс. 2. Реализован новый CAD-коммуникатор. 3. Обновленный расчет себестоимости. 4. Обновленные модули планирования снабжения, планирования и управления ТО и ремонтами. 5. Реализован новый модуль ведения каталогов и прайс-листов. 6. Реализация автоматического расчета сменных заданий. 7. Усовершенствованы блоки управления качеством, соответствия продукции конструкторским, технологическим и эксплуатационным параметрам заказчика. 8. Обновленная функциональность эксплуатации выпущенной продукции, в рамках которой по каждому номеру изделия может формироваться собственная история, учитываться рекламации, пожелания по развитию. Как результат

№	Игрок	Дата релиза	Описание обновленных функциональных возможностей (при наличии)
			автоматизированного анализа генерируются предложения конструкторам, касающиеся совершенствования продукции. 9. Вся информация, которая генерируется в рамках жизненного цикла каждым из участников процесса (конструктором, технологом, плановиком, экономистом, снабженцем) или в производстве (по выполнению плана, закрытию сменных заданий, качеству и отклонениям), не только доступна в системе, но и может быть выведена на разные уровни руководителей, чтобы помочь принять взвешенные управленческие решения. В новой версии реализован функционал построения дашбордов из различных источников данных. Программный продукт: IndustriCS – платформа, охватывающая все этапы проектирования и производства от заказа до отгрузки готовой продукции [127]. Версия: 1.1 Описание обновления функциональности продукта в открытом доступе не представлено.
9	ГК АДЕМ (ООО «Крона»)	Декабрь 2023 г. (версия является актуальной на 2024 г.)	Программный продукт: ADEM VX – интегрированная система, представляющая собой универсальное решение для выполнения задач конструкторско-технологической подготовки производства и управления инженерными данными [128]. Версия: 2020 [129] 1. Возможности в части проектирования обработки с числовым программным управлением (ЧПУ) пополнились переходами резьбофрезерования и наращивания. 2. Новые технологические команды для задания симметричной обработки, с возможностью выполнения «зеркальной обработки». При этом есть возможность назначения точки, системы координат или плоскости симметрии, а также включения признака сохранения направления обработки. 3. Вспомогательный сервис «Навигатор». Позволяет ускорить и упростить работу с маршрутами, содержащими большое количество оснастки. Кроме того, сервис содержит приложение «Гравёр» и может использоваться для создания текстовых надписей настраиваемыми видами шрифтов, в т.ч. для гравировки надписей по различным ГОСТ и СТП. 4. Возможность переключения между вариантами работы с базами Access, работой с корпоративной справочной системой i-RIS, либо MDM-системой Полином (от компании АСКОН). Для упрощения работы с оснасткой в маршруте добавлена возможность создания отдельного каталога для хранения инструмента в рамках каждой Программной Операции.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Представленные обновления свидетельствуют о том, что российские PLM-системы развиваются по нескольким ключевым направлениям:

1. Добавлена возможность настройки прав доступа на каждый проект или папку отдельно для каждой роли, компании или пользователя системы.
2. Вводится возможность делегирования полномочий и уведомлений между независимыми компаниями в проекте без открытия персональных данных сотрудников. Также пользователю предоставляется возможность регистрироваться и динамически переключаться для работы в различных компаниях.
3. Появилась возможность формировать личное пространство пользователя. Здесь можно создавать и структурировать папки с необходимыми объектами и документами в удобном для работы виде, используя персональные настраиваемые компоненты интерфейса.
4. Появились инструменты для наглядного сравнения 3D-моделей сборок или деталей, согласования и внесения изменений при работе над проектом. С их помощью можно быстро оценить различия в моделях и учесть замечания при внесении изменений. Различия выделяются цветом и представлены на вкладке «Результаты сравнения». Доступно несколько режимов сравнения: быстрый, точный и сравнение по компонентам.
5. Появились возможности по настройке интеграции с другими системами для расширения функциональных возможностей: с системой 1С: Предприятие для формирования конструкторских отчетов средствами платформы, КОМПАС-3D для автоматического обновления или создания новой модели на основе структуры 3D-модели изделия и др.

Для обеспечения бесшовной интеграции разрабатываются специальные механизмы (на примере ЛОЦМАН: PLM):

- Передача исходных данных из систем инженерного анализа и САПР. Это могут быть геометрические модели, материалы, нагрузки, граничные условия и другие параметры, необходимые для проведения расчетов. Передача данных может осуществляться через различные форматы, такие как STEP, IGES, Parasolid, и другие.
- Запуск расчетов в системах инженерного анализа непосредственно из интерфейса PLM-системы. Это позволяет автоматизировать процесс моделирования и ускорить процесс разработки.
- Получение расчетных значений (результатов расчетов) из систем инженерного анализа и отображение их в удобном виде. Это могут быть значения напряжений, деформаций, температуры, тепловых потоков и др.

Преимущества такой интеграции заключаются в том, что она позволяет улучшить точность расчетов и сократить время разработки, упростить рабочие процессы путем автоматизации передачи данных и запуска расчетов, делая их более эффективными, сократить время разработки продукта, т.к. благодаря интегрированным системам инженеры могут быстрее получать результаты расчетов и улучшить качество продукции, т.к. точные расчеты способствуют созданию более качественной продукции, с меньшим количеством ошибок и дефектов.

6. Появились средства визуализации неактуальных версий документов. Например, отображение надписи «Аннулировано», что исключает возможность ошибочной работы по неактуальным данным, снижая риск человеческих ошибок.
7. Появились дополнительные возможности управления данными на этапе эксплуатации выпущенной продукции, в рамках которой по каждому номеру изделия может формироваться собственная история, учитываться рекламации, пожелания по развитию. Как результат автоматизированного анализа генерируются предложения конструкторам, касающиеся совершенствования продукции.
8. Расширяются возможности для совместной работы - вся информация, которая генерируется в рамках жизненного цикла каждым из участников процесса (конструктором, технологом, плановиком, экономистом, снабженцем) или в производстве (по выполнению плана, закрытию сменных заданий, качеству и отклонениям), не только доступна в системах, но и может быть выведена на разные уровни руководителей, чтобы помочь принять взвешенные управленческие решения.

3.3. Заключение о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 г.

Зарубежные PLM-системы сосредоточены на улучшении пользовательского интерфейса, гибкости и интеграции с другими корпоративными системами. Основные направления включают:

1. Улучшение интерфейса – упрощение навигации, адаптация под пользовательские нужды, включая адаптивные формы и интуитивные подсказки. Эти изменения призваны сделать систему более удобной для операционных и аналитических задач.
2. Интеграция с ERP-системами и системами IIoT – PLM более тесно взаимодействуют с ERP-системами для сквозной интеграции данных, что позволяет повышать эффективность на уровне всего предприятия. Также внедрение облачных технологий и стандартизированных протоколов ускоряют процессы обмена данными и оптимизацию производства.
3. Функциональные улучшения и аналитика – зарубежные системы активно внедряют возможности прогнозирования и использования предиктивной аналитики, направленные на предотвращение простоев и повышение эффективности оборудования.
4. Масштабируемость и гибкость развертывания – поддержка контейнеров, микросервисов и облачной инфраструктуры помогает улучшить масштабируемость систем, что особенно актуально для компаний с международными или распределенными производственными площадками.

Российские PLM-системы также демонстрируют активное развитие с учетом локальных потребностей и тенденций импортозамещения. Среди ключевых направлений:

1. Гибкость и локализация – возможность настраивать систему под специфику конкретных производственных процессов помогает повысить ее эффективность и снизить издержки.
2. Усиление автоматизации и управляемости – возможность функционирования на отечественных СУБД и интеграция с отечественными ERP-системами, а также соответствие российскими стандартами в области безопасности, помогает

оптимизировать производственные процессы и сократить зависимость от иностранных решений.

3. Использование технологий искусственного интеллекта – внедрение ИИ для предсказания и анализа данных способствует повышению точности планирования и позволяет быстро выявлять узкие места на производстве.
4. Развитие поддержки IIoT – интеграция с промышленным интернетом вещей позволяет более эффективно управлять и отслеживать работу оборудования, обеспечивая контроль над производственными операциями в реальном времени.

В будущем ожидается дальнейшее углубление интеграции с технологиями ИИ и машинного обучения для предсказания неполадок и автоматического принятия решений, что особенно важно в условиях стремления к автономному производству. Также возможна разработка более сложных инструментов для анализа и прогнозирования с использованием технологии цифровых двойников. В российских условиях PLM-системы будут продолжать адаптироваться под локальные стандарты, усиливаясь в части импортозамещения и интеграции с отечественными системами автоматизации и анализа.

ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ИНВЕСТИЦИЙ, СДЕЛОК M&A И ПРОЕКТОВ КООПЕРАЦИИ В РОССИИ И В МИРЕ

В рамках настоящего раздела рассматриваются инвестиции, сделки слияния и поглощения (Mergers and Acquisitions, M&A) и проекты кооперации в области систем управления жизненным циклом изделия (PLM) в России и в мире, а также планы по развитию PLM-систем в России.

4.1. Слияния и поглощения разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 г.

Настоящий подраздел посвящен анализу слияний и поглощений разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 г. При этом в рамках данного подраздела прежде всего рассматриваются последние актуальные действия компаний – лидеров мирового рынка, отражающие их текущую стратегию. В частности, актуализируется, уточняется и дополняется описанием функциональных изменений в продуктах компании информация, приведенная в экспертно-аналитическом докладе «Функциональные характеристики отечественных систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем)» [130], подготовленном специалистами Передовой инженерной школы «Цифровой инжиниринг» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого по состоянию на март 2024 г.

Ключевая информация о слияниях и поглощениях разработчиков систем управления жизненным циклом изделия (PLM) в мире по состоянию на конец 2024 г. сведена в Таблицу 7.

Таблица 7. Сведения о слияниях и поглощениях разработчиков PLM-систем в мире по состоянию на конец 2024 г.

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
1	Altair	2021	World Programming	Н/Д	Приобретение компании World Programming, специализирующейся на разработке программного обеспечения для анализа данных позволит клиентам Altair использовать язык SAS с современными языками, такими как Python, и технологиями с открытым исходным кодом для создания лучших в своем классе решений для анализа данных [131]
2	Altair	2022	Cassini	Н/Д	Благодаря приобретению компании Cassini, специализирующейся на облачных технологиях нового поколения для Индустрии 4.0, Altair получает новые компетенции

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					в области цифровых потоков через облачную платформу Altair One. Технологии «цифровой нити», разрабатываемой компанией Cassini, обеспечивают полный обзор концептуальных данных о продукте, оптимизируют и ускоряют разработку новых продуктов и улучшают процессы, создавая бесшовное взаимодействие между цифровым описанием объектов и физическим миром [132]
3	Altair	2022	RapidMiner	100 млн долл. [133]	Приобретение RapidMiner – лидера в области передовой аналитики данных и программного обеспечения для машинного обучения (ML) – позволяет включить в портфель компании Altair десктоп- и облачную платформу RapidMiner, готовую к использованию в формате SaaS. Такое приобретение укрепляет текущий портфель комплексной аналитики данных (DA) Altair, который уже предлагает клиентам возможность понимать, преобразовывать и автоматизировать работу с данными [134]
4	Dassault Systèmes	2022	Diota	Н/Д	Поглощение компании Diota позволит Dassault Systèmes расширить функционал платформы 3DEXPERIENCE за счет использования цифровых двойников производственных процессов, что позволит клиентам из аэрокосмической и оборонной промышленности, прочего машиностроения, транспортной отрасли оптимизировать производительность сложных производственных процессов и повысить эффективность работы. Dassault Systèmes интегрирует решения Diota в свои приложения

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					DELMIA, которые используются для совместного и виртуального моделирования, оптимизации и реализации производства, цепочек поставок, логистики и услуг [135]
5	Hexagon	2022	ETQ	1,2 млрд долл. [136]	Приобретение компании ETQ – ведущего поставщика систем менеджмента качества по модели SaaS и решений в области EHS (охрана окружающей среды, здоровье и безопасность) позволит Hexagon расширить свой портфель продуктов для промышленных компаний [137]
6	Hexagon	2022	Innovatia Accelerator Inc	Н/Д	Приобретение компании Innovatia Accelerator Inc., разработчика SaaS-решений для цифровизации, разработчика системы управления знаниями AcceleratorKMS, позволит компании Hexagon интегрировать в свои продукты платформу управления знаниями, основанную на искусственном интеллекте, способную ускорить цифровую трансформацию бумажных, высокорискованных операционных процедур и рабочих процессов [138]
7	Hexagon	2024	Itus Digital	Н/Д	Покупка компании Itus Digital, поставщика программного обеспечения для управления эффективностью активов (APM), позволят расширить функционал платформы HxGN EAM (Enterprise Asset Management) компании Hexagon. Система Itus Digital предлагает инновационные решения в формате SaaS, которые помогают оптимизировать работу промышленных активов. Платформа управляет всем жизненным циклом активов, позволяя выявлять и определять приоритеты рисков, прогнозировать

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					поломки, и своевременно контролировать состояние и производительность активов [139]
8	Keysight	2020	Eggplant	330 млн долл. [140]	Приобретение компании Eggplant – ведущего в отрасли поставщика платформы для автоматизации тестирования программного обеспечения, использующей искусственный интеллект (ИИ) и аналитику для автоматизации тестирования – позволит Keysight интегрировать в свои продукты платформу Eggplant Digital Automation Intelligence. Платформа позволяет тестировать любые технологии на любом устройстве, в любой операционной системе или браузере на любом уровне, от пользовательского интерфейса (UI) до интерфейсов прикладного программирования (API) и базы данных [141]
9	Keysight	2021	Sanjole	110 млн долл. [142]	Приобретение Sanjole усиливает стратегию Keysight по разработке комплексного инновационного портфеля решений 5G. Аппаратные и программные предложения Sanjole дополняют портфель решений Keysight в области 5G и улучшат решения компании для заказчиков модемов, чипсетов и сетей радиодоступа (RAN) [143]
10	Keysight	2021	SCALABLE Network Technologies	н/д	Поглощение SCALABLE Network Technologies, лидера в области решений для моделирования сетей связи для проектирования, тестирования и анализа, а также кибернетической оценки и обучения, позволит компании Keysight интегрировать в свой портфель продуктов уникальные решения компании SCALABLE, обеспечивающие точные, масштабные цифровые

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					модели гетерогенных сетей связи, включая сети 5G, корпоративные, IoT и спутниковые сети, для определения проблем, рисков, уязвимостей и пробелов [144]
11	Keysight	2023	ESI group	913 млн евро [145]	Покупка компании ESI group расширяет портфель прикладных решений Keysight возможностями моделирования, которые необходимы для ускорения инноваций на различных конечных рынках, включая автомобильный, а также позволяет клиентам Keysight ускорить время выхода на рынок и снизить операционные расходы, а также уменьшить воздействие на окружающую среду. Сложные программные решения ESI Group моделируют поведение продукта во время тестирования и использования в реальных условиях и включают в себя технологии прогнозирующего моделирования для самых сложных системных конструкций [146]
12	PTC	2021	Arena Solutions	715 млн долл. [147]	Поглощение Arena Solutions, ведущего в отрасли поставщика программного обеспечения как услуги (Software as a Service, SaaS) для управления жизненным циклом изделия (PLM), позволит PTC стать ведущим поставщиком чистых SaaS-решений для рынка разработки продуктов и расширить присутствие PTC на привлекательном рынке PLM для компаний среднего размера, где SaaS-решения становятся стандартом [148]
13	PTC	2023	ServiceMax	1,46 млрд долл. [149]	Приобретение компании ServiceMax добавляет важные возможности управления полевым обслуживанием (Field Service

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
					Management, FSM) к предложениям РТС по управлению жизненным циклом изделий (PLM) и цифровым потокам. ServiceMax предоставляет полный набор облачных возможностей для обслуживания сложных изделий с длительным жизненным циклом, включая управление информацией об обслуживаемых изделиях, создание и управление заказами на работы, планирование и отправку технических специалистов. Производители продукции все чаще рассматривают сервисные предложения по обслуживанию продукции как важную бизнес-стратегию, позволяющую поддерживать работоспособность продукции, повышать удовлетворенность клиентов, стимулировать рост доходов и увеличивать рентабельность [150]
14	РТС	2023	Pure-systems	95,8 млн долл. [151]	Покупка компании pure-systems поддержит лидерство РТС на быстрорастущем рынке систем управления активами в таких областях промышленности как производство автомобилей, производстве медицинского оборудования, аэрокосмической промышленности и других критически важных и активно регулируемых отраслях. Ключевой продукт pure:variants® от поглощенной компании pure-systems для эффективного управления различными вариантами программного обеспечения и системных инженерных активов в конфигурациях своих продуктов, пользуется широкой популярностью среди производственных компаний [152]

№	Наименование компании разработчика	Год	Наименование приобретенной компании	Сумма сделки	Описание функционального изменения (дополнения) в продуктах компании, возникшего после заключения сделки
15	Siemens	2021	TimeSeries	Н/Д	Приобретение компании TimeSeries позволит Siemens расширить портфолио Xcelerator за счет разработки отраслевых приложений на платформе Mendix. TimeSeries обладает значительным опытом в разработке вертикальных приложений, построенных на платформе Mendix™ low-code, что поможет Siemens ускорить цифровую трансформацию, увеличив внедрение low-code и предложив новые приложения, включая интеллектуальное складирование, предиктивное обслуживание, управление энергопотреблением, удаленные инспекции и многое другое [153]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Поглощения, осуществляемые лидерами рынка PLM, демонстрируют движение крупных компаний к предоставлению клиентам максимально широкого набора решений как для различных технологических процессов, так и для большего числа отраслей, увеличение внимания к проблематике цифровой трансформации производственных компаний, а также расширение формата SaaS (программное обеспечение как услуга) в коммерческих предложениях компаний.

4.2. Проекты кооперации российских разработчиков

Подраздел посвящен анализу проектов кооперации российских разработчиков PLM-систем по состоянию на конец 2024 г. В этом разделе в первую очередь уделяется внимание последним значимым действиям ведущих компаний на российском рынке. Сведения о проектах кооперации российских разработчиков систем управления жизненным циклом изделия (PLM) в мире по состоянию на конец 2024 г. приведены в Таблице 8.

Таблица 8. Перечень проектов кооперации российских разработчиков

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
1	Консорциум разработчиков	2015	Команда: ГК АС-КОН, ООО	Цель: на основе	Базируясь на опыте решения инженерных и производственных задач

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
	инженерного программного обеспечения «РазВИТие» [154]		«ТЕСИС», ООО «ЭРЕМЕКС», ГК АДЕМ, ООО НТЦ «АПМ», ЗАО «СИГМА Технологии». Партнеры: ООО «Ладуга», ЗАО «Си Проект», АО «Цифровая мануфактура».	собственного геометрического ядра собрать сквозной полнофункциональный PLM-комплекс, который сможет конкурировать с западными работками.	на тысячах предприятий, консорциум создал единый интегрированный PLM-комплекс для управления жизненным циклом изделий в машиностроении. Стратегия развития консорциума строится на тесном сотрудничестве с технологическими лидерами промышленности и совместном формулировании требований к ПО, чтобы обеспечить разработку головных изделий высшей категории сложности [155]. Консорциум «Развитие» усиливает технологическую независимость своих разработок. Кроссплатформенные и Linux-версии продуктов консорциума могут работать на отечественных операционных системах и рабочих станциях. Сквозное PLM-решение консорциума позволяет: – планировать работы в рамках НИОКР; – делать теоретические расчеты; – осуществлять эскизное проектирование; – производить рабочее проектирование (механическая часть); – производить рабочее проектирование (приборостроительная часть); – проводить прочностные расчеты; – оформлять конструкторскую документацию; – планировать работы по технологической подготовке производства; – проектировать технологию изготовления; – разрабатывать управляющие программы для станков с ЧПУ; – оформлять технологическую документацию;

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
					– согласовывать документы и данные; – регистрировать, хранить, выдавать и осуществлять абонентский учет документов; – проводить изменения; – передавать данные об изделии в производство; – управлять производством; – осуществлять учет несоответствий в эксплуатации.
2	Консорциум разработчиков и потребителей CAD/CAE-систем	2021	ИТ-компании, предприятия атомной отрасли, ОПК, авиастроения, машиностроения, аэрокосмической отрасли, а также институты Российской академии наук и университеты. Инициатор: госкорпорация «Росатом». 1. ООО «Росатом – Цифровые решения» 2. ФГУП «РФЯЦ «ВНИИЭФ» 3. АО «Инженерно-технический центр «Джэт» 4. ЗАО «Топ системы» 5. ООО «ЗВ Сервис» 6. ООО «Фидесис» 7. АО «ОКБ «Аэрокосмические	Цель: обеспечение технологической независимости российской промышленности в области систем суперкомпьютерного (математического) моделирования и инженерного анализа.	Участники объединения формируют функционально-технические требования и создают вычислительную платформу для математического моделирования режимов работы оборудования, на которую любой отечественный разработчик может интегрировать либо фрагмент программного обеспечения, либо полноценное ПО классов CAD и CAE. Базой для интеграции является вычислительная платформа «Логос Платформа». Важную роль в деятельности консорциума играет также платформа «T-FLEX PLM» (ЗАО «ТОП системы») [68] Программный комплекс T-FLEX PLM (CAD / CAM / CAE / CAPP / PDM / CRM / PM / MDM / RM) – полномасштабное решение промышленного уровня для организации работ, связанных с информационной поддержкой и сопровождением жизненного цикла изделия (PLM) – от заказа на разработку до испытаний и передачи в эксплуатацию. В основе комплекса лежит MDM-ориентированная отечественная PLM-платформа.

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
			системы» 8. АО «Цифровая мануфактура» 9. ФАУ «ЦИАМ им. П. И. Баранова» 10. Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения РАН 11. АО ГНЦ «Центр Келдыша» (Роскосмос) 12. АО «КБСМ» (Алмаз-Антей) 13. ООО «Датадванс» 14. ООО «НИИ «АСОНИКА» 15. ООО «НТЦ «ДИП» 16. АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева» 17. ООО «АвтоМеханика» 18. ООО «Оптименга-777» 19. Институт теплофизики имени С. С. Кутателадзе Сибирского отделения РАН 20. АО «ЦКБ МТ «Рубин» 21. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. Е. И.		Комплекс T-FLEX PLM позволяет организовать единую среду конструкторского и технологического проектирования, подготовки и управления производством, сбытом и послепродажным сопровождением изделия.

№	Наименование консорциума	Год создания	Участники	Цель	Результаты (при наличии)
			Забабахина» (Росатом) 22. Иркутский государственный университет путей сообщения 23. ООО «Адванс Инжиниринг»		
4	-	2023	ГК «Росатом» НKK Участниками сотрудничества со стороны «Росатома» станут компания-разработчик PLM-системы САПУС, а также ООО «Росатом – Цифровые решения». Исполнителем обязательств со стороны НKK выступит ООО «ТопС Бизнес Интегратор» (входит в группу «НKK») [156].	Цель: Создание технологически независимой системы управления полным жизненным циклом изделий САПУС «тяжелого» класса.	Система САПУС создавалась с 2018 года в интересах атомной отрасли и ОПК как моноплатформенное решение, полностью независимое от зарубежных технологий и элементов. Подтверждена ее кроссплатформенность – продукт может работать как на операционной системе Windows, так и на российской операционной системе Astra Linux. В числе преимуществ также стоит отметить применение суверенного российского геометрического ядра RGK (Russian Geometric Kernel) для работы с 3D-объектами. Полная импортонезависимость и защищенное исполнение являются ключевыми преимуществами САПУС. Система САПУС может применяться на предприятиях, использующих различные типы производства. Осуществленная апробация САПУС на предприятиях Росатома позволяет уверенно предлагать ее заказчикам из других отраслей машиностроения в качестве цифрового продукта, имеющего опыт практического применения в условиях высоких требований атомной индустрии.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Ключевым российским проектом кооперации в области систем управления жизненным циклом

изделия (PLM) является консорциум разработчиков инженерного программного обеспечения «РазвИТие», объединивший вендоров-лидеров для формирования совместного PLM-решения, способного обеспечить цифровую поддержку всех этапов жизненного цикла изделия. Кроме того, «доставление» PLM-функционалом общей платформы CAD/CAE входит в фокус деятельности консорциума разработчиков и потребителей CAD/CAE-систем. В данном контексте также необходимо отметить объединение разработчиков на базе ГК «Росатом» под задачи создания технологически независимой системы управления полным жизненным циклом изделий САРУС «тяжелого» класса.

4.3. Планы по развитию PLM-систем в России

Подраздел посвящен анализу планов по развитию PLM-систем в России по состоянию на конец 2024 г. В этом разделе в первую очередь уделяется внимание последним значимым действиям ведущих компаний на российском рынке. Сведения о планах российских разработчиков в части развития систем управления жизненным циклом изделия (PLM) по состоянию на конец 2024 г. представлены в Таблице 9.

Таблица 9. Планы по развитию систем отечественными разработчиками

№	Наименование разработчика	Сроки	Описание
1	Консорциум «Развитие»	2022-2026	В соответствии с дорожной картой разработчики консорциума «Развитие» в 2022-2026 годах сконцентрируются на создании функционала для авиа- и судостроения, на сложном корпусном проектировании, на новых расчетных модулях кавитации гребных винтов, на расчетах незакрепленного тела, гиперзвуке [157]. Много внимания уделяется расширению возможностей для сложнейшего поверхностного моделирования, геометрическое ядро и САПР дорабатываются под задачи проектирования обводов самолетов и кораблей. Также прорабатывается возможность работы со множественной классификацией объектов, которая нужна для работы со сверхтяжелыми моделями, например, корабля. Этот функционал нужен для того, чтобы можно было брать в работу любую часть проекта, будь то отсек или кабельная система судна. Также будут созданы САМ для печатных плат, САПР интегральных микросхем и другой функционал для разработчиков ЭКБ. Консорциум «Развитие» усиливает технологическую независимость своих разработок. До 2025 года планируется переход на Linux [158].
2	«Росатом» и НКК на базе платформы	2023-2030	На базе платформы САРУС НКК и ГК «Росатом» планируют предлагать российским промышленным предприятиям лучшие практики цифровизации производственных процессов. Работа будет проводиться в соответствии с приоритетными

№	Наименование разработчика	Сроки	Описание
	«САРУС»		требованиями машиностроительных концернов и других высокотехнологичных отраслей к индустриальному ПО данного класса. Ожидается, что первая версия платформы будет готова к концу 2025 года, с запуском пилотных проектов [159]. Планируется, что к 2027 году система уже будет в промышленной эксплуатации на многих российских предприятиях [160] Планируется дальнейшее развитие САРУС до PLM-системы «тяжелого» класса. В качестве основы используется весь технологический задел системы, реализованный в рамках проекта «СПЖЦ» при поддержке Минпромторга России, с планомерным доведением его функциональных возможностей до «тяжелого» класса. Сформирована дорожная карта развития на 2024-2030 годы и подготовлено Головное техническое задание для «тяжелого» класса. Активно развивается кооперация в области разработки, привлекая независимых разработчиков для создания решений на платформе с сохранением за ними результатов интеллектуальной деятельности. Также уделяется большое внимание собственной команде разработки и на данный момент ведется работа над комплексной программой ее развития и расширения. В планы входит интеграция с платформой САРУС промышленных решений, создаваемых в дивизионах Госкорпорации «Росатом» – LowCode, BIM, 1D, 3D CAE, SPDM, САПР автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП), MES, приложения AI и в ином инструментарии [160].
3	Програмсоюз, Союз-PLM	-	Програмсоюз сотрудничает с C3D Labs для улучшения своей платформы, включая лицензирование компонентов C3D Converter и C3D Vision. Это позволит улучшить функциональность и визуализацию в рамках системы [161].
4	АО «ОДК-Авиадвигатель»	2022-2027	К 2027 г. должен внедрить российскую PLM-систему. Продукты будут созданы на базе решений крупного разработчика инженерного ПО и интегратора в сфере автоматизации АСКОН. Это позволит заместить такие продукты ушедшей из России немецкой компании Siemens, как Siemens NX, Teamcenter и FiberSIM. [162]
5	Концерн	2022-2025	Концерн «Калашников» к маю 2025 г. должен разработать централизованную унифицированную PLM-систему на базе

№	Наименование разработчика	Сроки	Описание
	«Калашников»		отечественного решения и открытой платформы СУБД [162].

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Нормативно-правовые документы, используемые в процессе разработки и(или) улучшения программного обеспечения:

- ГОСТ 2.XXX Единая система конструкторской документации (ЕСКД).
- ГОСТ 3.XXX Единая система технологической документации (ЕСТД).
- ГОСТ 21.XXX-XX Система проектной документации для строительства (СПДС).
- ГОСТ 19.XXX Единая система программной документации (ЕСПД).
- ГОСТ 34.XXX Разработка автоматизированной системы управления (АСУ).
- ГОСТ Р 57311-2016 Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства.
- ISO 9001:2015 (ГОСТ Р ИСО 9001-2015 Системы менеджмента качества. Требования.
- ISO 10303 (ГОСТ Р ИСО 10303-2022 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными).
- ISO 12207 (ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств.
- СП 328.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели.
- СП 333.1325800.2020 Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла.
- СП 404.1325800.2018 Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования [130].

ГЛАВА 5. ОБЗОР НОВЫХ КРУПНЫХ ПРОЕКТОВ В РОССИИ И В МИРЕ

В настоящее время в мире продолжается рост области применения PLM-систем – программного обеспечения для управления жизненным циклом изделия. Применение таких систем, особенно в областях, где использование интеллектуальных активов, связанных с изделием и обмен такими активами обеспечивают заметное увеличение ценности, позволяет обеспечивать и повышать за счет накапливаемого опыта уровень качества производимой продукции. В рамках текущего раздела рассматриваются новые крупные проекты в области PLM в России и мире.

5.1. Проекты в России

В российском контексте в настоящее время особую актуальность приобретают вопросы импорто-замещения и способности российского программного обеспечения компенсировать отсутствие зарубежных аналогов, вызванное санкционными ограничениями. Соответственно, в рамках настоящего подраздела основное внимание будет уделяться актуальным проектам внедрения и доработки ключевых отечественных решений (Таблица 10).

Таблица 10. Обзор крупных проектов в области PLM-систем в России

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
1	Создание технологически независимой системы управления полным жизненным циклом изделий «Сарус» [163] тяжелого класса	РФЯЦ-ВНИИЭФ; ООО «Росатом – Цифровые решения»; ООО «ТопС Бизнес Интегратор» (входит в группу компаний «НKK»)	Н/Д	Цель: внедрение полностью суверенных систем полного жизненного цикла на предприятиях машиностроения Планы: - Разработка платформы и внедрение решений на машиностроительных предприятиях (Росатом) - Разработка и внедрение практик управления жизненным циклом продуктов на основе PLM-системы «Сарус» (НKK) - Разработка и внедрение единых стандартов управления жизненным циклом изделий в отраслях машиностроения; - Совершенствование методологической поддержки внедрения;	Н/Д

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				Развитие компетенций отечественных кадров в данной области [164]	
2	Переход на отечественный программный комплекс T-FLEX PLM	ООО «Гермес-Липецк», ЗАО «Топ Системы»	2024	Цель: автоматизация процессов разработки конструкторско-технологической документации путем апробации базовых функциональных возможностей программного комплекса T-FLEX PLM для решения прикладных задач и дальнейшего масштабирования Задача: обеспечить непрерывность производства и работу предприятия в новых условиях реорганизации Подзадачи/планы: - Устранение зависимости от иностранных программных систем и мигрировать на российское программное обеспечение; - Сохранение возможности использования в производстве переданной конструкторской документации - Создание собственного конструкторского отдела - Разработка систем конвертации технологической и конструкторской документации - обучение сотрудников без остановки производства Проект завершен [165]	Н/Д
3	Внедрение отечественной системы конструкторско-технологической подготовки	АО «АВТО-ВАЗ», ЗАО «Топ Системы»	2023-2025	Цель (основная задача): создание решения для управления процессами конструкторской и технологической подготовки производства при сохранении существующей логики разработки проектов с заменой	Общая стоимость: 1 034 млн руб. В т.ч. грантовая поддержка: 496 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
	производства в АО «АВТОВАЗ» [166]			программного обеспечения иностранного производства на отечественное по следующим направлениям: ● управление составом автомобиля и цифровым макетом; ● моделирование и оформление КД (CAD); ● проектирование электротехнических изделий; ● управление требованиями и процессом валидации продукта; ● моделирование технологических процессов сварки; ● внедрение системы управления разработкой геометрической документации кузова; ● проектирование пресс-форм (CAD); ● проектирования электрооборудования для станкостроения (CAD); ● разработка фотореалистических изображений и применение технологии VR	[167]
4	Цифровой формуляр (паспорт) изделия [168; 169]	ООО «ЛокоТех-Сервис»; ООО «Контрол-Тугоу.Ру»	2023-2025	Цель (основная задача): доработка и внедрение российского ПО «Цифровой формуляр (паспорт) изделия» для создания единого информационного пространства участников жизненного цикла локомотивов и локомотивного оборудования, обеспечивающего сокращение дефектов продукции, ускорение проектирования, сокращение количества разногласий по качеству комплектующих, работ и эксплуатации	Общая стоимость: 250 млн руб. В т.ч. грантовая поддержка: 167 млн руб. [170]

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
5	Внедрение единой информационной среды ПАО «ОАК» для управления процессами разработки изделий АТ на основе подходов и методов системной инженерии и управления их жизненным циклом [171–173]	ПАО «ОАК»; АО «Вертолеты России»; ЗАО «Топ Системы»	2023-2026	Цель (основная задача): создание максимально унифицированного отечественного отраслевого решения, широко охватывающего процессы портфельно-программного управления, применяемого в авиастроении, учитывающего особенности реализации авиационных программ разных типов, конструктивные особенности создаваемых летательных аппаратов и требования их заказчиков на основе подходов и методов системной инженерии	Общая стоимость: 3144 млн руб. В т.ч. грантовая поддержка: 2358 млн руб. [174]
6	Импортозамещение программных продуктов Siemens NX, Teamcenter и FiberSIM [175–177]	АО «ОДК-Авиадвигатель» АО «Аскон»	2023-2027	Цель: импортозамещение программных продуктов Siemens NX, Teamcenter и FiberSIM на отечественную CAD систему, ПО для разработки изделий из полимерных и композитных материалов (ПКМ) и PLM систему	Общая стоимость: 1500 млн руб. В т.ч. грантовая поддержка: 1174,5 млн руб. [178]
7	Устранение разрывов, полнота данных о продукте на различных этапах жизненного цикла и внедрение системы мониторинга производственного оборудования на производственных площадках «Группы ГАЗ»	ООО «Автозавод «ГАЗ» ЗАО «Топ Системы» ООО «Цифра» ООО «ЦИТРБ»	Н/Д-2025	Разработка отраслевого решения автомобилестроения для управления конструкторско-технологической подготовкой производства, послепродажного обслуживания многовариантных конфигурируемых продуктов и мониторинга технологических процессов производства (PLM, MDC и MES). Консолидация данных о продукте на всех этапах ЖЦИ на единой PLM платформе и создание сквозных стандартизированных бизнес-процессов для территориально разрозненных подразделений группы ГАЗ на единой PLM-платформе.	513 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
				Сокращение сроков вывода на рынок новых продуктов; создание около 2500 цифровых рабочих мест на производственных площадках Группы ГАЗ.	
8	Разработка и внедрение инженерного программного обеспечения для проектирования и управления жизненным циклом многовариантных конфигурируемых изделий	ПАО «КАМАЗ» ООО «Инновационный центр КАМАЗ»	Н/Д-2025	Внедрение отечественных систем проектирования и управления жизненным циклом продуктов взамен импортного решения (Siemens Teamcenter, NX). В рамках проекта планируется запустить проектирование новой продуктовой линейки – карьерных самосвалов. Заложить основы и создать предпосылки для тиражирования решения другие продуктовые линейки (основной продукт – грузовой автомобиль, автобус, спецтехника) и на всю автомобильную промышленность России.	Н/Д
9	Доработка и внедрение единой корпоративной системы управления жизненным циклом изделия на отечественной платформе	АО «Концерн «Калашников» ООО «АС-КОН-Системы проектирования» ООО «АС-КОН-Бизнес-Решения» АО «РАМЭК-ВС» ООО «ГНР-ГРУПП»	Н/Д-2025	Реализация (включая разработку функциональных элементов и внедрение) централизованной унифицированной системы управления жизненным циклом продукции PLM (CAD / PDM / CAPP) на базе отечественного решения и открытой платформы СУБД; обеспечение информационной безопасности предприятия; сокращение сроков разработки новой продукции; оптимизацию себестоимости продукции; снижение производственных издержек, себестоимости выпускаемой продукции.	2222 млн руб.
10	Разработка единой	АО	Н/Д-2025	Проект направлен на создание на предприятиях	2751 млн руб.

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
	информационной среды Госкорпорации «Роскосмос» управления жизненным циклом изделий ракетно-космической техники	«ЦНИИ-маш» ЗАО «Топ Системы»		Госкорпорации «Роскосмос» единой импортонезависимой среды управления жизненным циклом изделий и организации деятельности предприятий ракетно-космической отрасли с учетом отраслевой специфики в целях достижения цели технологической независимости Создание отраслевой системы управления процессами ЖЦИ. Снижение длительности научно-исследовательских работ (НИР) и ОКР. Обеспечение перехода к индустриальной (серийной) модели создания ракетно-космической техники.	

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Базой для цифровизации российской промышленности в течение последних двадцати лет выступали иностранные решения, лидирующие на мировом рынке. Формирование единого информационного пространства по всей цепочке кооперации позволяло обеспечивать обмен информацией, в том числе, в рамках реализации крупных проектов государственного уровня. Противостояние нарастающему санкционному давлению привело к росту числа проектов по внедрению и развитию отечественных решений в сфере инженерного программного обеспечения с 2022 года. По словам Сергея Мартынова, директора программы «Промышленные решения» ГК «Росатом» [160], Россия сейчас находится на стадии доведения классических PLM-технологий до тяжелого класса. При этом ключевой задачей является не только замена решений иностранных вендоров отечественными аналогами, но разработка промышленного программного обеспечения следующего поколения, то есть ориентиром должно стать не то, какие решения есть сейчас, а то, какими они будут в 2030 году.

5.2. Проекты за рубежом

В международном контексте особое значение приобретают проекты кооперации крупных вендоров и отраслевых лидеров, направленные на развитие существующих PLM-систем и совместную разработку программных продуктов нового поколения для управления жизненным циклом изделий на всех стадиях производственного процесса, а также на адаптацию актуальных PLM-систем к специфическим отраслевым требованиям. Примеры подобных проектов приведены в Таблице 11.

Таблица 11. Обзор крупных проектов в области PLM-систем в мире

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
1	Решения на основе искусственного интеллекта для гибкого управления жизненным циклом продукции	Siemens Digital Industries Software; Microsoft	2024	Цель и планы: обеспечение доступа к сервисам технологической платформы Siemens Xcelerator (прежде всего – к PLM-системе Teamcenter) через облачную платформу Microsoft Azure, а также интеграция ПО Teamcenter с сервисами на базе искусственного интеллекта Microsoft Azure OpenAI Service и Copilot для Microsoft 365 [179]	Н/Д
2	Совместный продукт Siemens Teamcenter X и NVIDIA Omniverse	Siemens Digital Industries Software; NVIDIA	2024	Цель и планы: разработка нового программного продукта на базе облачной PLM-платформы Teamcenter X и платформы для совместной работы с 3D-графикой в реальном времени NVIDIA Omniverse, позволяющего инженерным командам по всему миру создавать цифровые двойники (фотореалистичные, работающие в реальном времени и основанные на физике) [180]	Н/Д
3	Цифровая верфь	Hyundai Heavy Industries; NAPA; CADMATIC	2024-н/д	Цель: разработка решения нового поколения для проектирования судов и управления информацией, в которое также будет встроена система управления жизненным циклом изделия (PLM) [181]	Н/Д
4	Внедрение систем управления жизненным циклом изделия (PLM) на предприятиях японской обрабатывающей	Fujitsu; ISID (DENTSU SOKEN); DIPRO; Siemens Digital Industries Software	2023-н/д	Цель: внедрение решений на базе PLM-системы Siemens Teamcenter как один из этапов цифровой трансформации японской обрабатывающей промышленности Планы: Объединение ноу-хау Fujitsu во внедрении решений ECM,	Н/Д

№	Наименование проекта	Участники проекта	Годы реализации	Цель и планы	Суммы привлеченных инвестиций
	промышленности			SCM и DCM, возможностей ISID в областях, охватывающих весь спектр от консалтинга в области управления корпоративным контентом до инженерного программного обеспечения, и опыт DIPRO в части внедрения ИТ-решений в автомобильной промышленности для формирования оптимальных решений для японской промышленности; Обучение инженеров Fujitsu и формирование команды инженеров для выполнения масштабных проектов по внедрению PLM-систем [182]	
5	Модернизация системы управления жизненным циклом изделия на предприятиях холдинга Dräger	Aras; Dräger	2024	Цель и планы: внедрение PLM-системы Aras Innovator на предприятиях холдинга Dräger, адаптация системы к существующим бизнес-процессам Проект завершен [183]	Н/Д

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

Новые крупные проекты в мире в области управления жизненным циклом изделий преимущественно реализуются по следующим направлениям:

- Доработка актуальных PLM-систем (обеспечение работы облачных сервисов и сервисов на базе искусственного интеллекта, обеспечение интероперабельности программных продуктов партнеров, внедрение low-code / no-code решений и интуитивно понятных интерфейсов), в т.ч. создание новых продуктов и сервисов в рамках существующих платформ.
- Внедрение актуальных PLM-систем на крупных предприятиях – мировых отраслевых лидерах, в т.ч. адаптация систем к существующим бизнес-процессам и отраслевым требованиям (примером здесь может служить внедрение PLM-системы Aras Innovator на предприятиях холдинга Dräger – мирового лидера по производству медицинского оборудования, техники для охраны труда и промышленной безопасности).

- Разработка PLM-систем нового поколения под задачи предприятий – мировых отраслевых лидеров (в частности, проект по созданию «цифровой верфи», реализуемый крупнейшей в мире судостроительной компанией Hyundai Heavy Industries (Южная Корея) совместно с финскими компаниями NAPA и CADMATIC, занимающимися разработкой программного обеспечения для морских судов).
- Инициативы, направленные на цифровизацию отраслей, в т.ч. адаптацию PLM-систем под отраслевые требования и обеспечение необходимой квалификации инженеров (как, например, совместный проект японских компаний: ИТ-корпорации, производителя электроники Fujitsu, консалтинговой компании DENTSU SOKEN и разработка решений для CAD/CAM/CAE и BOM/PDM DIPRO по внедрению решений на базе PLM-системы Siemens Teamcenter в рамках цифровой трансформации японской обрабатывающей промышленности).

ГЛАВА 6. НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В РОССИИ, В Т.Ч. АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ПРОГРАММ ПОДДЕРЖКИ ПО НИРАМ И НИОКРАМ

В рамках настоящего раздела рассматриваются основные аспекты нормативно-правового регулирования сферы промышленного программного обеспечения в России, в т.ч. проводится анализ государственных программ поддержки по НИРАм и НИОКРАм, посвященным разработке систем управления жизненным циклом изделия (PLM).

6.1. Анализ нормативно-правовой базы регулирования в России

Одним из приоритетов работы Правительства Российской Федерации на текущем этапе является обеспечение технологического суверенитета. Ключевую роль в достижении данной задачи играет доступность и эффективность промышленного программного обеспечения, в частности – систем управления жизненным циклом изделия (PLM), способных обеспечить единый источник актуальных и достоверных данных для процессов, связанных с продуктом. В то же время при анализе нормативно-правовой базы регулирования сферы промышленного программного обеспечения в России в контексте PLM-систем важно учитывать, что промышленное программное обеспечение регулируется общими для всей сферы информационных технологий (ИТ) высокоуровневыми нормативно-правовыми актами.

В частности, среди верхнеуровневых НПА, регулирующих сферу промышленного программного обеспечения (в том числе – сферу систем управления жизненным циклом изделия) необходимо отметить следующие:

- Федеральный закон от 31 декабря 2014 г. N 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» (с изменениями и дополнениями), Федеральный закон от 26.10.2024 N 357-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «О промышленной политике в Российской Федерации».
- Федеральный закон от 27.07.2006 г. № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации».
- Федеральный закон от 31.12.2014 г. № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации».
- Постановление Правительства РФ от 22.08.2022 г. № 1478 «Об утверждении требований к программному обеспечению, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, используемому органами государственной власти, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, Правил согласования закупок иностранного программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, в целях его использования заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, а также закупок услуг, необходимых для использования этого программного

обеспечения на таких объектах, и Правил перехода на преимущественное использование российского программного обеспечения, в том числе в составе программно-аппаратных комплексов, заказчиками, осуществляющими закупки в соответствии с Федеральным законом «О закупках товаров, работ, услуг отдельными видами юридических лиц» (за исключением организаций с муниципальным участием), на принадлежащих им значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации».

- Постановление Правительства РФ от 30.09.2022 г. № 1729 «Об утверждении Положения о государственной аккредитации российских организаций, осуществляющих деятельность в области информационных технологий».
- Приказ Минцифры России от 18.01.2023 г. № 21 «Об утверждении Методических рекомендаций по переходу на использование российского программного обеспечения, в том числе на значимых объектах критической информационной инфраструктуры Российской Федерации, и о реализации мер, направленных на ускоренный переход органов государственной власти и организаций на использование российского программного обеспечения в Российской Федерации».

Кроме того, среди значимых в рассматриваемом контексте нормативно-правовых актов (НПА) можно отметить также:

- О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г. и на перспективу до 2036 г. (Указ Президента Российской Федерации от 07.05.2024 г. № 309).
- Указ Президента Российской Федерации от 18.06.2024 № 529 «Об утверждении приоритетных направлений научно-технологического развития и перечня важнейших наукоемких технологий».
- О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 28.02.2024 г. № 145).
- Концепция технологического развития на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 20.05.2023 г. № 1315-р).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации» (Постановление Правительства РФ от 29.03.2019 г. № 377 (ред. от 17.01.2024 г.)).
- Об утверждении приоритетных направлений проектов технологического суверенитета и проектов структурной адаптации экономики Российской Федерации и Положения об условиях отнесения проектов к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации, о представлении сведений о проектах технологического суверенитета и проектах структурной адаптации экономики Российской Федерации и ведении реестра указанных проектов, а также о требованиях к организациям, уполномоченным представлять заключения о соответствии проектов требованиям к проектам технологического суверенитета и проектам структурной адаптации экономики Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 15.04.2023 г. № 603).
- О дополнительных мерах по обеспечению информационной безопасности Российской Федерации (Указ Президента РФ от 01.05.2022 г. № 250).

- О мерах по обеспечению технологической независимости и безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации (Указ Президента Российской Федерации от 30.03.2022 г. № 167 (ред. от 22.11.2023 г.)).
- Об утверждении методик расчета целевых показателей национальной цели развития Российской Федерации «Цифровая трансформация» (вместе с «Методикой расчета целевого показателя «Достижение» цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления», «Методикой расчета целевого показателя «Достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения и образования, а также государственного управления» для субъекта Российской Федерации», «Методикой расчета целевого показателя «Увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде, до 95 процентов», «Методикой расчета показателя «Доля домохозяйств, которым обеспечена возможность широкополосного доступа к сети Интернет», «Методикой расчета целевого показателя» «Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий», «Методикой расчета целевого показателя «Увеличение вложений в отечественные решения в сфере информационных технологий» для субъекта Российской Федерации») (Приказ Минцифры России от 18.11.2020 г. № 600 (ред. от 29.12.2023 г.)).
- Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (Протокол заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам от 04.06.2019 г. № 7).
- Соглашение о намерениях между Правительством Российской Федерации, государственной корпорацией по атомной энергии «Росатом» и государственной корпорацией по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех» в целях развития в Российской Федерации высокотехнологичной области «Новые производственные технологии» (Распоряжения Правительства Российской Федерации от 16.07.2020 г. № 1861-р).
- Индустриальные центры компетенций по замещению зарубежных отраслевых цифровых продуктов и решений в ключевых отраслях экономики (Поручение председателя Правительства РФ от 23.09.2022).
- Паспорт федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды» (Утвержден президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 28.05.2019 г. № 9)).
- Паспорт федерального проекта «Цифровые Технологии» (Утвержден президиумом Правительственной комиссии по цифровому развитию, использованию информационных технологий для улучшения качества жизни и условий ведения предпринимательской деятельности (протокол от 28.05.2019 г. № 9)).
- Об утверждении Правил разработки, утверждения, реализации, корректировки и завершения комплексных научно-технических программ полного инновационного цикла и комплексных научно-технических проектов полного инновационного цикла в целях обеспечения реализации приоритетов научно-технологического

- развития Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 19.02.2019 г. № 162 (ред. от 02.08.2023 г.)).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Экономическое развитие и инновационная экономика» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 316 (ред. от 18.07.2024 г.)).
- Федеральная целевая программа «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2021 гг.» (Постановление Правительства РФ от 21.05.2013 г. № 426 (ред. от 31.03.2021 г.)).
- Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации (Указ Президента РФ от 07.07.2011 г. № 899 (ред. от 16.12.2015 г.)).
- Об утверждении Положения о создании и функционировании советов по приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 17.01.2018 г. № 16 (ред. от 02.08.2023 г.)).
- О стратегии экономической безопасности РФ на период до 2030 г. (Указ Президента Российской Федерации от 13.05.2017 г. № 208).

Существенное влияние на развитие систем PLM-класса могут оказать отраслевые НПА, определяющие приоритеты промышленного развития в соответствующих сферах:

- Распоряжение Правительства РФ от 7 ноября 2023 г. N 3113-р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли РФ и внесении изменений в распоряжение Правительства РФ от 6 июня 2020 г.»
- Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации топливно-энергетического комплекса до 2030 г. (Распоряжение Правительства РФ от 12.03.2024 г. № 581-р).
- Сводная стратегия развития обрабатывающей промышленности Российской Федерации до 2030 г. и на период до 2035 г. (Распоряжение Правительства РФ от 09.09.2023 г. № 2436-р).
- Об утверждении Стратегии развития беспилотной авиации РФ на период до 2030 г. и на перспективу до 2035 г. и плана мероприятий по ее реализации (Распоряжение Правительства РФ от 21.06.2023 г. № 1630-р).
- О продлении срока действия комплексной программы «Развитие техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации на период до 2024 г.» (Указ Президента РФ от 14.04.2022 г. № 202).
- Стратегия развития аддитивных технологий в Российской Федерации на период до 2030 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 14.07.2021 г. № 1913-р).

- Стратегия развития станкоинструментальной промышленности на период до 2035 г. (Распоряжение Правительства Российской Федерации от 05.11.2020 г. № 2869-р).
- Об утверждении государственной программы «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013 – 2025 гг.» (Распоряжение Правительства РФ от 15.12.2012 г. № 2396-р).
- «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» (вместе с «Национальной стратегией развития искусственного интеллекта на период до 2030 г.»)) (Указ Президента РФ от 10.10.2019 г. № 490 (ред. от 15.02.2024 г.)).
- Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» (Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 328 (ред. от 13.08.2024 г.)).
- О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства (Указ Президента РФ от 21.07.2016 г. № 350 (ред. от 28.09.2023 г.)).
- Перспективный план стандартизации в области передовых производственных технологий на 2018 – 2025 гг. (Утвержден Министерством промышленности и торговли РФ и Росстандартом 28.01.2019 г. (с изменением № 1 от 28.09.2020 г., № 2 от 21.03.2022 г.)).
- Федеральный закон от 23.10.2007 г. № 270-ФЗ «О Государственной корпорации по содействию разработке, производству и экспорту высокотехнологичной промышленной продукции «Ростех».
- Федеральный закон от 01.12.2007 г. № 317-ФЗ «О Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом».

Рынки НТИ являются одними из важнейших потребителей систем рассматриваемого класса, в связи с чем можно выделить НПА в данной сфере:

- Об утверждении Правил управления реализацией мероприятий программ и проектов Национальной технологической инициативы, результаты которых направлены на решение задач обеспечения технологического суверенитета Российской Федерации, о внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации и о признании утратившими силу отдельных положений некоторых актов Правительства Российской Федерации (Постановление Правительства РФ от 28.12.2022 г. № 2478 (ред. от 31.08.2023 г.)).
- План мероприятий («дорожная карта») «Маринет» (Одобрена протоколом № 1 от 28.02.2022 г. заочного голосования членов Президиума Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России).
- План мероприятий («дорожная карта») «Нейронет» (Одобрена протоколом № 1 от 28.02.2022 г. заочного голосования членов Президиума Правительственной комиссии по модернизации экономики и инновационному развитию России).
- План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий («дорожной карты») Национальной технологической инициативы по направлению «Маринет» (Распоряжение Правительства РФ от 21.01.2020 г. № 40-р (ред. от 01.06.2024 г.)).

- План мероприятий («дорожная карта») «Автонет» (Утверждена приложением № 2 к Протоколу № 1 заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 24.04.2018 г.).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий («дорожной карты») Национальной технологической инициативы по направлению «Аэронет» (Распоряжение Правительства РФ от 03.04.2018 г. № 576-р (ред. от 16.09.2021 г.)).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Нейронет» (Распоряжение Правительства РФ от 30.03.2018 г. № 552-р (ред. от 24.12.2021 г.)).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Автонет» (Распоряжение Правительства РФ от 29.03.2018 г. № 535-р (ред. от 21.09.2023 г.)).
- Об утверждении плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (Передовые производственные технологии) (Распоряжение Правительства РФ от 23.03.2018 г. № 482-р (ред. от 01.06.2024 г.)).
- План мероприятий («дорожная карта») «Энерджинет» (Одобрена Президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 28.09.2016 г., Протокол № 4).
- План мероприятий («дорожная карта») «Аэронет» (Одобрена приложением № 2 к Протоколу № 3 заседания Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 24.06.2016 г.).
- «О реализации Национальной технологической инициативы» (вместе с «Правилами разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами отбора проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами мониторинга реализации проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы», «Правилами предоставления субсидий из федерального бюджета Фонду поддержки проектов Национальной технологической инициативы на финансовое обеспечение затрат на реализацию проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы и на обеспечение информационной, организационно-технической и экспертно-аналитической поддержки реализации Национальной технологической инициативы») (Постановление Правительства РФ от 18.04.2016 г. № 317 (ред. от 31.08.2023 г.)).

Список основных нормативно-правовых актов, нацеленных на стимулирование внедрения промышленных технологий, включая PLM-системы:

- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета федеральному государственному бюджетному учреждению «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере» на осуществление грантовой поддержки реализации проектов малых предприятий по разработке, применению и коммерциализации российских цифровых решений, в том числе в сфере научно-технологического развития (Постановление Правительства Российской Федерации от 23.05.2024 г. № 649 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации» от 03.05.2019 г. № 554).
- О специальных инвестиционных контрактах для отдельных отраслей промышленности (Постановление Правительства РФ № 708 от 16.07.2015 г. (ред. 11.04.2024 г.)).
- О государственной поддержке организаций, реализующих инвестиционные проекты, направленные на производство приоритетной продукции (Постановление Правительства РФ от 22.02.2023 г. № 295).
- О внесении изменений в часть вторую Налогового кодекса Российской Федерации (Федеральный закон от 14.07.2022 г. № 323-ФЗ).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета кредитным организациям на возмещение недополученных доходов по кредитам, выданным на приобретение приоритетной для импорта продукции (Постановление Правительства РФ от 18.05.2022 г. № 895 (ред. от 08.08.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским кредитным организациям на возмещение недополученных ими доходов по кредитам, выданным аккредитованным системообразующим организациям в сфере информационных технологий, а также организациям, входящим в группу лиц системообразующей организации в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 26.04.2022 г. № 754).
- О выделении в 2022 г. из резервного фонда Правительства РФ бюджетных ассигнований в связи с ограничительными мерами, предпринятыми в отношении РФ иностранными государствами (Распоряжение Правительства РФ от 01.04.2022 г. № 714-р (ред. от 30.11.2022 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на разработку конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта (Постановление Правительства РФ от 23.08.2021 г. № 1380).
- Об утверждении требований к реализации мероприятий, осуществляемых субъектами Российской Федерации, бюджетам которых предоставляются субсидии на государственную поддержку малого и среднего предпринимательства, а также физических лиц, применяющих специальный налоговый режим «Налог на профессиональный доход», в субъектах Российской Федерации, направленных на достижение целей, показателей и результатов региональных проектов, обеспечивающих достижение целей, показателей и результатов федеральных проектов, входящих в

состав национального проекта «Малые и средние предприятия (МСП) и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы», и требований к организациям, образующим инфраструктуру поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства» (Приказ Министерства экономического развития РФ от 26.03.2021 г. № 142).

- Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета производителям станкоинструментальной продукции в целях предоставления покупателям скидки при приобретении такой продукции (Постановление Правительства РФ от 10.08.2020 г. № 1206).
- Об утверждении Правил предоставления из федерального бюджета субсидий в целях обеспечения льготного кредитования проектов по цифровой трансформации, реализуемых на основе российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 05.12.2019 г. № 1598 (ред. от 06.05.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета некоммерческой организации Фонд развития Центра разработки и коммерциализации новых технологий на обеспечение первого масштабного внедрения российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 03.05.2019 г. № 555 (ред. от 27.12.2023 г.)).
- Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета Российскому фонду развития информационных технологий на поддержку проектов по разработке и внедрению российских решений в сфере информационных технологий (Постановление Правительства РФ от 03.05.2019 г. № 550 (ред. от 28.12.2023 г.)).
- Об утверждении правил предоставления субсидий российским организациям на возмещение части затрат на разработку цифровых платформ и программных продуктов в целях создания и (или) развития производства высокотехнологичной промышленной продукции (Постановление Правительства РФ от 30.04.2019 г. № 529 (ред. от 22.11.2022 г.)).
- Об утверждении Правил организации и проведения технологических конкурсов в целях реализации Национальной технологической инициативы и Правил предоставления субсидий из федерального бюджета Фонду поддержки проектов Национальной технологической инициативы на финансовое обеспечение затрат на организацию и проведение технологических конкурсов в целях реализации Национальной технологической инициативы и о внесении изменения в перечень международных, иностранных и российских премий за выдающиеся достижения в области науки и техники, образования, культуры, литературы, искусства, туризма и средств массовой информации, суммы которых, получаемые налогоплательщиками, не подлежат налогообложению (Постановление Правительства РФ от 03.04.2018 г. № 403 (ред. от 13.07.2023 г.)).

Перечень документов по стандартизации, составляющих нормативно-техническое обеспечение современной PLM-системы:

- Электронная конструкторская документация (ЭКД). Стадии разработки и виды документов.

- ЭКД. Требования к оформлению электронных моделей изделий.
- ЭКД. Требования к оформлению электронных моделей изделия отдельных отраслей (серия стандартов).
- ЭКД. Управление конфигурацией.
- ЭКД. Управление изменениями.
- ЭКД. Правила учета и хранения конструкторской документации. Правила копирования и передачи.
- ЭКД. Правила выполнения схем (серия стандартов).
- ЭКД. Расчеты при помощи численных методов. Правила оформления и хранения.
- ЭКД. Программа и методика испытания. Порядок разработки и оформления.
- Электронная технологическая документация (ЭТД). Стадии разработки и виды документов.
- ЭТД. Электронная модель технологического процесса. Требования к разработке и оформлению.
- ЭТД. Маршрутные технологические процессы. Правила разработки и оформления.
- ЭТД. Операционные технологические процессы сборки. Правила разработки и оформления (серия стандартов).
- ЭТД. Электронные модели промежуточных состояний, полуфабрикатов и заготовок. Правила разработки и оформления.
- ЭТД. Правила учета и хранения технологической документации. Правила копирования и передачи.
- ЭТД. Электронные модели средств технологического оснащения. Требования к разработке и оформлению.
- ЭТД. Интерактивные технологические инструкции. Правила оформления и разработки.
- ЭТД. Подготовка управляющих программ с ЧПУ. Общие положения для оборудования.
- Электронная производственная документация (ЭПД). Порядок ведения электронных технологических паспортов.
- ЭПД. Информационное описание производственных площадок. Общие требования.

Перечень некоторых нормативно-правовых актов, регулирующих внедрение и использование PLM-систем:

- ГОСТ Р 56861-2016.

«Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения»:

Настоящий стандарт устанавливает общие положения разработки концепции изделия и технологий в условиях проектного управления созданием продукта на начальной стадии его жизненного цикла. Положения настоящего стандарта предназначены для разработки концепций любых продуктов юридическими или физическими лицами. Разработку концепций можно осуществлять внутри организаций или на договорной основе совместно с другими субъектами хозяйственной деятельности.

- ГОСТ Р 56862-2016.

«Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Термины и определения»:

Настоящий стандарт устанавливает перечень терминов и определений для общих положений разработки концепции изделия и технологий. Положения настоящего стандарта предназначены для разработки концепций любых продуктов юридическими или физическими лицами в процессах управления проектами. Разработку концепций можно осуществлять внутри организаций или на договорной основе с другими субъектами хозяйственной деятельности. Настоящий стандарт предназначен для разработки концепций и технологий.

- ГОСТ Р 57193-2016.

«Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла систем»:

Настоящий стандарт устанавливает общие основы для описаний процессов и применяется в отношении жизненного цикла систем, созданных человеком. Настоящий стандарт определяет множество процессов и соответствующую терминологию с инженерной точки зрения. Процессы могут применяться на любом уровне иерархии в структуре системы. Выбранные из них множества могут быть использованы в течение жизненного цикла для управления и осуществления стадий жизненного цикла системы, что реализуется путем вовлечения всех участников, заинтересованных в достижении конечной цели – удовлетворенности заказчиков.

Настоящий стандарт также рассматривает процессы, которые поддерживают определение, управление и совершенствование процессов жизненного цикла системы, используемых в пределах организации или проекта. Организации и проекты могут использовать эти процессы при приобретении и поставке систем.

- ГОСТ Р 57101-2016/ISO/IEC/IEEE 16326:2009.

«Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла. Управление проектом»:

Настоящий стандарт предназначен для помощи руководителям проектов в управлении для успешного ведения проектов, касающихся программных средств и систем. Настоящий стандарт определяет необходимое содержание плана управления проектом. Этот стандарт также формулирует цели и содержание результатов процессов проекта согласно ИСО/МЭК 12207:2008 (IEEE 12207:2008) и ИСО/МЭК 15288:2008 (IEEE 15288:2008) и добавляет детальные положения для управления проектами, в которых используются эти процессы.

- ГОСТ Р 57102-2016/ISO/IEC TR 24748-2:2011.

«Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Управление жизненным циклом. Часть 2. Руководство по применению ИСО/МЭК 15288»:

Настоящий стандарт является руководством для применения ИСО/МЭК 15288. Он применим к системе, жизненному циклу, процессу, организационным аспектам, проекту и понятиям адаптации, преимущественно путем ссылки на ИСО/МЭК 24748-1 и ИСО/МЭК 15288.

Это служит руководством при применении ИСО/МЭК 15288 в зависимости от аспектов стратегии, планирования и применения в организациях и проектах. В терминологии, структуре и содержании настоящий стандарт гармонизирован с ИСО/МЭК 24748-1 и ИСО/МЭК 24748-3.

- ГОСТ Р 56923-2016/ISO/IEC TR 24748-3:2011.

«Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Управление жизненным циклом. Часть 3. Руководство по применению ИСО/МЭК 12207 (Процессы жизненного цикла программных средств)»:

Цель настоящего стандарта – дать представление о применении стандарта процессов жизненного цикла программных средств ИСО/МЭК 12207. Вместе части ИСО/МЭК 24748 предназначены для облегчения объединенного использования содержания процессов двух стандартов по процессам жизненного цикла высокого уровня. Последние, в свою очередь, могут использоваться вместе с соответствующими стандартами, такими как стандарт для управления услугами, а также различными другими стандартами процессов более низкого уровня. Таким образом, ИСО/МЭК 24748 обеспечивает унифицированное и объединенное руководство по управлению жизненным циклом систем и программных средств. Поскольку указанные два стандарта (а также другие) используются в комбинации, цель ИСО/МЭК 24748 – помочь установить логику в понятиях системы и жизненного цикла, в моделях, стадиях, процессах, применении процессов, ключевых точках представления, адаптации и использования в различных областях. Все это должно помочь проектированию модели жизненного цикла с тем, чтобы управлять развитием проекта.

- ГОСТ Р 58607-2019/ISO/IEC/IEEE 24748-4:2016.

«Системная и программная инженерия. Управление жизненным циклом. Часть 4. Планирование системной инженерии»:

Настоящий стандарт посвящен процессам, необходимым для успешного планирования и управления системной инженерией проекта. Это приводит к разработке плана управления системной инженерией как основного средства планирования для применения процессов жизненного цикла систем проекта. План управления системной инженерией является техническим документом высокого уровня по планированию проекта, связанного с управлением техническими процессами, устанавливаемыми с помощью трех источников (контракта или соглашения по проекту, применяемых организационных процессов и проектной команды системной инженерии) для успешного решения задач системной инженерии. В настоящем стандарте используются термины «техническое планирование» и «планирование системной инженерии», чтобы подчеркнуть или дифференцировать их технический вклад в процессы. Настоящий стандарт использует основные аспекты ИСО/МЭК 26702 (IEEE 1220) для выделения дополнительных методов и обеспечения нормативного содержания для плана управления системной инженерией.

- ГОСТ Р 58302-2018.

«Управление стоимостью жизненного цикла. Номенклатура показателей для оценивания стоимости жизненного цикла изделия. Общие требования»:

Настоящий стандарт устанавливает номенклатуру показателей для оценивания стоимости

жизненного цикла, необходимую для планирования и контроля затрат на приобретение, эксплуатацию и утилизацию изделия при решении задач управления жизненным циклом изделия.

Настоящий стандарт распространяется на изделия машиностроения и приборостроения, в т.ч. на продукцию военного и двойного назначения, включая их составные части. Применение требований настоящего стандарта к другим видам изделий определяется по усмотрению разработчика или изготовителя.

- Федеральный закон № 152-ФЗ «О персональных данных».

Целью настоящего Федерального закона является обеспечение защиты прав и свобод человека и гражданина при обработке его персональных данных, в том числе защиты прав на неприкосновенность частной жизни, личную и семейную тайну.

- Приказ Минцифры России № 930 «Об утверждении порядка обработки, включая сбор и хранение, параметров биометрических персональных данных, порядка размещения и обновления биометрических персональных данных в единой биометрической системе и в иных информационных системах, обеспечивающих идентификацию и (или) аутентификацию с использованием биометрических персональных данных физических лиц, а также требований к информационным технологиям и техническим средствам, предназначенным для обработки биометрических персональных данных в целях проведения идентификации».

В условиях нарастания санкционных рисков и внешнего экономического давления правительство Российской Федерации активизировало разработку и обновление нормативно-правовой базы в сфере инженерного программного обеспечения. Кроме того, была ускорена работа над «дорожными картами» Национальной технологической инициативы, нацеленными на развитие новых перспективных отраслей и механизмов их поддержки. Значительная часть усилий по развитию нормативной базы для прикладного инженерного программного обеспечения осуществляется в рамках национальной программы «Цифровая экономика».

Важным для направления PLM-систем является принятие обновленной нормативной «дорожной карты» Национальной технологической инициативы по направлению «Технет». Приоритетные задачи, стоящие перед нормативной «дорожной картой» – совершенствование законодательства и устранение административных препятствий, которые должны способствовать более быстрому развитию и внедрению новых технологий, продуктов и услуг, включая их вывод на внешние рынки.

Обновленная законодательная база должна учитывать особенности передовых производственных технологий, удешевление увеличивающуюся децентрализацию процессов разработки и производства, способную стать основой для массовой кастомизации продукции.

Ожидаемые результаты обновления нормативных актов в рамках нормативной дорожной карты «Технет» включают устранение технических препятствий для работы с цифровой документацией, упрощение взаимодействия с контролирующими органами для разработчиков, производителей и пользователей, появление возможности предоставления результатов виртуальных испытаний проверяющим органам взамен натурным и общее снижение сложности процесса признания новых методов оценки соответствия для инновационных продуктов.

6.2. Анализ государственных мер поддержки, в т.ч. по НИРам и НИОКРам, сведения о значимых поддержанных проектах

Система мер государственной поддержки разработки, актуализации и внедрения российского инженерного программного обеспечения и, в частности, отечественных систем управления жизненным циклом изделия, развивается по мере роста значения задачи обеспечения технологического суверенитета. Основные меры государственной поддержки рассматриваемой области сведены в Таблицу 12.

Таблица 12. Обзор основных мер государственной поддержки

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
1	Субсидия на возмещение части затрат на разработку цифровых платформ и (или) программных продуктов	№ 529 от 30.04.2019 г.	ЦТ/ЦЭ ⁴	Минпромторг	Субсидия	Субсидия предоставляется разработчикам цифровых платформ и программных продуктов в целях дальнейшего внедрения на промышленных предприятиях, осуществляющих деятельность в обрабатывающих отраслях экономики	Разработчики цифровых платформ	Объем финансирования не обозначен, мера действует для ранее отобранных проектов. Софинансирование – не менее 50%

³ Постановление Правительства Российской Федерации.

⁴ Федеральный проект «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
2	Субсидии российским организациям на финансовое обеспечение части затрат на реализацию проектов по внедрению российских решений в сфере информационных технологий в целях повышения уровня «цифровой зрелости» отраслей промышленности	Субсидия № 24-66821-01674-Р от 20.09.2024 г.	ГП «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности»	Минпромторг	Субсидия	Повышение уровня цифровой зрелости предприятий	Заказчики, производители промышленной продукции («обрабатывающие производства») и научные организации	Срок исполнения – не более 3-х лет. Сумма субсидии – от 30 млн руб. до 250 млн руб.. ежегодно. Софинансирование не менее 50%
3	Субсидии на финансовое обеспечение части затрат на разработку	№ 1380 от 23.08.2021 г.	ИИ/ЦЭ ⁵	Минпромторг	Субсидируемые расходы на разработку	Разработка конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей	Разработчики, производители ПАК с использованием ИИ	Максимальный ежегодный размер субсидии, предоставляемой

⁵ Федеральный проект «Искусственный интеллект» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
	конкурентоспособных нишевых аппаратно-программных комплексов для целей искусственного интеллекта					искусственного интеллекта		российской организации по одному комплексному проекту, составляет не более 500 млн руб. Срок реализации проекта – 12 месяцев
4	Гранты на поддержку проектов по преобразованию приоритетных отраслей экономики и социальной сферы на основе внедрения отечественных продуктов на базе «сквозных» цифровых технологий	№ 555 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд «Сколково»	Гранты	Преобразование приоритетных отраслей экономики и социальной сферы на основе внедрения отечественных продуктов, сервисов, платформенных решений, созданных на базе сквозных цифровых технологий	Заказчик – коммерческая организация, внедряющая решение на основе сквозных технологий	Размер гранта составляет не менее 20 млн руб. и не более 300 млн руб. Для особо значимых проектов максимальный размер гранта может составлять не более 700 млн руб. Софинансирование не менее 50%. Срок реализации не менее 6 и не

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
								более 30 месяцев
5	Льготное кредитование компаний реализующим проекты по цифровой трансформации и внедряющим ИТ-решения	№ 1598 от 05.12.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Мин-цифры	Субсидируемые кредиты	Ускорение цифровой трансформации отраслей экономики и внедрение российских решений	Разработчики (получатели льготных кредитов) и коммерческие банки, финансирующие ИТ-проекты (получатели субсидий)	Размер льготной ставки по кредиту: от 1 до 5% (до 3% для аккредитованных ИТ-организаций); Размер кредита для реализации проекта: минимальный – 5 млн руб., максимальный – 5 млрд руб. Размер кредита для реализации программы(совокупности проектов): минимальный – 500 млн руб., максимальный – 10 млрд руб.

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
								Софинансирование: не обязательно. Сроки – определяются банком
6	Льготное кредитование (субсидируемое) системообразующих организаций в сфере ИТ, а также аккредитованных организаций в сфере ИТ	№ 754 от 26.04. 2022 г.	Федеральный проект «Развитие цифровых и информационных проектов на территории субъектов Российской Федерации» государственной программы Российской Федерации «Информационное общество»	Минцифры	Льготное кредитование	Сохранение потенциала динамичного развития отрасли информационных технологий в сложных экономических условиях посредством льготного кредитования системообразующих ИТ-организаций и ИТ-организаций, входящих в группу лиц указанных организаций	Разработчики (получатели льготных кредитов) и коммерческие банки, финансирующие ИТ-проекты (получатели субсидий)	Процентная ставка по кредиту: до 11%; Размер кредита: одного заемщика до 10 млрд руб., для группы лиц одной системообразующей организации (включая эту системообразующую организацию) до 30 млрд руб. Срок кредитования: до 12 месяцев. Максимальный объем кредита, для группы

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
								лиц одной системообразующей организации (включая эту системообразующую организацию): 30 млрд руб.
7	Грант на внедрение российских ИТ-решений	№ 550 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	РФРИТ	Гранты, субсидии	Внедрение отечественных продуктов, сервисов и платформенных решений в целях ускорения их развития	Заказчики – коммерческие организации, осуществляющие проект по внедрению отечественного решения	Сумма гранта – от 10 млн руб. до 6 000 млн руб. Срок проекта – от 6 до 60 месяцев; Софинансирование – не менее 50% сметы реализации проекта
8	Конкурс «Цифровизация-Цифровые технологии»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника ⁶	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих применение российских ИТ решений и стимулирование	Разработчики. «В конкурсном отборе могут принимать участие организации, соответствующие критериям	Объем гранта – до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта.

⁶ Полное название: «Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						цифровизации отраслей	отнесения к субъекту малого предпринимательства в соответствии с Федеральным законом от 24 июля 2007 г. № 209-ФЗ «О развитии малого и среднего предпринимательства в Российской Федерации»	Срок выполнения проекта – до двух лет
9	Конкурс «Код-Цифровые технологии»	Постановление Правительства Российской Федерации от 03.05.2019 г. № 554	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание новых и поддержку существующих малых инновационных предприятий, стремящихся развивать открытый код, создавать и развивать открытые библиотеки	Разработчики – малые предприятия и индивидуальные предприниматели	Размер гранта не может превышать 10 млн руб. на реализацию проекта. Срок выполнения проекта – до двух лет. Требования по финансированию не обозначены

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
10	Конкурс «Старт-Цифровые технологии-1»	Постановление Правительства Российской Федерации от 03.05.2019 г. № 554	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание новых и поддержку существующих малых инновационных предприятий, стремящихся разработать и освоить производство новых продуктов, имеющих значительный потенциал коммерциализации	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 4 млн руб. Срок выполнения НИОКР – 1 год. Требования по софинансированию не обозначены
11	Конкурс «Развитие-ЦТ»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержку предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж наукоемкой продукции на рынке, и нуждающихся в дополнительных НИОКР	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
1 2	Конкурс «Экспорт-Цифровые технологии»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих доработку или масштабирование собственных цифровых решений, продуктов или платформ и вывод собственной продукции на зарубежные рынки	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет
1 3	Конкурс «Коммерциализация-Цифровые технологии»	№ 554 от 03.05.2019 г.	ЦТ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка предприятий, планирующих доработку и (или) масштабирование собственных цифровых решений, продуктов или платформ и вывод собственной продукции на новые рынки	Разработчики – малые предприятия	Объем предоставляемого Фондом гранта составляет до 20 млн руб. Софинансирование – не менее 25% от суммы гранта. Срок выполнения проекта – до двух лет

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
1 4	Конкурс «Код Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Создание и развития открытых библиотек в сфере искусственного интеллекта в России	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта не может превышать 10 млн руб. на реализацию одного проекта, не более 2 млн руб. одному физическому лицу, подавшему заявку или члену проектной команды. Срок выполнения проекта – до двух лет. Требования по софинансированию не обозначены
1 5	Конкурс «Акселерация-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты + акселерационная программа	Поддержка малых предприятий, целью которых является разработка и освоение производства новой продукции, сервисов	Разработчики – малые предприятия, участвующие в аккредитованных акселерационных программах	Размер гранта, а также стоимости акселерационной программы не может превышать 800 тыс. р

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						и (или) решений с использованием технологий искусственного интеллекта		уб. Средства гранта могут быть направлены исключительно на оплату акселерационной программы, аккредитованной Фондом. Срок выполнения проекта – 9 месяцев. Требования по софинансированию не обозначены
1 6	Конкурс «Старт-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03. 2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, находящихся на начальной стадии развития и стремящихся разработать и освоить производство новых решений в области	Разработчики – малые предприятия и индивидуальные предприниматели	Размер гранта не может превышать 4 млн руб. Срок выполнения НИОКР составляет 12 месяцев с даты заключения договора о предоставлении гранта.

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						искусственного интеллекта		Требования по софинансированию не обозначены
1 7	Конкурс «Развитие-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж наукоемкой продукции на рынке, нуждающихся в дополнительных НИОКР	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта не может превышать 30 млн руб. Софинансирование – не менее 20% от суммы гранта. Срок выполнения НИОКР – до двух лет
1 8	Конкурс «Внедрение-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03.2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж, планирующих внедрение собственных решений в	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта – до 50 млн руб. Софинансирование проекта – не менее 50%. Срок выполнения технологического проекта –

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
						области искусственного интеллекта		до 27 месяцев
19	Конкурс «Коммерциализация-Искусственный интеллект»	№ 456 от 27.03. 2021 г.	ИИ/ЦЭ	Фонд Бортника	Гранты	Поддержка малых предприятий, имеющих положительную деловую репутацию и опыт продаж, планирующих доработку, апробацию и (или) внедрение собственных решений в области искусственного интеллекта	Разработчики – малые предприятия	Размер гранта – до 30 млн руб. Софинансирование проекта – не менее 20% от суммы гранта. Сроки выполнения проекта – до 18 месяцев

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
20	Комплекс налоговых льгот	Федеральный закон от 14.07.2022 г. № 323-ФЗ	Не обозначено	ФНС	Налоговые льготы	Поддержка российских ИТ-компаний	Компании, получающие доходы от: услуг по доработке, внедрению и поддержке любого российского ПО; продажи онлайн рекламы на своих платформах; размещения объявлений на классифайдах; предоставления платного доступа к контенту (фильмам и музыке), в том числе по подписке; оказания образовательных услуг с использованием онлайн платформ; разработки и продажи российских программно-	Налог на прибыль установлен на уровне 0% до 31.12.2024 г. Страховые взносы – 7,6%. Количественный критерий по доле ИТ-выручки, который позволяет получить налоговые льготы, – до 70%

№	Название	ПП РФ ³	Нац. проект / программа	Оператор	Тип поддержки	На что направлена мера поддержки	Тип получателя меры поддержки	Основные условия
							аппаратных комплексов	

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным Министерства промышленности и торговли [184], Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере [185], Федеральной налоговой службы [186], 2024

Задачи по созданию новых отечественных «тяжелых» PLM-систем являются сложными и масштабными, в силу чего государство концентрируется на поддержке ограниченного числа проектов, разрабатываемых крупными отечественными компаниями и ИТ-дивизионом ГК «Росатом». Ход работ, вопросы стандартов и открытости систем контролируются на уровне министров и лично председателя правительства [187].

НИР/НИОКР, посвященные разработке относительно малых компонентов для PLM-систем, реализуются через механизмы поддержки НИОКР Фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (Фондом Бортника, в частности осуществляет профильная поддержка НИОКР посвященных развитию компонентов на основе технологий Искусственного интеллекта). В формате научно-исследовательских и конструкторских работ в сфере PLM также ведется часть разработок подразделений ГК «Росатом» в рамках проекта «Прорыв».

Для более подробного анализа значимых проектов в сфере PLM, на которые распространяются меры поддержки, в рамках настоящего раздела по ключевым словам «PLM», «PLM-система», «система управления жизненным циклом», «ИСУЖЦ» отобраны проекты по выполнению научно-исследовательских, опытно-конструкторских и опытно-технологических работ (НИОКТР) от 2020 г., зарегистрированные в системе домена «Наука и инновации», консолидирующего сведения о достижениях отечественной науки, ученых и научных коллективах и реализованного на базе Единой государственной информационной системы учета научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ гражданского назначения, с использованием защищенной единой цифровой облачной платформы «ГосТех» [188].

Ключевые сведения о поддержанных проектах, относящихся к области систем управления

жизненным циклом изделия (PLM), приведены в Таблице 13.

Таблица 13. Сведения о поддержанных проектах

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
1	Исследование направлений по расширению функциональных возможностей и развитие новой импорто-независимой программной платформы ИС-УЖЦ Стаксель, а также разработка интеграционных решений платформы с информационными системами и базами данных ПН «Прорыв». Этап 2024	АО «Прорыв»	ООО «СиЭс Технологии» (CS Technology)	Цель – проведение исследования направлений по расширению функциональных возможностей новой импорто-независимой программной платформы (Стаксель) информационной системы управления жизненным циклом объектов ПН «Прорыв» (далее – ИС-УЖЦ) и обеспечение в ней: 1. поддержки процесса управления изменениями и конфигурацией; 2. поддержки управления технологическими процессами объектов ПН «Прорыв».	2024	117,8
2	Разработка и тестирование прототипа системы управления инженерными данными	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Главный Конструктор»	Цель – разработка системы для управления инженерными данными об изделии, поддерживающая ОС Windows и Linux, с доступом через WEB, СУБД PostgreSQL, системой файлового хранения и автоматизированным созданием текстовой КД в соответствии с ЕСКД на основе электронной структуры изделия.	2023	4
3	Программа создания и развития научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» (часть	Минобрнауки России	ФГАОУ ВО СПбПУ	Цель – обеспечение достижений приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации по широкому спектру направлений, в первую очередь, на	2022	867,9

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
	2)			обеспечение технологических прорывов на основе передовых цифровых технологий и платформенных решений, интеллектуальных производственных технологий, эффективном применении роботизированных систем, новых материалов и способов конструирования, создания и применения систем обработки больших объемов данных, машинного обучения и искусственного интеллекта. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: 1. программа выгрузки данных из системы управления данными Teamcenter в универсальном формате; 2. программа загрузки данных, полученных из системы управления данными Teamcenter, в Платформу виртуальной разработки, испытаний, поддержки цифровых двойников.		
4	Создание экспериментальной базы для исследования бортовых информационно-управляющих систем для роботизированных транспортно-технологических машин	Минобрнауки России	МГТУ им. Н.Э. Баумана	Цель – создание экспериментальной базы для исследования бортовых информационно-управляющих систем для роботизированных транспортно-технологических машин с электроприводом и для формирования	2022	32,3

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
	электроприводом			цифровых компетенций обучающихся при участии в проектной деятельности в области исследования электродвижения.		
5	Разработка и тестирование опытного образца платформы для оптимизации процесса цифровой трансформации при создании и внедрении доверенного искусственного интеллекта с использованием сетей корреляционных нейронов	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «АИЗИОН»	Цель – разработка ModelOps платформы для оптимизации процесса создания и внедрения доверенного искусственного интеллекта с использованием сетей корреляционных нейронов.	2022	4
6	Обоснование надежности МФР ОДЭК (Этап 2022-2023 гг.). Расширение и наполнение базы данных ССОАД проектными показателями надежности оборудования МФР, проверка функционирования и отладка информационного обмена с ИСУЖЦ	АО «СХК»	АО «НИКИЭТ»	Цель – качественный и количественный анализ надежности технологического оборудования МФР, выявление наименее надежных элементов и выработки рекомендаций по повышению их надежности, оптимизации режимов планового технического обслуживания и ремонта МФР, достижения требуемых показателей экономической эффективности при эксплуатации оборудования.	2022	5
7	Разработка и тестирование прототипа автоматизированной научно-исследовательской станции наблюдения за растениями	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Городские теплицы»	Цель – разработка и тестирование прототипа автоматизированной научно-исследовательской станции наблюдения за растениями. Решение должно включать информационно-коммуникационную	2021	8

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				инфраструктуру для взаимодействия с пользователем, программное обеспечение, использующее методы машинного обучения, процессы и сервисы по обработке собираемых данных и поиску лучших вариантов решения, поставленных задач в процессе выращивания агрокультур. На основе накопленных данных система сможет уже самостоятельно предлагать наиболее выгодные условия микроклимата / раствора / света в зависимости от заданных желаемых конечных характеристик растения: размер / вес / цвет / вкус / сроки роста.		
8	Разработка и испытания прототипа информационной системы по приему заказов на пошив швейных изделий и автоматизированного управления распределенным производством	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «НИИ ЦТ»	Цель – разработать опытный образец Цифровой Швейной Фабрики Будущего и создать автоматизированное управление производственным циклом с оптимизацией технологических процессов при разработке и пошиве швейных изделий с возможностью формирования банка данных моделей, лекал, конструкторской документации на изделия. Предполагается создание онлайн-платформы, обеспечивающей сквозные бизнес-процессы и единое информационное пространство	2021	3

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				для всех участников: дизайнеров, модельеров, конструкторов, технологов, поставщиков и производителей тканей, ателье и швейных фабрик.		
9	Разработка и тестирование макетного образца веб-приложения для удаленного контроля жизненного цикла проектно-исследовательской документации	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «ПИРС»	Цель – разработать макетный образец SaaS-решения для организации дистанционного контроля полного жизненного цикла проектно-исследовательской документации, управления бизнес-процессами в проектировании с набором сервисов для клиентов B2C и B2B категорий. Предполагается создание облачной платформы «ПИРС-Система», реализуемой как веб-приложение с набором полезных функций для дистанционного контроля жизненного цикла проектно-исследовательской документации. В продукте алгоритмизирован весь процесс от размещения заказа до захода на экспертизу: обсуждения Технического задания и Технических условий, сбор исходных данных, формирование проектно-исследовательской документации, отработка замечаний, прием-передача результатов работы. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и	2021	2

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				инновации», относятся следующие РИД: Набор страниц интерфейса графического (изделие в целом). Страница интерфейса графического (7 самостоятельных частей).		
10	Разработка прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования, цеха	Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере	ООО «Цифровые производственные системы»	Цель – создание прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования и цеха кооперационно – сетевой PLM системы для малых и средних инновационных предприятий. Предполагается создание облачного решения в части оперативно-календарного планирования, диспетчеризации, снабжения, калькуляции, мониторинга и управления производством по российским и мировым стандартам. К результатам проекта, зарегистрированным в системе домена «Наука и инновации», относятся следующие РИД: 1. Разработка функциональной схемы, алгоритма работы прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования. Исследование и оптимизация временных, размерных и экономических связей производства при формировании	2021	3

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				сквозного оперативно-календарного плана. Разработка математической модели сквозного оперативно-календарного плана. Разработка базы данных прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования. Тестирование прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования 2. Разработка прототипа системы управления технологическими проектами автоматизированного рабочего места планирования, цеха.		
11	Доработка подсистем ИСУЖЦ в части ИТ поддержки этапа строительства Энергоблока и пуско-наладочных работ МФР в 2020 году	АО «Прорыв»	ИБРАЭ РАН	Цели работы: 1. обеспечение контроля за процессом формирования комплектов рабочей документации; 2. обеспечение возможности ознакомления Генподрядчика с рабочей документацией в электронном виде до завершения процедуры официальной передачи документации; 3. обеспечение приема исполнительной документации от Генподрядчика в форматах разработки в автоматизированном режиме; 4. реализация механизмов обмена информацией об отказах с внешними системами; 5. реализация	2020	5

№	Наименование проекта	Заказчик	Исполнитель	Описание проекта, цель	Год начала работы	Объем финансирования, млн руб.
				децентрализованного кодирования документов.		

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным домена «Наука и инновации», 2024 [188]

Абсолютное большинство (8 из 11) проектов, поддержанных в 2020–2024 гг., фокусируются на разработке «точечных» решений на относительно небольшие суммы (до 10 млн руб.). Среди НИР/НИОКР по тематике PLM, зафиксированных доменом «Наука и инновации» можно выделить проекты, связанные с созданием специализированных отраслевых решений для легкой промышленности и машиностроения, проекты посвященные интеграции данных из PLM-систем в SPDM-системы, а также создание прототипов облачных российских PLM работающих по модели SAAS. При этом необходимо отметить масштабный «профильный» проект (117,8 млн руб.) ООО «СиЭс Технологии» по исследованию направлений по расширению функциональных возможностей и развитие новой импортонезависимой программной платформы «ИСУЖЦ Стаксель», а также разработке интеграционных решений платформы с информационными системами и базами данных ПН «Прорыв». Кроме того, результаты, относящиеся к сфере систем управления жизненным циклом изделия, также могут быть получены в рамках комплексных НИОКР, решающих задачи более высокого уровня, как, например, специализированные программные модули и программное обеспечение, разрабатываемые в рамках Программы создания и развития научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии» ФГАОУ ВО СПбПУ.

Основными источниками финансирования НИОКР в области PLM выступают средства фондов поддержки научной и (или) научно-технической деятельности, средства хозяйствующих субъектов, а также средства федерального бюджета.

ГЛАВА 7. БАРЬЕРЫ И РИСКИ, ПРИСУТСТВУЮЩИЕ НА РОССИЙСКОМ РЫНКЕ

В рамках настоящего раздела рассматриваются барьеры и риски развития систем управления жизненным циклом изделия, а также представлены необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем.

7.1. Ключевые барьеры и проблемы развития систем на российском рынке

По результатам исследования, проведенного Центром компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» и Передовой инженерной школой «Цифровой инжиниринг» при участии АНО «ЦКИТ» и содействии Министерства промышленности и торговли Российской Федерации, был выявлен комплекс существенных барьеров, препятствующих развитию отечественного программного обеспечения для цифрового проектирования и моделирования [130]. Исследование проводилось в период с октября по ноябрь 2023 года в две волны: первая волна с 11.10.2023 по 31.10.2023, вторая волна с 08.11.2023 по 20.11.2023. Приглашения к участию в опросе были направлены через государственную информационную систему промышленности (ГИСП) в адрес 10 000 российских промышленных предприятий. В исследовании приняли участие 220 предприятий, что составляет 2,2% от общей выборки. Полностью заполненные анкеты предоставили 108 организаций, что обеспечивает достаточную репрезентативность полученных данных.

В ходе анализа текущей ситуации выявлено, что доминирующим препятствием для развития отрасли является недостаточный уровень технологической готовности отечественных цифровых продуктов в сфере программного обеспечения цифрового проектирования и моделирования. Данную проблему отметили 62% респондентов, что свидетельствует о существенном технологическом разрыве между российскими разработками и мировыми аналогами. Существенное влияние на развитие отрасли оказывают экономические факторы. Высокая стоимость российского программного обеспечения для предприятий, отмеченная 5% респондентов, в совокупности с низкой окупаемостью инвестиций (3%) создает значительные финансовые барьеры для внедрения отечественных решений. Ситуация осложняется трудностями с привлечением государственного финансирования, на что указывает 1% опрошенных.

Особого внимания заслуживает кадровый вопрос. Недостаточная квалификация сотрудников (5%) в сочетании с трудностями обеспечения конкурентоспособного уровня заработной платы специалистов по информационно-коммуникационным технологиям (ИКТ-специалистов) (3%) и сложностями найма квалифицированного персонала (2%) формируют комплексную проблему кадрового обеспечения отрасли. Инфраструктурные ограничения также играют существенную роль. Недостаточное количество программных продуктов (4%), сложность их интеграции в существующие производственные и организационные процессы (4%), а также недостаточный технологический уровень предприятий (4%) создают дополнительные препятствия для развития отрасли.

В долгосрочной перспективе (к 2029 году) ожидается определенная трансформация значимости различных барьеров. Технологическое отставание, по-прежнему, будет играть доминирующую роль, но его значимость несколько снизится (55% против 62%). В то же время, возрастает значимость экономических факторов, таких как высокая стоимость российского программного обеспечения (ожидается рост значимости фактора до 10%) и недостаточное количество программных продуктов (ожидается рост значимости фактора до 9%). Сложность интеграции новых технологий

в существующие производственные и организационные процессы также будет играть более значимую роль (ожидается рост значимости фактора до 7%). В прогнозе значительно возрастает актуальность экономических факторов. Высокая стоимость российского программного обеспечения для предприятий увеличивает свою значимость в два раза (ожидается рост значимости фактора с 5% до 10%), что указывает на необходимость разработки долгосрочных механизмов ценовой оптимизации. Параллельно с этим, проблема недостаточного количества программных продуктов в сфере цифрового проектирования и моделирования в соответствии с прогнозом также демонстрирует существенный рост значимости (с 4% до 9%), что свидетельствует о растущей потребности в расширении ассортимента отечественных решений. Особого внимания заслуживает значительное усиление проблематики интеграции новых технологий и продуктов цифрового проектирования и моделирования в существующие производственные и организационные процессы организаций (ожидается рост значимости фактора с 4% до 7%). Данная ожидаемая тенденция указывает на необходимость развития комплексных решений по технологической адаптации и модернизации производственных процессов. В долгосрочной перспективе наблюдается некоторое снижение остроты кадровых проблем. Показатель недостаточной квалификации сотрудников снижается с 5% до 2%, а трудности с наймом квалифицированного персонала сохраняются на уровне 2%. Примечательно, что в долгосрочной перспективе возрастает значимость нормативно-правовых ограничений в части принятия результатов компьютерного моделирования (с 1% до 2%), что указывает на необходимость совершенствования законодательной базы и технических регламентов. Также сохраняется актуальность проблем, связанных с привлечением государственного финансирования (2%) и обеспечением необходимых вычислительных мощностей (2%).

Информация о барьерах и рисках развития PLM-систем, присутствующих на отечественном рынке была дополнена на основе открытых источников информации. Полученный перечень представлен в Таблице 14, после каждая проблема описана более подробно.

Таблица 14. Перечень барьеров и рисков развития PLM-систем на отечественном рынке

№	Барьеры и риски развития систем
1	Высокие начальные затраты [189]
2	Недостаточная защита данных от несанкционированного вторжения третьих лиц [189]
3	Несовместимость данных при использовании устаревших систем и стандартных отраслевых форматов [189]
4	Ориентация PLM-систем на связку с автоматизированными системами проектирования [190]
5	Недостаточная осведомленность о возможностях и преимуществах PLM-систем [191]
6	Опасения по поводу управления данными и безопасности в PLM-системах [191]
7	Сложности в соответствии с отраслевыми регулятивными требованиями и стандартами [191]
8	Опасения по поводу масштабируемости и производительности PLM-систем [191]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

1. Высокие начальные затраты, включая затраты на лицензии, на развитие облачных технологий и внедрение системы, а также создание и поддержку баз данных на всем этапе жизненного цикла продукта, представляют собой серьезный барьер

для внедрения PLM-систем, особенно для малого и среднего бизнеса. Затраты включают не только приобретение самой системы, но и необходимость обновления аппаратного обеспечения, обучения персонала и реорганизации бизнес-процессов. Для крупных корпораций эти затраты могут быть оправданы потенциальной выгодой от оптимизации производства, но для меньших компаний они могут быть непосильными. Кроме того, развитие облачных технологий, хоть и предлагает более доступные решения, также требует инвестиций в инфраструктуру и безопасность [189].

2. Недостаточная защита данных от несанкционированного вторжения третьих лиц является критическим барьером для широкого внедрения PLM-систем. Эта проблема становится особенно острой в контексте растущей популярности облачных решений и SaaS моделей, которые, хотя и предлагают удобство и гибкость, также увеличивают риски кибербезопасности. Рост использования облачных технологий повышает риск хакерских атак, что требует параллельной работы над развитием и защитой этих технологий. Для предприятий, особенно в стратегических отраслях, утечка данных о продукте или производственных процессах может иметь катастрофические последствия. Решение этой проблемы требует значительных инвестиций в кибербезопасность, что дополнительно увеличивает общую стоимость внедрения PLM-систем. Кроме того, постоянно эволюционирующий характер киберугроз означает, что обеспечение безопасности данных – это непрерывный процесс, требующий постоянного внимания и ресурсов [189].
3. Несовместимость данных при использовании устаревших систем и стандартных отраслевых форматов. Наличие информации на бумажных носителях значительно усложняет процесс перехода к цифровым PLM-решениям, требуя предварительной масштабной работы по оцифровке данных. Кроме того, даже если данные уже в цифровом формате, они могут быть несовместимы с новыми PLM-системами из-за использования устаревших форматов или специфических отраслевых стандартов. Это создает необходимость в дополнительных затратах на конвертацию данных или разработку специальных интерфейсов для их интеграции. Проблема несовместимости данных также затрудняет взаимодействие между различными предприятиями и подразделениями, особенно в рамках крупных корпораций. Решение этой проблемы требует не только технических усилий, но и стандартизации процессов обмена данными на уровне отрасли или даже на государственном уровне, что является сложной и долгосрочной задачей [189].
4. Ориентация PLM-систем на связку с автоматизированными системами проектирования является одним из значимых барьеров при внедрении таких систем. Это ограничение во многом обусловлено историческим развитием PLM-систем, которые изначально появились как средства для обмена CAD-файлами внутри проектных команд. Многие современные PLM-системы по-прежнему тесно интегрированы с инструментами цифрового проектирования и ориентированы на работу с ними. Такая узкая специализация может ограничивать функциональность PLM-систем для компаний, чьи процессы выходят за рамки инженерного проектирования. Например, производители менее сложной продукции или компании из других отраслей могут столкнуться с трудностями при попытке адаптировать такие PLM-системы под свои нужды. Это может привести к неполному использованию

потенциала PLM в управлении всем жизненным циклом продукта, включая маркетинг, продажи, поддержку и утилизацию. В результате компании могут не получить ожидаемых преимуществ от внедрения PLM-системы в полном объеме [190].

5. Недостаточная осведомленность о возможностях и преимуществах PLM-систем остается существенным барьером для их внедрения. Многие организации, особенно малые и средние предприятия, часто воспринимают PLM исключительно как инструмент для крупных производственных компаний, не понимая, что современные решения могут быть адаптированы под любой масштаб бизнеса. Существует также распространенное заблуждение, что PLM-системы – это просто расширенные PDM-решения, хотя на самом деле они предлагают гораздо более широкий функционал, включая управление инновациями, проектирование, производство, послепродажное обслуживание и утилизацию продукции. Недостаточное понимание потенциальной отдачи от инвестиций в PLM-системы часто приводит к тому, что руководство компаний откладывает их внедрение или выбирает более простые, но менее эффективные решения. Отсутствие четкого понимания всех преимуществ PLM-систем также затрудняет обоснование необходимых инвестиций перед руководством и акционерами компании [191].
6. Опасения по поводу управления данными и безопасности в PLM-системах. Вопросы безопасности и управления данными являются критически важными при внедрении PLM-систем, учитывая их роль в управлении конфиденциальной информацией о продуктах и производственных процессах. Современные PLM-системы обрабатывают огромные массивы данных, включая интеллектуальную собственность, технические спецификации, стратегическую информацию. Интеграция различных систем создает дополнительные риски безопасности, требуя надежных механизмов защиты при передаче данных между компонентами. Особую серьезность вызывает необходимость предоставления доступа к системе внешним партнерам и поставщикам при сохранении контроля над конфиденциальной информацией [191].
7. Сложности в соответствии с отраслевыми регулятивными требованиями и стандартами. Каждая индустрия имеет свои специфические стандарты и нормативы, которым должны соответствовать PLM-системы. Например, в автомобилестроении необходимо соответствие стандартам безопасности и экологическим нормам, в аэрокосмической отрасли – строгим авиационным стандартам и др. PLM-системы должны обеспечивать полную прослеживаемость всех изменений в документации и процессах, что необходимо для прохождения аудитов и получения сертификации. Постоянное обновление нормативных требований требует регулярной адаптации PLM-систем, что создает дополнительные сложности и затраты. Особенно сложной задачей является обеспечение соответствия различным национальным и международным стандартам при работе глобальных компаний. Необходимость документирования всех процессов и решений в соответствии с регулятивными требованиями может существенно замедлять работу системы [191].
8. Масштабируемость и производительность PLM-систем становится все более критичным фактором в условиях растущих объемов данных и усложнения производственных процессов. Современные PLM-системы должны обрабатывать не только традиционные данные о продуктах и процессах, но и информацию от IoT-

устройств, данные дополненной и виртуальной реальности, результаты моделирования и применения технологий цифровых двойников. При этом система должна обеспечивать быстрый доступ к информации для тысяч пользователей, распределенных по разным географическим локациям. Крупные организации особенно обеспокоены способностью PLM-систем эффективно масштабироваться при увеличении количества пользователей, продуктов и объемов данных. Необходимость интеграции с множеством других корпоративных систем создает дополнительную нагрузку на производительность. Внедрение новых технологий, таких как машинное обучение и искусственный интеллект, требует еще больших вычислительных мощностей. При этом даже кратковременные задержки в работе PLM-системы могут приводить к существенным финансовым потерям в производственных процессах [191].

В заключение, эффективное внедрение и поддержка систем управления жизненным циклом изделия требуют комплексного подхода. Отечественным компаниям следует с особым вниманием подходить к оценке и управлению возможными рисками для минимизации возникновения проблем и обеспечения результативного функционирования PLM-систем.

7.2. Необходимые действия для преодоления барьеров и решения проблем

Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» совместно с Передовой инженерной школой «Цифровой инжиниринг», АНО «ЦКИТ» и при поддержке Минпромторга России провел масштабное исследование, направленное на выявление ключевых препятствий в развитии отечественного ПО для цифрового проектирования и моделирования [130]. Исследование проходило в два этапа с октября по ноябрь 2023 года. Через систему ГИСП были приглашены 10 000 российских промышленных предприятий, из которых 220 приняли участие в опросе, а 108 предоставили полностью заполненные анкеты, что обеспечило репрезентативность исследования. Одним из ключевых вопросов исследования стало определение конкретных мер по преодолению существующих барьеров в сфере цифрового проектирования и моделирования. Анализ ответов респондентов позволил выявить основные направления необходимых действий.

Респонденты отмечают критическую важность государственного участия в развитии отрасли. Основные предложения включают внедрение механизмов государственного финансирования разработки отечественного ПО, создание системы субсидирования предприятий при внедрении российских решений, формирование целевых государственных заказов и совершенствование нормативно-правовой базы в сфере цифрового проектирования. Особое внимание уделяется необходимости развития кадрового потенциала через интеграцию обучения работе с отечественным ПО в программы высших учебных заведений, создание системы повышения квалификации действующих специалистов, разработку специализированных обучающих программ и меры по повышению престижа инженерных профессий. В области совершенствования программного обеспечения респонденты выделяют следующие приоритеты: адаптация существующих решений под потребности конкретных предприятий, повышение качества и расширение функциональности ПО, обеспечение интеграции между различными системами и разработка удобных пользовательских интерфейсов.

Респонденты указывают на необходимость оптимизации ценовой политики, создания льготных условий для первичного внедрения. Отмечается важность развития технической инфраструктуры,

включая обеспечение необходимой вычислительной техникой, создание современной IT-инфраструктуры и развитие высокопроизводительных вычислительных мощностей. Реализация предложенных мер позволит существенно ускорить развитие отечественного программного обеспечения в сфере цифрового проектирования и моделирования и обеспечить технологическую независимость российской промышленности. Информация о действиях, необходимых для преодоления барьеров и решения проблем, была дополнена на основе открытых источников информации. Полученный перечень представлен в Таблице 15, после каждое решение описано подробно.

Таблица 15. Перечень барьеров развития систем на российском рынке и предлагаемые решения для их преодоления

№	Барьеры и риски развития систем	Предлагаемые решения для преодоления барьеров
1	Высокие начальные затраты	Удешевление стоимости внедрения PLM-решений, чтобы сделать их более доступными не только для корпораций, но также для среднего и малого бизнеса [189]
2	Недостаточная защита данных от несанкционированного вторжения третьих лиц	Внедрение многоуровневой системы защиты, включающей шифрование данных, строгую аутентификацию пользователей и регулярный аудит безопасности [189]
3	Несовместимость данных при использовании устаревших систем и стандартных отраслевых форматов	Создание единых стандартов обмена данными между различными системами и обеспечение поддержки различных форматов файлов [189]
4	Ориентация PLM-систем на связку с автоматизированными системами проектирования	Использование low-code технологий для создания PLM-систем, которые могут интегрироваться с различными системами и инструментами [190]
5	Недостаточная осведомленность о возможностях и преимуществах PLM-систем	Внедрение подхода PaaS [191]
6	Опасения по поводу управления данными и безопасности в PLM-системах	Реализация прочных мер управления данными и безопасности, таких как контроль доступа, шифрование и регулярные резервные копии [191]
7	Сложности в соответствии с отраслевыми регулятивными требованиями и стандартами	Внедрение гибких архитектур, облачных технологий и IoT, что позволит быстрее адаптироваться к меняющимся стандартам и регулятивным нормам [191]
8	Опасения по поводу масштабируемости и производительности PLM-систем	Внедрение подхода PaaS [191]

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ по данным открытых источников, 2024

1. Высокие начальные затраты: для решения проблемы компании могут использовать поэтапное внедрение PLM-систем, начиная с наиболее критичных процессов. Эффективным решением является использование SaaS-моделей, которые позволяют оплачивать услуги по подписке, что существенно снижает первоначальные

вложения. Это позволяет распределить затраты во времени и снизить финансовую нагрузку. Для малого и среднего бизнеса рекомендуется начинать с точечного внедрения отдельных модулей, постепенно расширяя функционал системы. Также эффективным решением является использование отечественных разработок, которые часто предлагают более гибкие условия оплаты и внедрения. Компании могут рассмотреть возможность государственной поддержки и участия в программах цифровизации производства, что поможет частично компенсировать затраты на внедрение PLM-систем [189].

2. Для решения проблемы безопасности данных современные PLM-системы должны интегрировать технологию блокчейн, которая обеспечивает надежную защиту информации при одновременном доступе множества пользователей. Важным аспектом является развитие локального развертывания PLM-систем, которое обеспечивает более высокий уровень безопасности по сравнению с облачными решениями. Предприятиям рекомендуется внедрять многоуровневые системы защиты, включающие шифрование данных, строгую аутентификацию пользователей и регулярный аудит безопасности. Важно также развивать параллельно как облачные технологии, так и системы их защиты от злоумышленников. Создание резервных копий данных и использование распределенных систем хранения информации позволит минимизировать риски потери данных при кибератаках. Необходимо также регулярно проводить обучение персонала по вопросам информационной безопасности и разработать четкие протоколы действий при возникновении угроз безопасности [189].
3. Для решения проблемы несовместимости данных необходима прежде всего цифровизация всей имеющейся информации, включая перевод бумажных архивов в цифровой формат. Необходимо создать единые стандарты обмена данными между различными системами и обеспечить поддержку различных форматов файлов. Внедрение цифровых потоков и единых коммуникационных структур позволит обеспечить совместимость данных в режиме реального времени. Также важно разработать универсальные конверторы данных, способные преобразовывать информацию из устаревших форматов в современные. Важным аспектом является также создание единой системы классификации и кодирования информации, что упростит интеграцию данных из различных источников [189].
4. Проблема ориентации PLM-систем на связку с автоматизированными системами проектирования может быть решена несколькими способами. Во-первых, разработчики PLM-систем могут расширить функциональность своих продуктов, добавив инструменты для управления другими аспектами жизненного цикла продукта, такими как маркетинг, продажи и послепродажное обслуживание. Во-вторых, компании могут использовать модульный подход, интегрируя специализированные решения для различных этапов жизненного цикла продукта с основной PLM-системой. В-третьих, применение low-code платформ позволяет создавать гибкие PLM-решения, адаптированные под конкретные потребности организации и не ограниченные только задачами проектирования. Наконец, развитие облачных технологий и API-интерфейсов облегчает интеграцию PLM-систем с другими корпоративными приложениями, что способствует созданию более комплексных решений для управления всем жизненным циклом продукта [190].

5. Недостаточное понимание и осведомленность о системах PLM: согласно данным исследования Cognizant [192], современные PLM системы становятся более доступными для понимания благодаря внедрению подхода PDaaS (использование данных продукта как услугу). Эта концепция позволяет переносить данные о продукте из традиционной PLM в новую систему баз данных, которая функционирует как «PLM с большими данными». Такой подход обеспечивает доступ к информации в режиме реального времени для всех заинтересованных сторон, что значительно упрощает понимание процессов. По данным Quadrant Knowledge Solutions [193], внедрение технологий VR/AR в PLM системы существенно повышает наглядность и интуитивность работы с системой [191].
6. Опасения по поводу управления данными и безопасности в PLM-системах: в соответствии с отчетом Cognizant [192], одним из ключевых решений проблем безопасности является внедрение архитектуры микросервисов, где функции безопасности выделены в отдельные модули. Это позволяет независимо управлять различными аспектами безопасности и быстро реагировать на потенциальные угрозы [191].
7. Сложности в соответствии с отраслевыми регулятивными требованиями и стандартами при использовании PLM-систем: по данным исследования рынка PLM-систем от Quadrant Knowledge Solutions, различные отрасли имеют разные требования к соответствию стандартам. Решением является использование гибкой архитектуры микросервисов, позволяющей адаптировать систему под конкретные отраслевые требования [191].
8. Опасения по поводу масштабируемости и производительности PLM-систем при их использовании крупными организациями или при обработке растущих объемов данных. Концепция PDaaS, описанная в отчете Cognizant [192], предлагает эффективное решение этой проблемы. При стандартной работе PLM-системы к продукту присвоено в среднем 120 атрибутов, что создает значительную нагрузку. PDaaS позволяет управлять большими объемами данных без потери производительности [191].

В заключение, внедрение системы управления жизненным циклом изделия – это комплексный процесс, который требует тщательного планирования: анализ деятельности предприятия, обучение сотрудников, реализация прочных мер управления данными и другое. Также важно учитывать особенности систем, планируемых к внедрению, и подрядчика, который будет сопровождать процесс внедрения для того, чтобы получить качественный результат в требуемые сроки.

ГЛАВА 8. АНАЛИЗ В СООТВЕТСТВИИ С НАПРАВЛЕНИЯМИ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ 2024

Настоящий раздел сфокусирован на прикладных направлениях аналитических исследований, необходимых для достижения технологией интеграции PLM-систем и SPDM-систем уровня готовности технологии (УГТ) 6. В рамках раздела проведено аналитическое исследование актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами и создания непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта:

- Роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта.
- Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами для непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта, в т.ч.:
 - Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами.
 - Анализ технологий и подходов к интеграции PLM- и SPDM-систем; методы организации бесшовной работы конструкторов и инженеров-расчетчиков в рамках процесса проектирования изделий.
- Разработка предложений для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований.

8.1. Роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта

В позиции NAFEMS выбор стратегии управления данными моделирования на основе SPDM-систем следует тщательно взвешивать, учитывая требования к настройке, конфигурации и интеграции с другими системами, учитывая при этом не только первоначальные затраты, но и обеспечение необходимых навыков для поддержания и дальнейшего развития системы [194].

Стратегия управления данными моделирования не должна разрабатываться и внедряться без учёта её роли в общей стратегии управления жизненным циклом продукта (PLM). SPDM-система должна интегрироваться не только с приложениями для моделирования, но и с элементами экосистемы PLM, например:

- Данными САПР и другими проектными данными.
- Свойствами материалов.
- Данными испытаний.
- Требованиями к характеристикам продукта.
- Конфигурациями продукта и структурой изделия (BOM).
- Рабочими процессами управления изменениями.

SPDM-система должна повышать производительность конечных пользователей, а также обеспечивать более широкие преимущества, такие как повышение качества информации для принятия решений.

Возможности SPDM-систем, реализованные в составе инструментов для создания данных (пре- и постобработка CAE, пакеты расчетного программного обеспечения), могут снизить барьеры для внедрения и обеспечить подход «снизу вверх» к реализации SPDM.

Бизнес-обоснование для внедрения SPDM-систем может быть построено на основе повышения эффективности моделирования, особенно в тех случаях, когда процессы моделирования повторяются и применяются к схожим продуктам (классам продуктов), например, в автомобильной промышленности [194].

Обеспечение бесшовной работы специалистов и глубокой интеграции систем инженерного программного обеспечения является общемировым технологическим трендом. При этом большая часть вендоров – мировых лидеров имеет собственную стратегию развития концепции «цифровых двойников». Так в понимании Siemens Digital Industries Software, цифровой двойник продукта объединяет данные, получаемые на протяжении всего жизненного цикла изделия, в т.ч. компьютерные модели и результаты моделирования, а также другую информацию о физическом объекте, полученную в ходе: (1) проектирования, (2) ввода в эксплуатацию, (3) собственно эксплуатации и обслуживания [195].

Позиция Dassault Systems относительно цифровых двойников выстраивается на базе определения, предлагаемого международной консалтинговой организацией Gartner [196], в рамках которого под «цифровым двойником» понимается виртуальное представление реального объекта или системы (ПО, модель или комплекс моделей), отражающее уникальный физический объект, процесс, организацию, человека и т.д. При этом собственные решения, позволяющие моделировать и визуализировать не только отдельные объекты, но сложную среду, Dassault Systems определяет как «виртуальный двойник» [197; 198]. В основе «виртуального двойника» лежит 3D-модель, отображающая форму, размеры и свойства продукта или системы, которая дополняется виртуальным представлением физических и/или технологических процессов, позволяющим изучать поведение продукта при сборке, эксплуатации или воздействии различных факторов.

Представление PTC о цифровых двойниках также выстраивается на базе определения Gartner [196]. При этом отмечается, что цифровой двойник не ограничивается только «модельными» и «прогноznыми» данными, но охватывает весь жизненный цикл продукта, находя применение в проектировании, производстве и обслуживании. В данном контексте информационные модели наполняются данными PLM/PDM/CAD/CAM/CAE, дополненными операционными/экспериментальными данными (за счёт телеметрии и индустриального интернета вещей) [199; 200].

Данное представление о цифровом двойнике разделяется компанией Aras. При этом платформа PLM Aras Innovator позиционируется как единая среда, в рамках которой цифровой двойник связывается со всеми цифровыми потоками информации, включая инженерные детали, заказы на работы, данные о качестве, информацию об обслуживании, планы производственных процессов, техническую документацию и др [201–205].

Аналогичным образом позиционируется PLM-платформа SAP – как инструмент, объединяющий данные инженерных моделей и бизнес-данные для создания цифровых двойников, позволяющих синхронизировать информацию о продукте по всему жизненному циклу [201–205].

В России общие положения относительно цифровых двойников закреплены в государственном стандарте ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ

ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения» [206], разработанным специалистами экосистемы технологического развития Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (Центра НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии») совместно со специалистами ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ»). Согласно ГОСТ Р 57700.37–2021, цифровой двойник изделия – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями. При этом под цифровой моделью понимается система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла [206].

Предприятия – разработчики инженерного программного обеспечения, лидирующие на российском рынке, придерживаясь общей концепции «цифровых двойников» выделяют собственные области фокусировки.

Так разработчики платформы 1С:Предприятие при определении категории «цифровой двойник» акцентируют внимание на моделировании различных аспектов функционирования физических аналогов в зависимости от различных условий, для анализа, прогнозирования и корректировки поведения, а также для обеспечения сквозных процессов для всех этапов жизненного цикла цифровой копии – от идеи до вывода из эксплуатации. При этом ряд решений 1С позиционируется как инструменты создания цифровых двойников:

- 1С:PDM («1С:PDM Управление инженерными данными 4 (PLM)»): поддержка задач по управлению информацией об изделии на протяжении его жизненного цикла (PLM), начиная от создания концепции изделия и НИОКР, и заканчивая выводом изделия из эксплуатации.
- Программный комплекс «1С:BIM 6D»: интегрированный программный комплекс для цифровизации предприятий строительной отрасли в соответствии с технологией информационного моделирования (ТИМ).
- Комплекс решений на базе «1С:ERP Управление предприятием» для: С/Х производства, пищевого производства, общественного питания и розницы, поддержка сквозных процессов выращивания, переработки и продажи пищевой продукции [207].

ЗАО «Топ Системы» – разработчик платформы T-FLEX PLM – в качестве ключевого элемента для создания цифрового двойника выделяет единую среду конструкторского и технологического документооборота, проектирования и подготовки производства [208].

Консорциум «РазВИТие», объединяющий таких разработчиков инженерного ПО, как АО «Аскон», ООО НТЦ «АПМ», ООО «Эремекс», группа компаний ADEM, ООО «Тесис» и ЗАО «СИГМА Технологии», в рамках концепции «цифрового двойника» также акцентирует внимание на значимости интеграции отдельных инженерных решений [209].

В общем виде в случае с системами PLM и SPDM такая интеграция может рассматриваться как внедрение и развитие подходов модели-ориентированного системного инжиниринга (MBSE, model-based system engineering) параллельно с развитием базовых концепций подхода по управлению жизненным циклом изделия.

Эксперты компании Aras выделяют важное направление для развития SPDM-систем – интеграции с PDM/PLM-системами. Консалтинговая компания CIMData выдвинула идею, согласно которой PLM-системы следующего (второго) поколения сумеют преодолеть проблемы интеграции SPDM-функционал [212].

Возможности систем PLM первого поколения – с точки зрения аналитиков CIMData к первому поколению относится большинство решений на рынке – достаточно ограничены. Обычно в их функциональные возможности входит управление документацией, спецификациями, деталями, вопросы управления качеством и взаимодействия с поставщиками. При этом возможна интеграция только с ограниченным числом систем автоматизированного проектирования. Такие возможности, как управление требованиями, поддержка модели-ориентированного системного инжиниринга (MBSE), MES/MOM систем в решениях первого поколения либо реализуется на базовом уровне, либо отсутствует, а конфигурирование систем возможно только на уровне установки параметров, без изменения базовых свойств.

Обычно PLM-системы первого поколения функционируют в мультиарендном режиме (multi-tenant) на базе гипермасштабируемого дата-центра, что позволяет обеспечивать высокую производительность и безопасность, но лишает пользователей возможностей влиять на время установки обновлений.

Менее распространённый формат для PLM-систем первого поколения – работа в одноарендном режиме в формате «инфраструктура как услуга». Такой формат хостинга не обладает многими преимуществами облачных решений – таких как масштабируемость и автоматическое обновление – но позволяет осуществлять гибкие форматы работы с базовым функционалом и пользовательским интерфейсом.

С точки зрения CIMData, PLM-системы второго поколения должны обладать более широкими функциональными возможностями, высокой конфигурируемостью с использованием low-code решений и архитектурой, способной максимально использовать гипермасштабирование. Это должно позволить PLM-системам работать не только с большим объемом данных, но успешно преодолевать пиковые нагрузки не снижая производительность. Предполагается, что PLM-системы второго поколения будут одноарендными, что позволит гибко выстраивать график обновлений и лучше работать с конфигурациями настроек пользователей.

Ключевым фактором, отличающим PLM-системы второго поколения от первого, является более широкий функционал. Помимо стандартных возможностей систем первого поколения, системы второго поколения также должны обеспечивать:

- Интеграцию систем автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры, печатных плат и электронной компонентной базы (Electronic Computer-Aided Design, ECAD) и MCAD.
- Полноценную работу с требованиями.
- Управление несколькими спецификациями.

Также ожидается, что в PLM второго поколения могут быть реализованы некоторые дополнительные возможности:

- Интеграция с системами моделирования и анализа.
- Поддержку систем MES/MOM.

- Управление жизненным циклом и работа с данными компьютерного моделирования (SLM и SPDM-системы).

Функциональные возможности решений первого поколения, как правило, ограничены, но достаточны для компаний, создающих продукты на основе стандартного набор деталей, которые поставляются контрактными производителями.

Более широкие функциональные возможности PLM-систем второго поколения будут в первую очередь востребованы компаниями, выпускающими сложные продукты с высокой степенью конструкторской проработки. Также второе поколение PLM-систем станет востребовано в отраслях, работающих в условиях жесткого регулирования, таких как авиастроение и оборонно-промышленный комплекс. Возможности PLM второго поколения позволят компаниям адаптировать свою продукцию к требованиям регуляторов и осуществлять плавную модернизацию производственных мощностей без сбоев в работе (Рисунок 11) [212].

Рисунок 11. Сравнение PLM-систем первого и второго поколения по представлениям CIMData [212]

	Первое поколение PLM	Второе поколение PLM
Аренда	Работа в режиме коллективной аренды (в случае систем, работающих по принципу SaaS)	Преимущественно единичная аренда
Функциональность	Ограниченная	Полная
Конфигурируемость	Ограниченная	Полная
Обновления	По графику разработчика	По графику пользователя

Источник: CIMData, 2024

Нарастающая сложность современной промышленной продукции – практически все продукты становятся системами или даже системами систем – приводит к тому, что производители в технологических отраслях выстраивают более сложные производственные системы, интегрирующие аппаратное и программное обеспечение, что создаёт запрос на внедрение модели-ориентированный системный инжиниринг и методик управления жизненным циклом изделия (PLM) (Рисунок 12) [213].

Рисунок 12. Нарастание системной сложности в продуктах [213]



Источник: Aras [213], 2024

Как указывает Майкл Грейвс [214], развитие концепций MBSE и PLM, несмотря на их значительное пересечение, происходило во многом параллельно. Системный инжиниринг изначально сложился в США под задачи космической программы в 1960-е годы. Концепция управления жизненным циклом изделия сложилась в начале XXI века, но её предшественниками выступили гораздо более «старые» концепции и программные системы – компьютерное проектирование (CAD), управление инженерными данными (Engineering Data Management (EDM)), управление данными о продукте (Product Data Management (PDM)) и компьютерно-интегрированное производство (Computer Integrated Manufacturing (CIM)).

Изначально концепция PLM выстраивалась вокруг отдельного продукта, его создании и вносимым в него изменениям. «Жизненный цикл» в PLM первоначально представлял собой последовательность изолированных продуктов, размещенных в виртуальном пространстве, отражающих изменения, происходящие с изделием на протяжении его жизни. Однако, по мере быстрого развития концепции PLM, акцент начал смещаться на моделирование поведения продукта в его непосредственном окружении, так что на сегодняшний день можно говорить, что PLM включает в себя взаимодействие продукта и среды, в которой он работает.

В настоящее время существуют некоторые различия между системным инжинирингом и концепцией жизненного цикла продукта. Такие различия сводятся к следующему:

- MBSE ориентирован на реализацию продукта, а PLM – на жизненный цикл продукта.
- Системный инжиниринг основан на характеристиках продукта, в то время как управление жизненным циклом продукта основано на жизненном цикле.
- Системный инжиниринг занимается в основном «физическими» продуктами, в то время как PLM работает как с физическими, так и с виртуальными продуктами.
- Системный инжиниринг – гораздо более глубоко проработанная дисциплина, в

отличие от PLM, который, в свою очередь, гораздо шире и охватывает большее количество аспектов.

Системный инжиниринг в основном концентрируется на фазе разработки, которая заключается в определении и создании системы или продукта. В системном инжиниринге фаза разработки продукта разбивается на ряд этапов, таких как: проработка концепта, разработка концепции и технологии, предварительное проектирование и создание прототипов, испытания и окончательное проектирование. Последующие этапы, такие как производство, поддержка и утилизация часто объединяются в общую категорию.

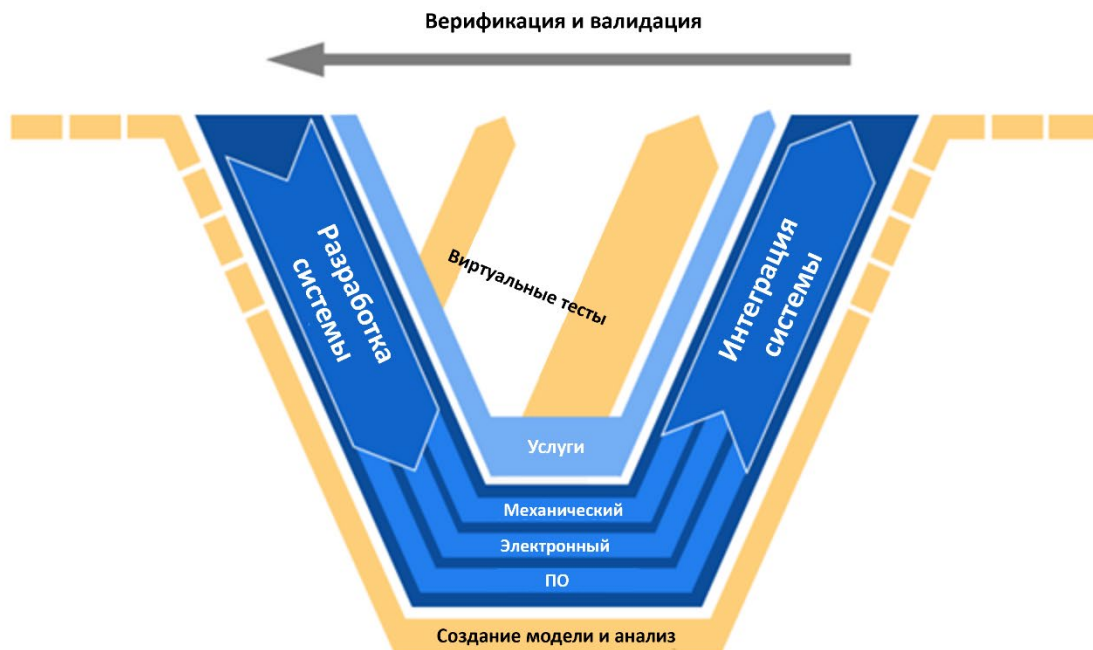
Неявное предположение в рамках системного инжиниринга состоит в том, что работа по системному проектированию практически завершена, как только система спроектирована и отвечает требованиям испытаний. Остальная часть жизненного цикла – это просто реализация, и обычно не рассматривается как ответственность системного инжиниринга.

Как утверждает Майкл Грейвс, управление жизненным циклом продукта более сбалансировано оценивает важность фаз жизненного цикла, отдавая предпочтение фазе использования продукта. Способность проекта системы пройти необходимые испытания не является определением успеха продукта. Успешность продукта определяется его способностью соответствовать ожиданиям пользователя в течение всего времени эксплуатации.

Системный инжиниринг имеет решающее значение для успешного начала жизненного цикла продукта. Однако, в рамках PLM эта фаза должна быть более тесно связана с этапами создания, поддержки и утилизации. Это позволит создать систему, которая будет действительно реализуема и поддерживаема. Системным инженерам требуется обратная связь от экспертов для подтверждения соответствия проекта системы заданным требованиям.

В последние годы PLM-системы эволюционируют в сторону нарастания охвата всех видов деятельности, связанной с разработкой продукта. Как отмечается в недавнем обзоре компании CIMdata: «Несмотря на то, что рынок PLM растет, есть некоторые изменения, которые продолжают трансформировать рынок. За последние несколько лет CIMdata отметила переход к платформам для поддержки корпоративных стратегий и решений. Новая парадигма бизнес-платформ – это парадигма, в которой решения от различных поставщиков могут быть беспрепятственно развернуты с использованием сервис-ориентированной архитектуры (SOA), которая устойчива и может выдерживать быстрые изменения в отдельных бизнес-функциях или формах предоставления услуг» (Рисунок 13) [215].

Рисунок 13. Верификация и валидация в рамках системного подхода [213]



Источник: Aras [213], 2024

По мере распространения концепций и систем PLM и увеличения значения моделирования, практики системного инжиниринга эволюционируют. Постепенно происходит отход от простых блок-схем, созданных в PowerPoint и Visio, в пользу более новых сложных инструментов и практик, позволяющие реализовать методологию модели-ориентированного системного инжиниринга. Такие инструменты как No Magic Cameo и IBM Rhapsody, интегрированные с инструментами моделирования, обеспечивают абстракцию поведения системы, необходимую для проектирования сложных, взаимосвязанных продуктов.

По утверждениям экспертов компании Aras [213], в отрасли постепенно всё большее распространение получает PLM нового типа - реализованный в виде платформы и способный учитывать явления из различных научных сфер и дисциплин, учитывать как физические свойства продуктов, так и все аспекты работы программного обеспечения на всём протяжении жизненного цикла продукта.

Интегрируя MBSE и PLM, организации, занимающиеся разработкой продуктов, смогут преодолеть многие из текущих проблем, связанных с MBSE. Интеграция MBSE с PLM позволяет:

- Донести общий замысел проектирования системы до всех предметных специалистов и получить обратную связь на ранних этапах (путем извлечения результатов MBSE в удобных для просмотра форматах и их распространения среди инженеров, занимающихся конкретными дисциплинами).
- Создать контекстную среду для нескольких подмоделей системы, что позволит выявлять конфликты между требованиями на более ранних этапах.
- Создать полноценную «цифровую нить», связывающую требования через проектирование, производство и сервисные активы (через прослеживаемую связь от модели MBSE до результатов разработки аппаратного и программного обеспечения).

по каждой конкретной дисциплине).

- Обеспечить формальный контроль и учёт версий моделей MBSE после начала детального проектирования.

Тем не менее, распространение MBSE сталкивается со значительными препятствиями. Несмотря на то, что преимущества использования системного инжиниринга в разрезе обеспечения высокого качества и сокращения сроков выполнения работ являются общепризнанными, распространение методов системного инжиниринга является ограниченным. Как обозначает международная ассоциация системного инжиниринга INCOSE, модели-ориентированный системный инжиниринг всё ещё находится на ранней стадии внедрения [216]. Такая ситуация связана с большим числом барьеров - таких как устаревшие практики работы, основанные на документах (а не на моделях) в крупных организациях и сетях их поставщиков и клиентов. Распространению MBSE также мешают высокая стоимость такого технического перехода, отсутствие сильных управленческих структур, поддерживающих и направляющих внедрение, недостаток знаний для интеграции основанного на моделях подхода с текущими бизнес-процессами, а также нехватка доступных обученных ресурсов.

Необходимо отметить также, что развитие модели-ориентированного системного инжиниринга во многом связано с распространением передового компьютерного моделирования и средств работы с ним. Как обозначает «Видение 2035» от ассоциации INCOSE, к 2035 году *«Усовершенствованное моделирование будет играть ключевую роль в представлении сложных системных решений, преобразуя цифровые данные в виртуальные и цифровые дополненные представления, которые можно запрашивать и изменять с помощью человеко-машинного взаимодействия»* [217].

Применяемое в рамках MBSE компьютерное моделирование открывает широкие возможности по гибкому реагированию на потребности потребителя с одновременным обеспечением экономической эффективности такого процесса, позволяет получать достоверное представление о поведении создаваемой сложной системы на раннем этапе её проектирования и заблаговременно проверять требования к создаваемой системе. Компьютерное моделирование также является важным элементом ранних мероприятий по тестированию, верификации и валидации (TVV, англ. TVV). [216]

Как отмечают аналитики CIMdata, за последние несколько десятилетий значение моделирования постоянно возрастало, поскольку оно может быть выполнено быстрее, с большей детализацией и точностью, на более ранних этапах процесса разработки и, как правило, с гораздо меньшими затратами, чем создание многочисленных физических прототипов. Однако теперь процессы и данные компьютерного моделирования должны интегрироваться между различными физическими дисциплинами, а также между областями механики, электротехники, программного обеспечения и управления, а также биологического и химического проектирования и разработки, начиная с концепции и заканчивая управлением жизненным циклом.

Для достижения максимального эффекта для бизнеса системы **компьютерного моделирования должны стать неотъемлемым элементом корпоративных продуктовых инновационных платформ**, обеспечивая оперативный доступ на протяжении всего жизненного цикла продукта, от концепции до эксплуатации, к актуальным требованиям к разработке продукта, данным архитектурного проектирования, технологическим процессам, материалам, испытаниям и другой

соответствующей информации о проверке и валидации продукта, а также к полевым или эксплуатационным данным.

Кроме того, результаты моделирования должны быть доступны широкой аудитории в виде легко находимых, доступных, многократно используемых и потребляемых приложений, работающих на настольных компьютерах инженеров, мобильных устройствах, через веб-браузеры и в облаке.

Как утверждают эксперты CIMdata (Рисунок 14), ключевую роль в использовании MBSE в будущем будут играть продуктовые инновационные платформы, интегрирующие решения компьютерного моделирования с традиционной функциональностью корпоративных PLM, ERP и других корпоративных платформ, поддерживающих междоменную деятельность, такую как управление требованиями, проектирование продуктовой линейки, конфигурирование конструкции, управление изменениями, управление рабочими процессами и т.д.

Рисунок 14. Корпоративная инновационная платформа по представлениям экспертов CIMData [215]



Источник: CIMData [215], 2024

По мнению экспертов CIMdata, индустрия компьютерного моделирования продолжает двигаться в сторону комплексных и взаимодействующих платформенных решений, которые воплощают в себе возможности, выходящие за рамки традиционной области S&A - механических 3D CAD и CAE.

К свойствам таких решений будут относиться:

- Возможность создания и редактирования геометрических моделей (2D и 3D CAD).

- Управление данными моделирования (как 2D/3D, так и 0D/1D).
- Автоматизация процессов и сбор знаний, дополненные результатами работы AI/ML-систем.
- Пользовательские интерфейсы, учитывающие роли пользователей, дополненные системами AI/ML.
- Аналитика и AI/ML-решения в таких системах применяются как к результатам моделирования, так и к эмпирическим данным, полученным в ходе испытаний прототипов, а также к данным, накопленным в процессе эксплуатации изделий.
- Мультидоменность (междисциплинарность).
- Мультифизика (структурная, тепловая, проточная, прочностная, вибрационная, шумовая и т.д.).
- Многомасштабное моделирование (крупномасштабные системы, а также системы нано-, микро- и молекулярного уровней).
- Работа с материалами различных свойств (композиционные материалы, специализированные материалы, основанные на возможностях новых процессов аддитивного производства, и т.д.).
- Оркестровка процессов и робастное проектирование (учёт стохастических процессов, проектирование экспериментов), моделирование систем (0D/1D) и динамическое моделирование для построения связей между механическими, электротехническими, управляющими и программными элементами моделей.
- Цифровые двойники на основе физических данных, использующие технологии S&A не только для проектирования изделий, но и для оптимизации производственного процесса и сервисного обслуживания.
- Моделе-ориентированный системный инжиниринг (MBSE), связывающий средства моделирования систем, такие как SysML/UML, с требованиями к производительности, а также с инструментами моделирования исполняемого поведения (executable behavior modeling tools) [215].

На аналогичные тенденции указывают в своих выступлениях и представители некоторых компаний. В 2018 году издание engineering.com приводило высказывание Петера Шрёера, одного из основателей компании Aras: **«PLM когда-то был полностью посвящен 3D CAD. Сегодня мир изменился, и инвесторы реагируют на то, что стало бизнес-решением. Мы управляем процессами реализации продуктов, продуктами и программным обеспечением, а наши клиенты управляют цепочками поставок, производством и послепродажным обслуживанием с помощью инструментов PLM»** [218].

В ситуации, когда PLM превратились в бизнес-платформу, решения по покупке PLM-системе принимаются уже не техническим директором (вице-президентом по проектированию), а коммерческим директором.

По оценке Шрёера, «в течение 10 или 15 лет на рынке присутствуют продукты SPDM, но они пока не находят широкого применения. Здесь есть две проблемы. **SPDM, стоящий сам по себе, менее полезен, чем SPDM, подключенный к хранилищу PDM и всем производственным процессам. Подключение повышает ценность»**.

Шрёер добавил, что многие клиенты Aras жаловались на проблемы с управлением

моделированием. «Мы прислушались к проблемам, подумали, что можно сделать, особенно на ранних этапах моделирования и моделирования в полевых условиях, и решили, что правильным подходом будет включение управления моделированием в PLM. Но в целом все наши решения исходят от сообщества разработчиков с открытым исходным кодом, на котором базируется Aras PLM» [218].

На сегодняшний день, платформенный принцип построения заявлен во многих ведущих продуктах лидеров рынка – Siemens (платформа Teamcenter), Dassault (платформа 3DEXperience [219]), Aras (платформа Aras Innovator [220]), PTC (платформа Atlas [221]).

8.2. Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами для непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта

8.2.1. Анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами

В рамках настоящего раздела, прежде всего, рассматриваются компании – лидеры мирового рынка PLM-систем, предоставляющие комплексные платформенные решения по управлению жизненным циклом продукта и инженерными данными об изделии, а также ключевые поставщики отечественных решений. В Таблице 16 представлена характеристика PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами.

Таблица 16. Характеристика PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
1	Siemens Digital Industries Software	Teamcenter [222]	Один из модулей платформы Teamcenter – Teamcenter Simulation является полноценной SPDM-системой и предоставляет следующие основные функции по управлению данными инженерных расчетов [223]: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты. • Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки. • Управление запуском инженерных расчётов – локальный запуск, удаленный запуск (включая запуск на высокопроизводительных системах), управление очередями запущенных задач. • Поддержка хранения данных больших объемов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок. • Встроенная визуализация данных инженерных

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			расчётов (конечно-элементные модели, граничные условия и другие). - Анализ несоответствия расчётных моделей и исходных моделей для проведения расчета (изменение исходных данных – геометрии, свойств материала и других). Компания Siemens предлагает комплексную стратегию цифрового двойника, охватывающую весь жизненный цикл продукта и реализуемую на базе платформы Teamcenter. Основные возможности включают: - Цифровой двойник продукта, в т.ч.: - Интеграция данных проектирования, возможность моделирования и проверки моделей изделий. - Моделирование функционирования продукта в условиях эксплуатации. - Обеспечение обратной связи для совершенствования процесса дальнейшего проектирования. - Цифровой двойник производственного процесса, в т.ч. моделирование организации производства, процессов производства и их автоматизации; - Цифровой двойник процесса эксплуатации изделия, в т.ч. - Онлайн-моделирование работы изделия в режиме реального времени с учётом данных, поступающих от датчиков. - Прогнозирование потенциальных проблем для оптимизации технического обслуживания. - Выработка рекомендаций по оптимизации новых моделей изделий рассматриваемого типа [224; 225].
2	Dassault Systemes	ENOVIA [226]	PLM-система ENOVIA является частью платформы 3DEXPERIENCE [227]. Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. При этом PLM-система поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: - Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты; - Встроенная визуализация данных инженерных расчётов (конечно-элементные модели,

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			граничные условия и другие). Возможности Dassault Systemes в части создания цифровых двойников (или «виртуальных двойников») базируются на платформе 3DEXPERIENCE, не ограничиваясь непосредственным функционалом системы PLM [198].
3	PTC	Windchill [228] Arena [229]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. В то же время PLM-система поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты. При этом PLM-решения компании позиционируются как основа для создания цифровых двойников продукта [200].
4	Aras	Innovator [230]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. При этом PLM-система поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты. • Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки. • Управление запуском инженерных расчётов – локальный запуск, удаленный запуск (включая запуск на высокопроизводительных системах), управление очередями запущенных задач. • Поддержка хранения данных больших объёмов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок. • Встроенная визуализация данных инженерных расчётов (конечно-элементные модели, граничные условия и другие). Функциональные возможности по созданию цифровых двойников выделяются компанией в отдельный продукт Digital Twin Core [231] в рамках общей платформы Aras Innovator. В Aras Innovator цифровой двойник связан со всеми цифровыми потоками информации в системе PLM, включая инженерные детали, заказы на

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			работы, данные о качестве, информацию об обслуживании, планы производственных процессов, техническую документацию и др. [201–205].
5	SAP	SAP PLM [232; 233]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов SAP отсутствует. При этом платформа PLM компании поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты; • Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки; • Поддержка хранения данных больших объёмов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок. PLM-платформа SAP позиционируется как инструмент, объединяющий данные инженерных моделей и бизнес-данные для создания цифровых двойников, позволяющих синхронизировать информацию о продукте по всему жизненному циклу [232; 233]
6	АО «Аскон»	Лоцман:PLM [234]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. При этом планируется разработка системы управления расчётными данными совместно с компанией DATADVANCE за счёт интеграции системы управления инженерными данными и жизненным циклом изделия Лоцман:PLM и облачной low-code платформы pSeven Enterprise для автоматизации инженерных расчётов в масштабах предприятия [235]. В то же время, система Лоцман:PLM поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты; • Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки; • Управление запуском инженерных расчётов – локальный запуск, удаленный запуск (включая

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			запуск на высокопроизводительных системах), управление очередями запущенных задач; • Поддержка хранения данных больших объёмов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок; • Встроенная визуализация данных инженерных расчётов (конечно-элементные модели, граничные условия и другие) Взаимодействуя с другими системами, Лоцман:PLM охватывает весь спектр управления инженерными данными от управления требованиями и проектирования изделия до технологической подготовки и передачи в производство. Основой электронного описания изделия является его электронная структура. В Лоцман:PLM электронная структура изделия представляет собой иерархически связанную совокупность информационных объектов различных типов, в зависимости от типа этой структуры. Формирование электронной структуры изделия возможно как путем создания информационных объектов пользователем в интерфейсе Лоцман:PLM, так и путем автоматического создания на основе информации из CAD-систем. Механизмы управления конфигурациями в ЛОЦМАН:PLM позволяют создавать многовариантные структуры изделия, исключая при этом необходимость описания каждого варианта в полном объеме, вместо этого описывая только отличия (опции, замены, варианты). [234] Основой для создания цифрового двойника продукта в видении компании является интеграция инженерного программного обеспечения АО «Аскон» с цифровыми инструментами партнёров (в частности, САПР КОМПАС-3D и Лоцман:PLM от АО «Аскон», CAE-пакет для междисциплинарного моделирования устройств и физических процессов FlowVision от ООО «Тесис», программный комплекс APM WinMachine от компании АПМ и др.) [69; 236]
7	ЗАО «Топ Системы»	T-FLEX PLM [69]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. При этом комплекс T-FLEX PLM интегрирует набор программ T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/CRM/PM/MDM/RM..., что позволяет организовать работу на всех этапах жизненного цикла изделия. T-FLEX PLM позиционируется как инструмент, позволяющий работать в рамках

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			концепции цифрового двойника за счёт обеспечения единой среды конструкторского и технологического документооборота, проектирования и подготовки производства [208].
8	ООО «КТ-Сермент»	1С:PDM [237; 238]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. При этом решения 1С позиционируются как инструменты для создания цифровых двойников средств и объектов производства, а также процессов управления. В решениях 1С цифровыми двойниками может выступать оборудование, промышленные изделия, объекты недвижимости, сельскохозяйственная продукция до этапа её переработки в пищевую и т.п. В частности, 1С:PDM обеспечивает поддержку задач по управлению информацией об изделии на протяжении его жизненного цикла (PLM), начиная от создания концепции изделия и НИОКР, и заканчивая выводом изделия из эксплуатации [207].
9	ФГУП «РЯЦ-ВНИИЭФ»	СПЖЦ.ЦП [59]	Платформа СПЖЦ.ЦП (система полного жизненного цикла для предприятий ОПК) реализует сквозные технологии создания изделий, управление жизненным циклом, управление предприятием и производством на базе комплексов информационных систем, функционирующих в защищённой цифровой среде в экосистеме заказчик-интегратор-разработчик. Система поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты; • Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки; • Управление запуском инженерных расчётов – локальный запуск, удаленный запуск (включая запуск на высокопроизводительных системах), управление очередями запущенных задач; • Встроенная визуализация данных инженерных расчётов (конечно-элементные модели, граничные условия и другие); • Анализ несоответствия расчётных моделей и

№	Наименование компании - разработчика	Наименование PLM-системы	Характеристика PLM-системы в части возможностей создания ЦД продукта (при интеграции с SPDM-системами)
			исходных моделей для проведения расчета (изменение исходных данных – геометрии, свойств материала и других) При этом модуль PLM / «Сквозная 3D-технология» в рамках СПЖЦ.ЦП, объединяющий решения CAD/CAE/ILS/CAPP/PDM/IETM/CAM/БД НМО, позиционируется как «новая технология создания, эксплуатации и управления изделиями на основе единой цифровой модели (цифровой двойник)» [59].
10	ООО «АППИУС-СОФТ»	Arpius-PLM [239]	Непосредственно SPDM-система в числе продуктов компании отсутствует. PLM-система поддерживает следующие ключевые функции, относящиеся к управлению данными инженерных расчётов: • Поддержка хранения данных больших объемов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок Arpius-PLM позиционируется как интегрированный информационный комплекс управления жизненным циклом изделия и нормативной базой учетной системы, предусмотрена интеграция с системами на платформе 1С:Предприятие [239; 240]. Возможности создания ЦД продукта в открытых источниках со стороны самой компании АППИУС-СОФТ не упоминаются.

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» по данным из открытых источников, 2024

Среди ключевых функций, относящихся к управлению данными инженерных расчётов, в рамках PLM-систем, предлагаемых компаниями – лидерами мирового рынка, а также ключевые поставщики отечественных решений, можно отметить следующие:

- Управление данными инженерного анализа – расчётные модели, результаты расчетов, отчеты.
- Наличие гибкого, настраиваемого механизма интеграции с внешними расчётными системами, включая программы собственной разработки.
- Управление запуском инженерных расчётов – локальный запуск, удаленный запуск (включая запуск на высокопроизводительных системах), управление очередями запущенных задач.
- Поддержка хранения данных больших объёмов – выборочное хранение, поддержка внешних ссылок.
- Встроенная визуализация данных инженерных расчётов (конечно-элементные модели, граничные условия и другие).
- Анализ несоответствия расчётных моделей и исходных моделей для проведения

расчета (изменение исходных данных – геометрии, свойств материала и других).

Компании-поставщики PLM-систем уделяют значительное внимание вопросам совместимости предлагаемого инженерного программного обеспечения для формирования непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта. В то же время, внимание вендоров фокусируется не столько на вопросах интеграции PLM-систем с SPDM-системами, сколько на выстраивании единого цифрового пространства – платформы CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM/ERP. При этом управление данными инженерных расчётов является одним из ключевых функциональных блоков современных PLM-систем (PLM-систем «второго поколения», если придерживаться терминологии международной консалтинговой организации CIMdata, специализирующейся в области PLM и цифровой трансформации [212]), и большая часть PLM-систем крупных вендоров поддерживает основные функции SPDM-систем.

Среди отечественных разработчиков необходимо отметить программное обеспечение компании АСКОН. Универсальные механизмы интеграции ЛОЦМАН:PLM позволяют взаимодействовать системе как с решениями АСКОН в рамках единого программного комплекса, так и с продуктами других разработчиков (Рисунок 15).

Рисунок 15. Интеграция решений в системе АСКОН [234]



Источник: АСКОН [234], 2024

Наиболее тесная интеграция реализована для систем КОМПАС-3D, ВЕРТИКАЛЬ, ПОЛИНОМ:MDM и других решений АСКОН. В этих связках механизмы обмена информацией реализованы с учетом требований отечественных стандартов (ЕСКД, ЕСТД).

Например, в интеграционных связках между ЛОЦМАН:PLM и КОМПАС-3D для таких документов, как конструкторская спецификация, сборочный чертеж, электронная модель сборочной единицы учитываются требования ЕСКД по расстановке позиций, оформлению зон на чертежах, записи данных в различные разделы спецификации, записи допустимых замен и материалов заменителей. Эти требования учтены таким образом, чтобы работа пользователя была автоматизирована и не возникало необходимости повторно вводить данные в различные документы [234].

Важно отметить также, что если для лидеров мирового рынка ключевым инструментом расширения функционала становится поглощения команд, разрабатывающих нишевые и специализированные программные продукты, то для российского рынка более характерна модель партнёрств, в рамках которой предприятия – разработчики инженерного программного обеспечения формируют технологические консорциумы, предусматривающие координацию ресурсов и планов при сохранении независимости.

8.2.2. Анализ технологий и подходов к интеграции PLM- и SPDM-систем. Методы организации бесшовной работы конструкторов и инженеров-расчетчиков в рамках процесса проектирования изделий

Интеграция SPDM-системы с PLM-системой имеет решающее значение для организаций, стремящихся усовершенствовать процессы разработки изделий. Такая интеграция позволяет эффективно управлять данными моделирования наряду с информацией об изделии, способствуя сотрудничеству и инновациям в различных командах. В данном разделе описаны ключевые технологии и подходы, способствующие такой интеграции.

Ключевые технологии и подходы для интеграции SPDM и PLM:

1. Открытые экосистемы. Одним из наиболее значительных достижений в интеграции SPDM в PLM является внедрение открытых экосистем. Открытое решение SPDM обеспечивает взаимодействие с различными инструментами моделирования и существующими PLM-системами. Такая гибкость очень важна, поскольку организации часто используют несколько инструментов моделирования от разных производителей. Преимущества открытых экосистем:
 - 1.1. Интероперабельность. Открытые SPDM-решения могут управлять данными, генерируемыми любым инструментом моделирования, что позволяет организациям поддерживать существующие рабочие процессы, не замыкаясь на экосистеме одного поставщика.
 - 1.2. Улучшенное взаимодействие. Благодаря интеграции различных инструментов команды могут сотрудничать более эффективно, обмениваясь данными моделирования и информацией между подразделениями.

Выбор открытой экосистемы облегчает создание всеобъемлющей цифровой нити, что крайне важно для поддержания отслеживаемости и обеспечения доступа всех заинтересованных сторон к необходимой информации.
2. Цифровая нить. Цифровая нить – это коммуникационная структура, которая объединяет традиционно разрозненные элементы в процессах производства продукции, обеспечивая единое представление об активе на протяжении всего его жизненного цикла. Роль «цифрового потока» в интеграции:
 - 2.1. «Бесшовный» поток данных (seamless data flow). Цифровая нить позволяет легко передавать данные между системами SPDM и PLM, связывая данные моделирования с информацией об изделии.
 - 2.2. Прослеживаемость. Поддерживая взаимосвязи по цифровым нитям, организации могут гарантировать, что все результаты моделирования

прослеживаются до соответствующих исходных данных и требований к проекту.

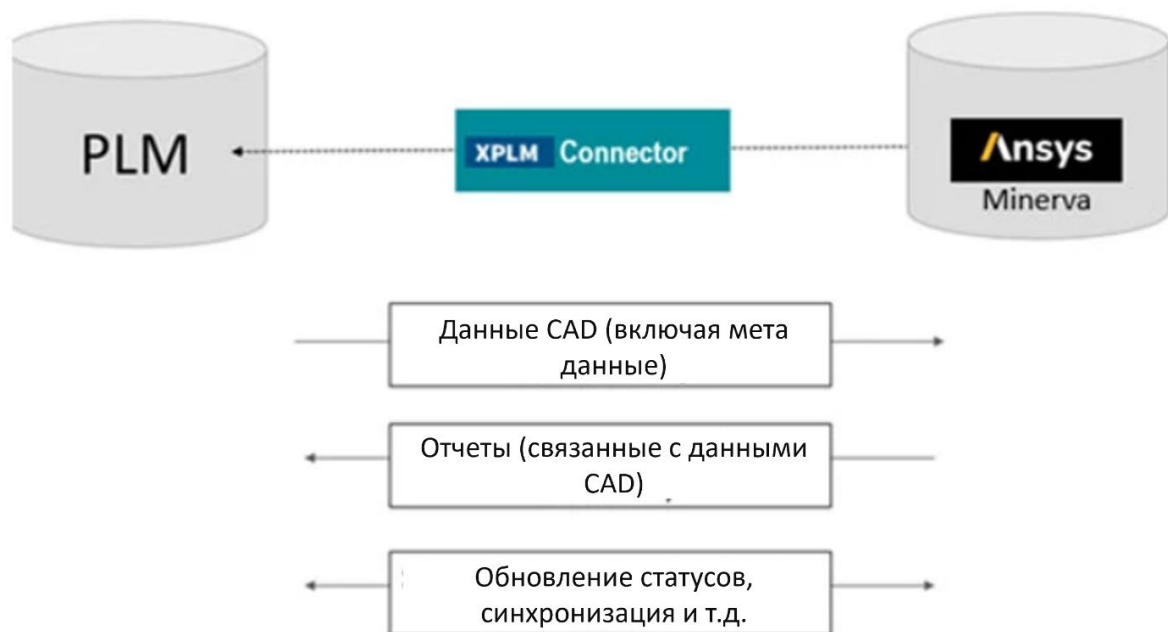
Внедрение цифровых нитей повышает прозрачность процесса разработки продукта, позволяя командам принимать обоснованные решения на основе данных в режиме реального времени.

3. Надежные стратегии управления данными. Эффективное управление данными имеет решающее значение для успешной интеграции SPDM в PLM. Организации должны разработать стратегии, обеспечивающие точный сбор, хранение и доступ к данным моделирования. Ключевые методы управления данными:
 - Централизованный репозиторий. Создание единого источника для данных моделирования в PLM-системе помогает предотвратить разделение данных и обеспечивает согласованность в рамках всей организации.
 - Структуры метаданных. Разным командам могут потребоваться особые структуры метаданных для поддержки своих потребностей. Внедрение гибких структур метаданных позволяет управлять ими с учетом индивидуальных требований различных заинтересованных сторон.
 - Автоматизация. Автоматизация передачи результатов моделирования соответствующим заинтересованным сторонам позволяет сократить количество ошибок, допускаемых вручную, и ускорить процесс проектирования. Ведущие PLM-системы способствуют такой автоматизации, легко интегрируясь с инструментами моделирования и управляя зависимостями входных данных (например, модуль Teamcenter Simulation [241]).
 - Стандартизированные форматы данных. Использование стандартизированных форматов обеспечивает совместимость и простоту обмена данными.
4. Интеграционное промежуточное программное обеспечение. Интеграционное промежуточное программное обеспечение (Middleware) играет важную роль в соединении систем SPDM и PLM. Оно служит мостом, позволяющим различным программным приложениям эффективно взаимодействовать и обмениваться данными. Преимущества интеграционного промежуточного программного обеспечения:
 - Адаптивность. Решения Middleware могут адаптироваться к изменениям в технологиях, версиях и организационных структурах, обеспечивая надежную интеграцию с течением времени.
 - Упрощенные потоки данных. Управляя сложностью данных, промежуточное программное обеспечение может упростить информационные потоки, пересекая дисциплинарные границы, улучшая сотрудничество и сокращая узкие места в процессе разработки продукта.
5. Удобные интерфейсы. Инструменты, которые предоставляют инженерам интуитивно понятные интерфейсы для загрузки и управления данными моделирования, упрощают рабочий процесс, облегчая взаимодействие пользователей с интегрированными системами без необходимости длительного обучения.

6. Автоматизированные расчетные цепочки. Автоматизируя передачу и обновление данных, компании могут исключить ошибки ручного ввода и обеспечить работу всех команд самой актуальной информацией. Этого можно добиться с помощью:
- Создания автоматизированных процессов передачи данных. Внедрения автоматизированных расчетных цепочек, облегчающих передачу данных между системами SPDM и PLM.
 - Использования инструментов управления автоматизированными рабочими цепочками. Специальные инструменты позволяют определять и управлять сквозными рабочими процессами, обеспечивая ясность и контроль над ними [242], [243], [244], [245], [246], [223].

Крупные вендоры придерживаются стратегии создания открытой экосистемы. Например, Ansys Minerva можно использовать для передачи и извлечения данных без дополнительного программирования или разработки благодаря интеграции с любым настольным инструментом. То есть можно получить доступ к системе через программу запуска приложений, интерфейс командной строки (command line interface, CLI) или надстройку решателя. Кроме того, благодаря нейтральной архитектуре Minerva легко вписывается в существующие рабочие процессы и обеспечивает совместимость со всеми популярными системами управления жизненным циклом изделия (рисунок 1). Minerva также легко интегрируется с другими продуктами семейства Ansys Connect [247]. На Рисунке 16 изображена интеграция PLM и Ansys Minerva.

Рисунок 16. Интеграция PLM и Ansys Minerva [248]



Источник: [248], 2024

Наибольшую роль в организации бесшовного взаимодействия играют:

- Открытые стандарты и протоколы. Такие стандарты, как STEP AP 209, способствуют совместимости, предоставляя основу для обмена данными между различными инженерными инструментами. Эти стандарты поддерживают междисциплинарный

анализ и проектирование, позволяя различным инструментам моделирования эффективно работать вместе в среде PLM.

- Гибкая модель данных. Эффективные решения SPDM должны иметь гибкие модели данных, позволяющие соединять данные моделирования с сопутствующей информацией, такой как требования, структура изделия (BOM) и др.
- Открытая архитектура коннекторов. Открытая архитектура коннекторов позволяет интегрировать различные инструменты CAD, CAE и системного проектирования, способствуя более слаженному рабочему процессу на различных платформах.
- Интеллектуальная автоматизация моделирования. Инструменты, автоматизирующие передачу данных между различными процессами моделирования, могут значительно повысить функциональную совместимость. Оптимизируя поток данных и результатов между различными инструментами, организации могут ускорить внесение изменений в конструкцию и повысить точность моделирования, сохраняя при этом надежную цифровую нить [249], [242].

Интеграция SPDM с PLM-системой помогает значительно улучшить процессы разработки продукции. Используя такие технологии, как открытые экосистемы, цифровые потоки, надежные стратегии управления данными, интеграционное промежуточное ПО, удобные интерфейсы, автоматические расчетные цепочки организации, могут создать среду, способствующую сотрудничеству и инновациям. По мере того, как отрасли продолжают развиваться и внедрять цифровые преобразования, интеграция SPDM и PLM будет играть важную роль в повышении эффективности, сокращении времени выхода на рынок и улучшении качества продукции.

8.3. Разработка предложений для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований

Как было сказано выше, управление данными инженерных расчётов является одним из ключевых функциональных блоков современных PLM-систем (PLM-систем «второго поколения»). Внимание вендоров-лидеров фокусируется на выстраивании единого цифрового пространства – платформы CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM/PLM/ERP, при этом большая часть актуальных PLM-систем поддерживает SPDM-функционал.

Технологии и подходы к интеграции PLM- и SPDM-систем, а также методы организации бесшовной работы конструкторов и инженеров-расчётчиков в рамках процесса проектирования изделий являются приоритетным направлением развития для ведущих разработчиков PLM-систем, которые определяют (задают) формат взаимодействия.

В данном контексте с учётом характерной для российского рынка модели партнёрств и приоритетов развития инженерного программного обеспечения, определённых на национальном уровне, в частности, определяемым потребностями импортозамещения, одной из ключевых организационных задач российских разработчиков SPDM-систем выступает поддержка существующих партнёрских связей и встраивание в формирующиеся консорциумы разработчиков. Необходимыми технологическими условиями при этом становятся:

- Обеспечение совместимости поддерживаемых форматов основных инженерных систем (КОМПАС-3D, FlowVision, ЛОЦМАН:PLM, T-FLEX PLM и др.).
- Обеспечение высокого качества и прослеживаемости технологической

документации.

- Обеспечение удобства использования SPDM-систем как платформы.
- Обеспечение базовых возможностей по интеграции с внешними системами – наличие настраиваемой информационной среды взаимодействия, основанной на современных технологиях обмена данными (JSON, SOAP, REST API и другими).
- Обеспечение возможности гибкой настройки модели данных для хранения и управления данными, полученными и передаваемыми в PLM-системы в рамках процесса обмена данными.

Перспективным направлением развития также может стать выход за пределы, собственно, функциональных возможностей SPDM-систем и достраивание приоритетных функциональных задач комплексного инженерного программного обеспечения (так, например, Министерство промышленности и торговли Российской Федерации на первое место среди задач развития промышленного программного обеспечения определяет управление требованиями). При этом, SPDM-системы могут взять на себя роль программного обеспечения, обеспечивающего эффективное взаимодействие и обмен данными между различными программными инструментами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном исследовании были проанализированы различные аспекты развития рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем).

Современные системы управления жизненным циклом изделия (PLM-системы, Product Lifecycle Management, PLM) представляют собой программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции, позволяющее реализовать стратегический подход к ведению бизнеса, который использует набор совместимых технических решений для поддержки общего (коллаборативного) представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции людских ресурсов, процессов и информации.

При анализе емкости рынка PLM можно отметить, что в связи с разными подходами к определению PLM-технологий встречаются и разные оценки объема соответствующего рынка.

В определении CIMdata PLM представляет собой стратегический бизнес-подход, который основан на последовательном применении набора бизнес-решений для поддержки совместного создания, управления, распространения и использования информации о продукте в рамках расширенного предприятия, от концепции продукта до его последнего этапа жизненного цикла, объединяя людей, процессы, бизнес-системы и информацию.

В первой главе представлен анализ мирового и российского рынка, а именно емкость рынков и темпы роста, характеристики основных игроков и их доли на рынке. По данным компании CIMdata объем рынка PLM составил 73 млрд долл. в 2023 г. с среднегодовым темпом роста (CAGR) 8,6% с 2024 г. по 2030 г. Также по данным CIMdata объем мирового рынка в 2021 г. составил 60,60 млрд долл. а в 2022 г. составил 66,60 млрд долл. В российской среде развития технологий управления жизненным циклом понимают PLM-систему как совокупность классов программного обеспечения, которое должно предоставлять возможность информационной поддержки изделий на протяжении всех этапов их жизненного цикла. На основе экспертной оценки объем российского рынка PLM в 2023 году составил 0,44 млрд долл., ожидаемый темп роста рынка (CAGR) составит 11 % с 2022 г. по 2024 г.

Для мирового рынка подробно рассмотрены географические сегменты и факторы развития. Росту рынка способствует тот факт, что достижения в области технологий приводят к появлению все более сложных продуктов, требующих управления сложным процессом разработки. PLM помогает обеспечить соответствие всем требованиям к процессу создания новых изделий, а также фиксировать все итерации проектирования и изменений в проектировании. Конкурентное давление требует более быстрого выпуска новых высокотехнологичных продуктов. Эффективное управление проектированием и разработкой с помощью PLM-систем может ускорить циклы разработки, тем самым сокращая время выхода новых продуктов на рынок.

Во второй главе особое внимание уделено технологическим тенденциям развития мирового и российского рынка: рассмотрены перспективные направления использования «сквозных» цифровых технологий в системах, рыночные кейсы, а также представлен обзор ключевых научных разработок в РФ по результатам интеллектуальной деятельности. В качестве важнейших технологий в контексте развития PLM-систем можно выделить технологии искусственного интеллекта, внедряемые передовыми промышленными предприятиями, а также развитие платформенного

подхода к архитектуре рассматриваемого класса ПО.

На текущий момент перспективы ИИ в PLM ограничены запросами непосредственной операционной деятельности промышленных компаний и определяются отраслевой спецификой деятельности. Платформизация вместе со связанными сервисами является «внутренней» составляющей PLM-систем и во многом влияет на коммерческую модель предложения крупных компаний, стремящихся к отказу от PaaS-предложения в пользу переходу на SaaS-модель.

Третья глава посвящена анализу релизов обновлений функциональных возможностей зарубежных и российских систем в 2024 году с заключением о тенденциях и приоритетах развития зарубежных и отечественных систем в 2024 году. Для анализа были отобраны ведущие игроки рынка, в числе которых Siemens AG, Dassault Systemes SE, PTC Inc., ARAS Inc., SAP SE и др.

Анализ инвестиций, сделок M&A и проектов кооперации в России и в мире представлен в четвертой главе. Подробно рассмотрены слияния и поглощения разработчиков систем в мире по состоянию на конец 2024 года, проекты кооперации российских разработчиков и планы по развитию систем в России.

Пятая глава рассматривает новые крупные проекты в области PLM-систем в России и мире.

В шестой главе особое внимание уделено нормативно-правовому регулированию в России, в том числе анализу государственных программ поддержки по НИРам и НИОКРам, применимым при развитии PLM-систем. В седьмой главе представлены ключевые барьеры и проблемы развития анализируемых систем на российском рынке и необходимые действия для преодоления барьеров и решения выявленных проблем.

Наконец, восьмая глава посвящена анализу в соответствии с направлениями развития технологий, обеспечивающих интеграцию PLM-систем и SPDM-систем в 2024 году, а именно: описана роль интеграции PLM- и SPDM-систем в создании непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта; проведен анализ актуальных PLM-систем в части реализации интеграции с SPDM-системами для непротиворечивого информационного пространства, составляющего цифровой двойник целевого продукта; представлены предложения для достижения 6-го уровня готовности технологий, развиваемых в рамках научных исследований.

Таким образом, доклад формирует представление о развитии рынка систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем), в том числе о направлениях развития современных технологий, составляющих рассматриваемые системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. ПЕРЕЧЕНЬ РОССИЙСКИХ PLM-СИСТЕМ

Таблица 17. Выгрузка из Единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных, выполненная 14.10.2024, по классификатору, утвержденному приказом от 22.09.2020 № 486 только по основным ПО

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
21724	Автоматизированная информационная система мониторинга и интеллектуального управления жизненным циклом транспортных средств	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	07.03.2024	ООО «Меркатор Холдинг»	7709401982	2022610414	12.01.2022
21141	Программа для формирования электронной структуры изделия по проекту в «Союз-PLM» и создания перечня (комплектности) технической документации разрабатываемого проекта, являющейся конфигурацией для информационной системы «Союз-PLM»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства технологической подготовки производства (САРР); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	30.01.2024	ЦНИИ РТК	7804023410	2021662137	22.07.2021

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
21005	Программа для односторонней передачи данных из электронной структуры изделия, разработанного в «Союз-PLM», в систему оперативно-календарного планирования и диспетчеризации производства «СПРУТ ОКП» посредством файла в формате XML	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства технологической подготовки производства (CAPP); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	29.12.2023	ЦНИИ РТК	780402341 0	2021661979	20.07.2021
20895	«Система цифровой идентификации компонентов»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	29.12.2023	ООО «Нумерал»	770821672 2	2023619551	12.05.2023
19982	GraphPro	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства автоматизированного проектирования (CAD); Средства инженерного анализа (CAE)	13.11.2023	ООО «Адванс Инжиниринг»	774309308 6	2019612931	04.03.2019
19942	Управление жизненным циклом активов Assetium	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления эффективностью предприятия (CPM/ERP)	13.11.2023	ООО «АЛГОРИТМ»	720331056 1	2022617669	25.04.2022
19606	Система управления жизненным циклом изделия «Эталон.PLМ»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	17.10.2023	АО «Цифровой альянс»	970600579 0	2023667852	21.08.2023
19523	АРМ «ЛАБОРАНТ»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	17.10.2023	ООО «ВТОРОЕ Дыхание»	682913222 5	2023668355	28.08.2023

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
18252	Программный комплекс в защищенном исполнении «Система полного жизненного цикла изделий «Цифровое предприятие» (СПЖЦ. PLM)	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Системы электронного документооборота	05.07.2023	ФГУП «РФЯЦ – ВНИИЭФ»	525400123 0	2023617554	11.04.2023
17773	ИС «Строительный контроль»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	29.05.2023	АО «Ай-Джи-Эй Технологии»	771578657 9	2022684725	16.12.2022
16249	АРБИ (Анализ Работы Бурильного Инструмента)	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	16.01.2023	ООО «СПГ»	773059099 7	2020617486	08.07.2020
12793	Система прослеживаемости продукции «Эттон»	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления складом и цепочками поставок (WMS, SCM)	07.02.2022	ООО «Эттон-Центр»	772573552 7	2021612212	12.02.2021
11022	Система управления инженерными данными «НЕО-СИНТЕЗ» (СУИД «НЕОСИНТЕЗ»)	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM); Средства информационного моделирования зданий и сооружений, архитектурно-строительного проектирования (BIM, AEC CAD); Средства управления	09.07.2021	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»	263409899 1	2018665008	28.11.2018

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
		информационными ресурсами и средства управления основными данными (ЕСМ, MDM)					
8709	T-FLEX DOCs. Управление требованиями	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления проектами; Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	31.12.2020	ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ»	7726601967		
8460	ЛОЦМАН:PLM Веб-клиент	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM); Средства управления бизнес-процессами (BPM)	30.12.2020	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	5022043938	2021667557	01.11.2021
7806	ЛОЦМАН:PLM Стандарт	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления бизнес-процессами (BPM)	14.12.2020	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	5022043938	2021667557	01.11.2021

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
6178	Союз-PLM	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	13.01.2020	ООО «ПРОГРАМ-СОЮЗ»	781345771 0		
5678	T-FLEX PLM Платформа	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Библиотеки подпрограмм (SDK); Интегрированные платформы для создания приложений	26.07.2019	ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ»	772660196 7		
4086	Integrated Logistic Support Suite (ILS Suite)	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	11.12.2017	АО НИЦ «ПРИКЛАДНАЯ ЛОГИСТИКА»	772579230 0		
1892	ЛОЦМАН:PLM SE MILITARY	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	23.09.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	502204393 8		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
1770	T-FLEX DOCs	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Средства управления проектами; Программное обеспечение средств электронного документооборота; Средства управления инженерными данными об изделии (PDM); Средства управления бизнес-процессами (BPM); Системы электронного документооборота; Средства управления информационными ресурсами и средства управления основными данными (ECM, MDM)	06.09.2016	ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТОП СИСТЕМЫ»	772660196 7		
1344	ЛОЦМАН:PLM Расцеховщик	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства технологической подготовки производства (CAPP); Средства управления инженерными данными об изделии (PDM)	05.09.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	502204393 8		

Рег. номер	Наименование ПО	Класс ПО	Дата внесения	Правообладатель	ИНН	Номер гос. регистрации	Дата гос. регистрации
1318	ЛОЦМАН:PLM Архив	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач	05.09.2016	ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ «АСКОН-БИЗНЕС-РЕШЕНИЯ»	502204393 8	2021667557	01.11.2021
846	TechnologiCS	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM); Информационные системы для решения специфических отраслевых задач; Средства управления производственными процессами (MES)	20.05.2016	АО «СИСОФТ ДЕВЕЛОПМЕНТ»	772257062 0		
292	Логика СЭД. СПО	Средства управления жизненным циклом изделия (PLM)	02.04.2016	Общество с ограниченной ответственностью «Логика бизнеса»	773557135 6		

ГЛОССАРИЙ

- Технологическое лидерство — технологическая независимость Российской Федерации, выражающаяся в разработке отечественных технологий и создании продукции с использованием таких технологий с сохранением национального контроля над критическими и сквозными технологиями на основе собственных линий разработки технологий в целях экспорта конкурентоспособной высокотехнологичной продукции и (или) замещения ею на внутреннем рынке продукции, создаваемой на базе устаревших и (или) иностранных технологий, а также превосходство таких технологий и продукции над зарубежными аналогами (*Федеральный закон Российской Федерации «О технологической политике в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (от 12 декабря 2024 г.)*)
- Технологический суверенитет — наличие в стране (под национальным контролем) критических и сквозных технологий собственных линий разработки и условий производства продукции на их основе, обеспечивающих устойчивую возможность государства и общества достигать собственные национальные цели развития и реализовывать национальные интересы. Технологический суверенитет обеспечивается в 2 основных формах - исследования, разработка и внедрение критических и сквозных технологий (по установленному перечню) и производство высокотехнологичной продукции, основанного на указанных технологиях. Технологический суверенитет обеспечивается в том числе с опорой на устойчивое международное научно-техническое сотрудничество с дружественными странами (*«Концепция технологического развития на период до 2030 года», утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации от 20 мая 2023 года № 1315-р*)
- Цифровой двойник (DT) — Цифровой двойник изделия — система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями (в соответствии с ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование «Цифровые двойники изделий»).
- Примечания:
1. Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия.
 2. При создании и применении цифрового двойника изделия участникам процессов жизненного цикла (по ГОСТ Р 56135) рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников.
- Цифровая модель изделия — система математических и

компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям.

Для разработки цифрового двойника изделия создается многоуровневая система требований, которая позволяет проверять соответствие значений показателей, необходимых для удовлетворения требований к изделию, установленным диапазонам значений, а также анализировать их взаимное влияние. Достижение целевых показателей и (или) удовлетворение ресурсным ограничениям многоуровневой системы требований обеспечивается за счет проведения цифровых (виртуальных) испытаний изделия, его составных частей и материалов.

Для создания цифровых моделей и (или) цифровых двойников, проведения цифровых (виртуальных) испытаний, применения результатов математического и компьютерного моделирования и организации совместной работы по созданию цифрового двойника изделия рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников.

Системы автоматизации инженерных расчетов (система инженерного анализа) (CAE) – Программные системы, позволяющие на основе математических моделей разных классов и уровней сложности (в самых общих случаях, описываемых нестационарными нелинейными уравнениями в частных производных) исследовать поведение материалов, физико-механических и технологических процессов, машин и конструкций на разных эксплуатационных режимах и в разных условиях эксплуатации с учетом внешних воздействий.

Средства автоматизированного проектирования (САПР) (CAD) – Система автоматизации двумерного и/или трехмерного геометрического моделирования и параметрического проектирования, позволяющая создавать чертежи, оформлять конструкторскую и технологическую документацию.

См. также MCAD 2D, MCAD 3D.

Системы управления процессами и данными компьютерного моделирования (SPDM) – Среда (платформа), которая позволяет эффективно управлять конфигурацией данных моделирования, оптимизировать процессы, осуществлять совместную работу глобально распределенных команд, обеспечивать прозрачность и прослеживаемость и принимать решения по оптимизации продукта/изделия.

Такие системы связывают входные и выходные данные программ препроцессинга, систем конечно-элементного анализа и программ обработки результатов вычислений (постпроцессинга), повышая степень автоматизации, обеспечивая прослеживаемость цифровых испытаний и улучшая процесс математического и компьютерного моделирования.

SPDM-системы позволяют обеспечить прозрачность и контролируемость процесса разработки, принятие обоснованных решений; упрощают работу с результатами цифровых испытаний, включая цифровые испытания на цифровых испытательных стендах и полигонах, а также формирование отчетов.

- | | |
|--|--|
| Системы управления жизненным циклом изделия (PLM) | – Программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции, позволяющее реализовать стратегический подход к ведению бизнеса, который использует набор совместимых технических решений для поддержки общего (коллаборативного) представления информации о продукте в процессе его создания, реализации и эксплуатации, в среде расширенного предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции людских ресурсов, процессов и информации. |
| Системы управления производством (MES) | – Система управления производственной деятельностью и ее оптимизации, которая в режиме реального времени планирует, инициирует, отслеживает, оптимизирует, документирует производственные процессы от начала выполнения заказа до выпуска готовой продукции. |
| Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП) (SCADA) | – Инструменты для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления (например, производственном объекте). |
| Средства виртуальной реальности (VR) | – Комплексная технология, позволяющая погрузить человека в иммерсивный виртуальный мир при использовании специализированных устройств (очков и шлемов виртуальной реальности). |
| Средства дополненной реальности (AR) | – Технология, позволяющая интегрировать информацию с объектами реального мира в форме текста, компьютерной графики, аудио- и иных представлений в режиме реального времени. |
| Технология машинного обучения (ML) | – Программное обеспечение для реализации алгоритмов машинного обучения, внедряемое в целях повышения производительности при выполнении некоторого набора задач. Обучение осуществляется путем анализа применения решений множества сходных задач. |
| Технологии | – Распределенный реестр (distributed ledger) – реестр, который совместно используется набором нод (узлами сети или DLT-нод) |

распределенного реестра (TRP)	и синхронизируется между данными узлами сети с использованием механизма консенсуса.
	Примечание: распределенный реестр спроектирован так, чтобы: (1) быть защищенным от несанкционированного доступа; (2) быть доступным только для добавления (записей); (3) быть неизменяемым (англ. immutable), содержащим подтвержденные и проверенные транзакции. Технология распределенного реестра (distributed ledger technology, сокр. DLT) – технология, позволяющая использовать распределенные реестры и управлять ими. Блокчейн, или блокчейны (blockchain/blockchains) – распределенный реестр с подтвержденными блоками, организованными в последовательную цепочку (блоков), созданный с использованием криптографических связей.
Системы математического моделирования (ММ)	– Системы, обеспечивающие процесс математического моделирования как процесс исследования каких-либо явлений, процессов или систем объектов путем построения, применения и изучения их математических моделей. Математическая модель – модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений. Примечание: процесс математического моделирования можно разделить на пять этапов: первый – формулирование законов, связывающих основные объекты модели; второй – исследование математических задач, к которым приводит математическая модель; третий – верификация модели; четвертый – валидация модели; пятый – последующий анализ модели в связи с накоплением данных об изучаемых явлениях и модернизация модели.
Системы управления данными об изделии (PDM)	– Программное обеспечение, позволяющее управлять данными об изделии, включая сохранение данных об изделии в базах данных (прежде всего инженерных данных, таких как CAD-модели и чертежи, цифровые макеты (DMU), спецификации материалов (BOM) и др.). Метаданные содержат информацию о создателе файла и текущем статусе соответствующего компонента. Система PDM позволяет организовать совместный доступ к этим данным, обеспечивая их постоянную целостность, вносить необходимые изменения во все версии изделия, модифицировать спецификацию материалов, помогать конфигурировать варианты изделия. Система PDM в качестве интегрирующей подсистемы используется на протяжении всего жизненного цикла изделия в рамках концепции управления этим циклом (PLM). PDM-системы позволяют одновременно работать с инженерными данными, полученными от систем CAD, CAE, CAM и иных.

- | | |
|---|---|
| <p>Автоматизированные системы диспетчерского управления технологическими процессами и сбора данных (АСУ ТП) (SCADA)</p> | <p>– Инструменты для разработки или обеспечения работы в режиме реального времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления (например, производственном объекте).</p> |
| <p>Универсальные машиностроительные двумерные средства автоматизированного проектирования для создания чертежей (MCAD 2D)</p> | <p>– Машиностроительные системы автоматизированного проектирования (САПР), применяемые в машиностроении (авиастроении, автомобилестроении, двигателестроении, энергомашиностроении, судостроении и пр.), производстве товаров народного потребления. Включают в себя разработку деталей, сборок и механизмов с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, средства автоматизированного проектирования двумерных объектов.</p> |
| <p>Универсальные машиностроительные двумерные средства автоматизированного проектирования для создания чертежей (MCAD 3D)</p> | <p>– Машиностроительные системы автоматизированного проектирования (САПР), применяемые в машиностроении (авиастроении, автомобилестроении, двигателестроении, энергомашиностроении, судостроении и пр.), производстве товаров народного потребления. Включают в себя разработку деталей, сборок и механизмов с использованием параметрического проектирования на основе конструктивных элементов, технологий поверхностного и объемного моделирования, средства автоматизированного проектирования трехмерных объектов.</p> |
| <p>Системы (платформы) промышленного интернета вещей (IIoT Platform)</p> | <p>– Программное средство, обеспечивающее создание и управление сетями подключенных промышленных (производственных) объектов, оснащенных технологиями взаимодействия друг с другом и с окружающей средой, со встроенными датчиками и программным обеспечением для сбора и обмена данными через компьютерную сеть, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме.</p> |

БИБЛИОГРАФИЯ

1. The History of PLM - Infographic. - URL: <https://www.arenasolutions.com/resources/plm-infographic/> (дата обращения: 20.11.2024).
2. The History and Future of PLM - ArcherGrey. - URL: <https://archergrey.com/plm-history-future/> (дата обращения: 20.11.2024).
3. Troy Product Lifecycle Management (PLM): Definition, Benefits, History. - URL: <https://www.investopedia.com/terms/p/product-life-cycle-management.asp> (дата обращения: 15.03.2023).
4. Unified Product Lifecycle Management (PLM) Software: 6 Things to Know. - URL: <https://www.surefront.com/blog/product-lifecycle-management-plm-software-6-things-you-need-to-know> (дата обращения: 20.11.2024).
5. Glossary - CIMdata. - URL: <https://www.cimdata.com/en/resources/about-plm/cimdata-plm-glossary#PLM> (дата обращения: 27.12.2024).
6. CIMdata Publishes Executive PLM Market Report - CIMdata. - URL: <https://www.cimdata.com/en/news/item/25339-cimdata-publishes-executive-plm-market-report> (дата обращения: 13.11.2024).
7. Product Lifecycle Management (PLM) Software Market | 2033. - URL: <https://www.imarcgroup.com/product-lifecycle-management-software-market> (дата обращения: 13.11.2024).
8. Top 10 PLM and Engineering Software Vendors, Market Size and Market Forecast 2023-2028. - URL: <https://www.appsruntheworld.com/top-10-product-lifecycle-management-engineering-software-vendors-and-market-forecast/> (дата обращения: 13.11.2024).
9. Collaborative Product Definition Management (cPDM) Market Research Report 2024-2032 | IMR. - URL: <https://introspectivemarketresearch.com/reports/collaborative-product-definition-management-cpdm-market/> (дата обращения: 13.11.2024).
10. Digital Twin Market Size, Share & Growth Forecast, Report, 2032. - URL: <https://www.fortunebusinessinsights.com/digital-twin-market-106246> (дата обращения: 27.12.2024).
11. Digital Twin Market Size, Share, Industry Trends Report 2030. - URL: <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/digital-twin-market-225269522.html> (дата обращения: 18.11.2024).
12. Цифровой двойник Размер рынка | Mordor Intelligence. - URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/digital-twin-market> (дата обращения: 18.11.2024).
13. Цифровой размер и доля рынка близнецов, анализ роста 2032. - URL: <https://www.gminsights.com/ru/industry-analysis/digital-twin-market> (дата обращения: 18.11.2024).
14. Размер рынка цифровых двойников, доля, объем и прогноз [2020-2030]. - URL: <https://www.verifiedmarketreports.com/ru/product/global-digital-twin-market-size-and-forecast-to-2025/> (дата обращения: 18.11.2024).
15. Markets R. and Global Collaborative Product Definition Management (cPDM) Market Reaches \$53.27

Billion in 2022, Expected to Surpass \$74.8 Billion by 2028, Driven by Enhanced Collaboration and Automation Trends. - URL: <https://www.globenewswire.com/news-release/2023/09/18/2744870/28124/en/Global-Collaborative-Product-Definition-Management-cPDM-Market-Reaches-53-27-Billion-in-2022-Expected-to-Surpass-74-8-Billion-by-2028-Driven-by-Enhanced-Collaboration-and-Automation.html> (дата обращения: 14.11.2024).

16. General Electric (GE) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/general-electric/revenue/> (дата обращения: 12.11.2024).

17. Акции GE Aerospace (GE) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/general-electric> (дата обращения: 19.11.2024).

18. IBM (IBM) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/ibm/revenue/> (дата обращения: 14.11.2024).

19. Акции IBM (IBM) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/ibm> (дата обращения: 14.11.2024).

20. Oracle (ORCL) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/oracle/revenue/> (дата обращения: 12.11.2024).

21. Акции Oracle (ORCL) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/oracle-corp> (дата обращения: 12.11.2024).

22. Акции SAP ADR (SAP) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/sap-ag-ads-exch> (дата обращения: 14.11.2024).

23. SAP (SAP) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/sap/revenue/> (дата обращения: 14.11.2024).

24. Synopsys-Q4-FY2023-Financial-Supplement.pdf. - URL: https://s201.q4cdn.com/778493406/files/doc_earnings/2023/q4/supplemental-info/Synopsys-Q4-FY2023-Financial-Supplement.pdf (дата обращения: 12.11.2024).

25. Акции Synopsys (SNPS) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/synopsys-inc> (дата обращения: 14.11.2024).

26. Synopsys (SNPS) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/synopsys/revenue/> (дата обращения: 13.11.2024).

27. Акции Hexagon (HEXAb) — Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/hexagon?cid=25986> (дата обращения: 05.11.2024).

28. PTC Financial Statements 2009-2024 | PTC. - URL: <https://www.macro-trends.net/stocks/charts/PTC/ptc/financial-statements> (дата обращения: 05.11.2024).

29. Hexagon AB (HEXA-B.ST) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/hexagon/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).

30. AUTODESK, INC. ANNOUNCES FISCAL 2023 FOURTH QUARTER AND FULL-YEAR RESULTS | Autodesk, Inc. - URL: <https://investors.autodesk.com/news-releases/news-release-details/autodesk-inc-announces-fiscal-2023-fourth-quarter-and-full-year> (дата обращения: 14.11.2024).
31. Autodesk (ADSK) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/autodesk/revenue/> (дата обращения: 14.11.2024).
32. Акции Autodesk (ADSK) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/autodesk-inc> (дата обращения: 14.11.2024).
33. Cadence Design Systems (CDNS) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/cadence-design-systems/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).
34. Акции CDNS – цена и графики (NASDAQ:CDNS) – TradingView. - URL: <https://ru.tradingview.com/symbols/NASDAQ-CDNS/> (дата обращения: 05.11.2024).
35. Акции Cadence Design (CDNS) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/cadence-design-system-inc> (дата обращения: 05.11.2024).
36. Siemens Digital Industries Software: Revenue, Competitors, Alternatives. - URL: https://growjo.com/company/Siemens_Digital_Industries_Software (дата обращения: 14.11.2024).
37. Ansys (ANSS) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/ansys/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).
38. Ansys Announces Q4 and FY 2023 Financial Results | ANSYS, Inc. - URL: <https://investors.ansys.com/news-releases/news-release-details/ansys-announces-q4-and-fy-2023-financial-results/> (дата обращения: 05.11.2024).
39. Акции ANSYS (ANSS) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/ansys> (дата обращения: 14.11.2024).
40. PTC (PTC) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/ptc/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).
41. Акции PTC (PTC) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/ptc> (дата обращения: 05.11.2024).
42. World A.R.T. AVEVA Group Software Purchases and Digital Transformation Initiatives. - URL: <https://www.appsruntheworld.com/customers-database/customers/view/aveva-unimted-kingdom> (дата обращения: 14.11.2024).
43. Bentley Systems (BSY) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/bentley-systems/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).
44. Bentley Systems Announces Fourth Quarter and Full Year 2023 Results and 2024 Financial Outlook | Bentley Systems, Incorporated. - URL: <https://investors.bentley.com/news-releases/news-release-details/bentley-systems-announces-fourth-quarter-and-full-year-2023/> (дата обращения: 05.11.2024).
45. Акции Bentley (BSY) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/bentley-systems-inc> (дата обращения: 14.11.2024).

46. Altair Engineering (ALTR) - Revenue. - URL: <https://companiesmarketcap.com/altair-engineering/revenue/> (дата обращения: 05.11.2024).
47. Акции Altair Engineering (ALTR) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/altair-engineering> (дата обращения: 05.11.2024).
48. Доходы Дженерал Электрик (GE) – Investing.com. - URL: <https://ru.investing.com/equities/general-electric-income-statement> (дата обращения: 12.11.2024).
49. Oracle - Oracle Announces Fiscal 2023 Fourth Quarter and Fiscal Full Year Financial Results. - URL: <https://investor.oracle.com/investor-news/news-details/2023/Oracle-Announces-Fiscal-2023-Fourth-Quarter-and-Fiscal-Full-Year-Financial-Results/default.aspx> (дата обращения: 12.11.2024).
50. Обзор системы Teamcenter - URL: https://www.plm.automation.siemens.com/ru_ru/Images/Teamcenter%20overview_tcm802-70865.pdf (дата обращения: 22.11.2024).
51. Платформа 3DEXPERIENCE - URL: <https://igatec.com/software/produkty-dassault-systemes/3dexperience-platform/> (дата обращения: 22.11.2024).
52. ENOVIA. Интеллектуальное бизнес-моделирование и планирование на предприятии. - URL: <https://softprom.com/ru/vendor/dassault-systemes-/product/enovia> (дата обращения: 27.12.2024).
53. Autodesk empowers innovators everywhere to make the new possible. - URL: <https://www.autodesk.com/> (дата обращения: 27.12.2024).
54. Synopsys Takes a Big Leap in the EDA Solutions Segment with Ansys Acquisition (Highlight) - CIMdata. - URL: <https://www.cimdata.com/zh/news/item/23719-synopsys-takes-a-big-leap-in-the-eda-solutions-segment-with-ansys-acquisition-highlight> (дата обращения: 27.12.2024).
55. What Is PLM? | Product Lifecycle Management (PLM) | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/technologies/plm> (дата обращения: 27.12.2024).
56. Collaborative Product Definition Management (cPDM) Market 2024-32. - URL: <https://www.imarcgroup.com/collaborative-product-definition-management-market> (дата обращения: 14.11.2024).
57. США профинансируют технологию цифровых двойников чипов – это ускорит разработку микросхем. - URL: <https://3dnews.ru/1104365/ssha-profinansiruyut-issledovaniya-poluprovodnikovih-tsifrovih-dvoynikov> (дата обращения: 27.12.2024).
58. Росстат – Наука, инновации и технологии. - URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/science> (дата обращения: 04.10.2022).
59. Что такое СПЖЦ. Первая отечественная защищенная импортонезависимая система полного жизненного цикла изделий - URL: <https://xn--b1aecabnea2cbmcffd7av8a5o.xn--p1ai/about-sprgc/> (дата обращения: 21.11.2024).
60. Росатом - РФЯЦ-ВНИИЭФ ФГУП - САРУС СПЖЦ (PLM) - система полного жизненного цикла. - URL: [//www.cnews.ru/book/Росатом_-_РФЯЦ-ВНИИЭФ_ФГУП_-_САРУС_СПЖЦ_PLM_-](http://www.cnews.ru/book/Росатом_-_РФЯЦ-ВНИИЭФ_ФГУП_-_САРУС_СПЖЦ_PLM_-)

_система_полного_жизненного_цикла (дата обращения: 27.12.2024).

61. ГК АППИУС PLM-Решения - Главная. - URL: <https://www.appius.ru/> (дата обращения: 27.12.2024).

62. Appius-PLM Управление жизненным циклом изделия - ГК АППИУС. - URL: <https://www.appius.ru/products/appiusPLM/> (дата обращения: 27.11.2024).

63. О нас | CS Group. - URL: <https://cstechnology.ru/company/about-us/> (дата обращения: 27.12.2024).

64. Платформа СТАКСЕЛЬ. - URL: <https://staxel.pro> (дата обращения: 27.11.2024).

65. О компании Лотсия Софтвэа. - URL: <https://lotsia.com/ls-about-company> (дата обращения: 27.12.2024).

66. Lotsia PLM – интегрированное решение по управлению данными о продукции на протяжении всего жизненного цикла. - URL: <https://www.lotsia.com/software/lotsia-plm/lotsiaplm> (дата обращения: 27.11.2024).

67. Группа компаний «СиСофт» (CSoft) - TechnologiCS 7.1. - URL: <https://www.csoft.ru/soft/technologies/technologies-7.1.html> (дата обращения: 27.12.2024).

68. Топ Системы | О компании. - URL: <https://www.tfex.ru/about/> (дата обращения: 20.11.2024).

69. T-FLEX PLM | Российский программный комплекс для управления ЖЦИ. - URL: <https://www.tfex.ru/plm/> (дата обращения: 21.11.2024).

70. ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения» - FEA.RU | CompMechLab - разработка и применение цифровых двойников (digital twin), цифровое проектирование, CAD/CAE/CAM/CAO/НПС. - URL: <https://fea.ru/article/gost-c-d> (дата обращения: 27.12.2024).

71. Tech Trends 2024 // Deloitte Insights, 2023 - URL: <https://www2.deloitte.com/us/en/insights/focus/tech-trends.html> (дата обращения: 27.12.2024).

72. McKinsey technology trends outlook 2024 | McKinsey. - URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-top-trends-in-tech> (дата обращения: 05.11.2024).

73. Новости - Правительство России. - URL: <http://government.ru/news/48570/> (дата обращения: 14.11.2024).

74. Тенденции управления жизненным циклом продукции на крупных производствах: глобальные тренды и опыт России | Производственные инновации IBS. - URL: <https://ibs.ru/media/upravlenie-zhiznennym-tsiklom-produkta-dlya-krupnykh-proizvodstv-mirovye-trendy-i-rossiyskiy-opyt/> (дата обращения: 14.11.2024).

75. AR and VR in PLM Will Become Essential in 2024 - Engineering.com. - URL: <https://www.engineering.com/ar-and-vr-in-plm-will-become-essential-in-2024/> (дата обращения: 06.11.2024).

76. Интерактивные 3D-инструкции PowerGuide // IGA Technologies. - URL: https://up-pro.ru/image/catalog/library/information_systems/aut_proiz/nevz/powerguide/powerguide.pdf (дата обращения: 15.11.2024).

77. [КЕЙС] Применение Microsoft Hololens компанией НЕОЛАНТ. - URL: <https://top3dshop.ru/blog/dopolnennaja-realnost-v-promyshlennosti-hololens-v-neolant.html> (дата обращения: 15.11.2024).
78. 3DEXPERIENCE NETVIBES | Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/products/netvibes/3dexperience-netvibes> (дата обращения: 15.11.2024).
79. Blockchain solutions | Platforms, insights & services | EY - Global | EY - US. - URL: https://www.ey.com/en_us/services/blockchain/platforms (дата обращения: 15.11.2024).
80. Data protection in the digital thread // Siemens PLM Software, 2019. - URL: <https://identify3d.com/wp-content/uploads/2019/08/Siemens-PLM-and-Identify3D-Data-Protection-in-the-Digital-Thread.pdf> (дата обращения: 15.11.2024).
81. Product life cycle management using blockchain // EY, 2017. - URL: https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_gl/topics/life-sciences/life-sciences-pdfs/ey-product-life-cycle-management-using-blockchain.pdf?download (дата обращения: 15.11.2024).
82. The future of product lifecycle management: trends reshaping manufacturing - Manufacturing Today. - URL: <https://manufacturing-today.com/news/the-future-of-product-lifecycle-management-trends-reshaping-manufacturing/> (дата обращения: 15.11.2024).
83. Generative AI in manufacturing lighthouses | McKinsey. - URL: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/how-manufacturings-lighthouses-are-capturing-the-full-value-of-ai> (дата обращения: 12.11.2024).
84. Lighthouses | Global Lighthouse Network. - URL: <https://initiatives.weforum.org/global-lighthouse-network/lighthouses> (дата обращения: 15.11.2024).
85. Chemical Analysis, Life Sciences, and Diagnostics | Agilent. - URL: <https://www.agilent.com/> (дата обращения: 15.11.2024).
86. ingrasys-Building Block of Next-gen AI Data Center. - URL: <https://www.ingrasys.com/> (дата обращения: 15.11.2024).
87. Where energy is opportunity | Aramco. - URL: <https://www.aramco.com/> (дата обращения: 27.12.2024).
88. CATL. Official website. - URL: <https://www.catl.com/en/> (дата обращения: 15.11.2024).
89. Unilever Global: Making sustainable living commonplace. - URL: <https://www.unilever.com> (дата обращения: 15.11.2024).
90. Johnson & Johnson: Changing health for humanity. - URL: <https://www.jnj.com/> (дата обращения: 15.11.2024).
91. ACG - Capsules | Pharma machine manufacturing | Packaging materials. - URL: <https://www.acg-world.com/> (дата обращения: 15.11.2024).

92. GAC INTERNATIONAL | AION Y Electric Compact SUV. - URL: <https://www.gac-motor.com/en/models/aiony/overview.html> (дата обращения: 15.11.2024).
93. China Resources Building Materials Technology Holdings Limited. - URL: <https://www.crcelement.com/home/?flag=1> (дата обращения: 15.11.2024).
94. IGA Technologies. - URL: <https://igatec.com/> (дата обращения: 15.11.2024).
95. Distributed Ledger Technology in PLM Systems at Production Enterprises | Russian Engineering Research. - URL: <https://link.springer.com/article/10.3103/S1068798X20110076> (дата обращения: 15.11.2024).
96. Why PLM-related Big Data Opportunities Greatly Exceed the Potential Headaches - Engineering.com. - URL: <https://www.engineering.com/why-plm-related-big-data-opportunities-greatly-exceed-the-potential-headaches/> (дата обращения: 15.11.2024).
97. Interstellar Lab sustainable life | Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/insights/customer-stories/interstellar-lab-sustainable-life-on-earth> (дата обращения: 15.11.2024).
98. Electric scooters by River Mobility | Dassault Systèmes - Customer Story - Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/insights/customer-stories/river-mobility-electric-scooter> (дата обращения: 20.11.2024).
99. Информационно-поисковая система. Федеральный институт промышленной собственности. - URL: <https://www.fips.ru/iiss/> (дата обращения: 06.11.2024).
100. Официальный сайт единого реестра российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. - URL: <https://reestr.digital.gov.ru/> (дата обращения: 06.11.2024).
101. Приказ № 486 «Об утверждении классификатора программ для электронных вычислительных машин и баз данных» - URL: <https://digital.gov.ru/ru/documents/7362/> (дата обращения: 06.11.2024).
102. Группа компаний «СиСофт» (CSoft) - Teamcenter. - URL: <https://www.csoft.ru/soft/teamcenter/teamcenter.html> (дата обращения: 25.11.2024).
103. What's new in Teamcenter 2312? - Teamcenter. - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/teamcenter/whats-new-in-teamcenter-2312/> (дата обращения: 25.11.2024).
104. ENOVIA. Интеллектуальное бизнес-моделирование и планирование на предприятии. - URL: <https://www.r-p-c.ru/products/enovia.html> (дата обращения: 25.11.2024).
105. R2025 x GA. - URL: <https://r1132100503382-eu1-3dswym.3dexperience.3ds.com/community/swym:prd:R1132100503382:community:38?content=swym:prd:R1132100503382:wik-itree:J7CKBiRKQ4K4IH8jsrNnTg> (дата обращения: 26.11.2024).
106. Windchill PLM. - URL: <https://pts-russia.com/products/windchill-plm/276/> (дата обращения: 27.11.2024).
107. What's New in Windchill 13 | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/products/windchill/whats-new> (дата обращения: 27.11.2024).

108. Windchill PLM Software | Enterprise PLM System | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/products/windchill> (дата обращения: 27.11.2024).
109. Windchill 13.0.1.0. - URL: https://support.ptc.com/help/windchill/r13.0.1.0/ru/#page/Windchill_Help_Center/NewandChanged/NewandChanged_13_0_10_Section_Intro.html# (дата обращения: 09.12.2024).
110. Windchill 13.0.2.0. - URL: https://support.ptc.com/help/windchill/r13.0.2.0/ru/#page/Windchill_Help_Center/NewandChanged/NewandChanged_13_0_20_Section_Intro.html# (дата обращения: 09.12.2024).
111. Aras Innovator Product Summary. - URL: <https://aras.com/en/technology/platform/aras-innovator-product-summary> (дата обращения: 18.12.2024).
112. Aras-Innovator-2024-Release-Release-Notes.pdf. - URL: <https://media.aras.com/wp-content/uploads/2024/05/Aras-Innovator-2024-Release-Release-Notes.pdf>.
113. SAP PLM: внедрение системы управления жизненным циклом продукта. - URL: <https://leverx.com/ru/solutions/product-lifecycle-management> (дата обращения: 26.11.2024).
114. What's New Viewer for SAP Product Lifecycle Management | SAP Help Portal. - URL: <https://help.sap.com/whats-new/b76923d8f2874e62b14f09e7cb7b2930?locale=en-US> (дата обращения: 26.11.2024).
115. ИНТЕРМЕХ - Продукты линейки IPS. - URL: https://intermech.ru/ips_product.html (дата обращения: 27.11.2024).
116. ИНТЕРМЕХ - Обновление IPS. - URL: https://intermech.ru/ips_support5.html#ips7sp3 (дата обращения: 27.11.2024).
117. СПЖЦ.PLМ. - URL: <https://xn--b1aecabnea2cbmcffd7av8a5o.xn--p1ai/plm/> (дата обращения: 28.11.2024).
118. Обновление системы Appius-PLM УЖЦИ для 1С:ERP и 1С:УПП. Новое в версии. - ГК АП-ПИУС. - URL: <https://www.appius.ru/news/4541/> (дата обращения: 27.11.2024).
119. Система ИНГИПРО — цифровизация строительной отрасли России. - URL: <https://bimacad.ru/produkty/ingipro/> (дата обращения: 27.11.2024).
120. Обновления среды общих данных «ИНГИПРО» за 2023 год. - URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=22867 (дата обращения: 28.11.2024).
121. ЛОЦМАН:PLM — Википедия. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%9E%D0%A6%D0%9C%D0%90%D0%9D:PLM> (дата обращения: 27.11.2024).
122. Вышла новая версия PLM-решения АСКОН 23.1. - URL: <https://ascon.ru/news/2024/08/19/vyshla-novaya-versiya-plm-resheniya-askon-23-1/> (дата обращения: 27.11.2024).

123. ПРОГРАМСОЮЗ. - URL: <https://www.programsoyuz.ru/reestr> (дата обращения: 27.11.2024).
124. Corporation CS v7.9. - URL: <https://csdev.ru/soft/corporation-cs/corporation-cs-7.9.html> (дата обращения: 27.11.2024).
125. TechnologiCS 7.1. - URL: <https://csdev.ru/soft/technologies/technologies-7.1.html> (дата обращения: 27.11.2024).
126. Восьмая версия TechnologiCS: оперативность, новые возможности, акцент на аналитике. - URL: https://csdev.ru/articles/cm_102_04.html (дата обращения: 27.11.2024).
127. IndustriCS. Главная. - URL: <https://industrics.ru/> (дата обращения: 27.11.2024).
128. Программный комплекс ADEM-VX версии 2020 в составе модулей: PDM, CAD, CAM, CAPP, SIM, GPP, NTR, I-RIS – ADEM. - URL: <https://adem.ru/products/adem-vx-2020/> (дата обращения: 27.11.2024).
129. Новое в ADEM-VX – ADEM. - URL: <https://adem.ru/press/news/%D0%BD%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B5-%D0%B2-adem-vx/> (дата обращения: 27.11.2024).
130. Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (CAE-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.]. — СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. — 228 с.
131. Altair Acquires World Programming to Advance Organizations' Digital Transformation. - URL: <https://altair.com/newsroom/news-releases/Altair-Acquires-World-Programming-to-Advance-Organizations-Digital-Transformation> (дата обращения: 15.11.2024).
132. Altair Acquires Cassini to Accelerate Development of Digital Thread Technology. - URL: <https://altair.com/newsroom/news-releases/Altair-Acquires-Cassini-to-Accelerate-Development-of-Digital-Thread-Technology> (дата обращения: 15.11.2024).
133. Orrick Advises RapidMiner on \$100 Million Acquisition by Altair. - URL: <https://www.orrick.com/en/News/2022/09/Orrick-Advises-RapidMiner-100-Million-Acquisition-by-Altair> (дата обращения: 15.11.2024).
134. Altair Announces Completion of Acquisition of RapidMiner. - URL: <https://altair.com/newsroom/news-releases/altair-announces-completion-of-acquisition-of-rapidminer> (дата обращения: 18.11.2024).
135. Dassault Systèmes Acquires Diota, Bringing Augmented Reality and Field Control Technology to Its Manufacturing and Operations Customers - Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/newsroom/media-alerts/dassault-systemes-acquires-diota-bringing-augmented-reality-and-field-control-technology-its-manufacturing-and-operations-customers> (дата обращения: 20.11.2024).
136. Hexagon goes big, spends \$1.2 billion on ETQ, maker of quality & compliance solutions. - URL: <https://schnitgercorp.com/2022/02/25/hexagon-goes-big-spends-1-2-billion-on-etq-maker-of-quality-compliance-solutions/> (дата обращения: 20.11.2024).
137. Hexagon completes the acquisition of ETQ | Hexagon. - URL:

<https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2022/hexagon-completes-acquisition-etq> (дата обращения: 20.11.2024).

138. Hexagon furthers its commitment to innovation in the Operations & Maintenance (O&M) segment with the acquisition of Innovatia Accelerator | Hexagon. - URL: <https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2022/hexagon-furthers-its-commitment-to-innovation-in-the-operations--maintenance-om-segment-with-the-acquisition-of-innovatia-accelerator> (дата обращения: 20.11.2024).

139. Hexagon acquires Itus Digital to expand Asset Performance Management capabilities | Hexagon. - URL: <https://hexagon.com/company/newsroom/press-releases/2024/hexagon-acquires-itus-digital-to-expand-asset-performance-management-capabilities> (дата обращения: 20.11.2024).

140. Keysight (KEYS) Acquires Eggplant, Boosts Software Automation | Nasdaq. - URL: <https://www.nasdaq.com/articles/keysight-keys-acquires-eggplant-boosts-software-automation-2020-06-29> (дата обращения: 20.11.2024).

141. Keysight Technologies Acquires Eggplant | Keysight. - URL: <https://www.keysight.com/nl/en/about/newsroom/news-releases/2020/keysight-technologies-acquires-eggplant-.html> (дата обращения: 20.11.2024).

142. Keysight Technologies, Inc. acquired Sanjole Corp for approximately \$110 million. - Market-Screener. - URL: <https://www.marketscreener.com/quote/stock/KEYSIGHT-TECHNOLOGIES-INC-18426374/news/Keysight-Technologies-Inc-acquired-Sanjole-Corp-for-approximately-110-million-33515821/> (дата обращения: 20.11.2024).

143. Keysight Keysight Technologies Acquires Sanjole. - URL: <https://www.keysight.com/nl/en/about/newsroom/news-releases/2021/0222-nr21026-keysight-technologies-acquires-sanjole.html> (дата обращения: 20.11.2024).

144. Keysight Technologies Acquires SCALABLE Network Technologies | Keysight. - URL: <https://www.keysight.com/nl/en/about/newsroom/news-releases/2021/1018-nr21141-keysight-technologies-acquires-scalable-network-tec.html> (дата обращения: 20.11.2024).

145. Keysight Technologies Acquires ESI Group | Mergr M&A Deal Summary. - URL: <https://mergr.com/transaction/keysight-technologies-acquires-esi-group-sa> (дата обращения: 20.11.2024).

146. Keysight Advances Software-Centric Solutions Leadership with Acquisition of ESI Group. - URL: <https://www.keysight.com/nl/en/about/newsroom/news-releases/2023/0628-pr23-101-keysight-advances-software-centric-solutions-leade.html> (дата обращения: 20.11.2024).

147. PTC Inc (PTC) Announces Buyout of Arena Solutions for \$715M | Nasdaq. - URL: [https://www.nasdaq.com/articles/ptc-inc-ptc-announces-buyout-of-arena-solutions-for-\\$715m-2020-12-15](https://www.nasdaq.com/articles/ptc-inc-ptc-announces-buyout-of-arena-solutions-for-$715m-2020-12-15) (дата обращения: 20.11.2024).

148. PTC Completes Acquisition of Arena Solutions | PTC. - URL:

<https://www.ptc.com/en/news/2021/ptc-completes-acquisition-arena-solutions> (дата обращения: 20.11.2024).

149. PTC Completes Acquisition of FSM Software Company ServiceMax | Nasdaq. - URL: <https://www.nasdaq.com/articles/ptc-completes-acquisition-of-fsm-software-company-servicemax> (дата обращения: 20.11.2024).

150. PTC Acquires Leading SaaS FSM Provider ServiceMax | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/news/2023/ptc-acquires-servicemax> (дата обращения: 20.11.2024).

151. MarketScreener PTC Inc. acquired Pure-Systems GmbH for \$95.9 million. - MarketScreener. - URL: <https://www.marketscreener.com/quote/stock/PTC-INC-12445262/news/PTC-Inc-acquired-Pure-Systems-GmbH-for-95-9-million-44987030/> (дата обращения: 20.11.2024).

152. PTC Acquires pure-systems | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/news/2023/ptc-acquires-pure-systems> (дата обращения: 20.11.2024).

153. Siemens acquires TimeSeries to help customers speed digital | Siemens Software. - URL: <https://newsroom.sw.siemens.com/en-US/timeseries-help-customers-speed-digital-transformation-increased-adoption-lowcode/> (дата обращения: 20.11.2024).

154. О консорциуме – Консорциум РазВИТие. - URL: <https://plmrussia.ru/about/> (дата обращения: 07.11.2024).

155. Консорциум «РазВИТие» выпустил новые версии продуктов PLM-комплекса // CAD/CAM/CAE Observer, 2021. - URL: <http://www.cadcamcae.lv/N137/38-40.pdf> (дата обращения: 20.11.2024).

156. «Росатом» и ННК объединяют усилия для создания российской PLM-системы тяжелого класса на базе платформы САПУС - CNews. - URL: https://www.cnews.ru/news/line/2024-05-22_rosatom_i_nkk_obedinyayut (дата обращения: 20.11.2024).

157. Развитие консорциум российских разработчиков инженерного программного обеспечения. - URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Компания:Развитие_консорциум_российских_разработчиков_инженерного_программного_обеспечения (дата обращения: 20.11.2024).

158. Группа компаний АСКОН. - URL: <https://ascon.ru/solutions/plm-technology-stek/> (дата обращения: 07.11.2024).

159. Интеграционная платформа PLM ускорит создание высокотехнологичных изделий и поможет разработке нового поколения промышленного ПО – ЦИПР. - URL: <https://cipr.ru/news/integracionnaya-platforma-plm-uskorit-sozdanie-vysokotekhnologichnyh-izdelij-i-pomozhet-razrabotke-novogo-pokoleniya-industrialnogo-po/> (дата обращения: 20.11.2024).

160. Росатом Госкорпорация «Росатом» ядерные технологии атомная энергетика АЭС ядерная медицина. - URL: <https://rosatom.ru/journalist/interview/sergey-martynov-my-razrabatyvaem-rosiyskuyu-plm-sistemu-mirovogo-klassa/> (дата обращения: 20.11.2024).

161. Програмсоюз улучшает PLM-платформу с помощью C3D Labs. - URL: <https://c3dlabs.ru/blog/customer-stories/programsoyuz-vybiraet-resheniya-c3d-labs-dlya-razvitiya>

svoey-plm-platformy/ (дата обращения: 20.11.2024).

162. Российские разработчики должны создать 2300 новых программ для промышленности за семь лет. - URL: <https://www.vedomosti.ru/technology/articles/2022/12/19/956058-rossiiskie-razrabotchiki-dolzhni> (дата обращения: 20.11.2024).

163. PLM-система Росатома «САРУС». - URL: <https://atommedia.online/reference/plm-sistema-rosatoma-sarus/> (дата обращения: 20.11.2024).

164. Росатом и НKK объединяют усилия для создания российской PLM-системы тяжелого класса на базе платформы «Сарус». - URL: <https://atommedia.online/2024/05/23/rosatom-i-nkk-obedinyajut-usiliya-dlya-so/> (дата обращения: 20.11.2024).

165. Предприятие «Гермес-Липецк» перешло на российскую систему T-FLEX PLM. - URL: <https://www.tfex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=5360> (дата обращения: 20.11.2024).

166. Внедрение отечественной системы конструкторско-технологической подготовки производства в АО «АВТОВАЗ». - URL: <https://www.lada.ru/press-releases/121223> (дата обращения: 20.11.2024).

167. Внедрение отечественной системы конструкторско-технологической подготовки производства в АО «АВТОВАЗ». - URL: https://rfrit.ru/2023_oz20 (дата обращения: 20.11.2024).

168. ООО «ЛокоТех-Сервис» и ООО «КонтролТyГоу.Ру» завершили выполнение работ по первому этапу проекта «Цифровой формуляр (паспорт) изделия». - URL: <https://www.locotech.ru/press-center/news/5385/> (дата обращения: 21.11.2024).

169. «ЛокоТех-Сервис» получил грант РФРИТ на внедрение информационной системы. - URL: <https://locotech.ru/press-center/news/4462/> (дата обращения: 21.11.2024).

170. ЛОКОТЕХ-СЕРВИС. - URL: https://rfrit.ru/2023_oz21 (дата обращения: 21.11.2024).

171. ОАК реализовала второй этап создания ПО для управления жизненным циклом изделий. - URL: <https://uacrussia.ru/ru/press-center/news/realizovan-vtoroy-etap-proekta-vnedrenie-edinoj-informatsionnoy-sredy-pao-oak-dlya-upravleniya-prots> (дата обращения: 21.11.2024).

172. ОАК: Новости: ОАК реализовала первый этап по проекту внедрения информационной среды по управлению жизненным циклом изделия. - URL: <https://www.uacrussia.ru/ru/press-center/news/oak-realizovala-pervyy-etap-po-proektu-vnedreniya-informatsionnoy-sredy-po-upravleniyu-zhiznennym-ts> (дата обращения: 21.11.2024).

173. ОАК: Новости: Проект ОАК. Внедрение информационной среды. - URL: <https://uacrussia.ru/ru/press-center/news/proekt-oak-vnedreniya-informatsionnoy-sredy-po-upravleniyu-zhiznennym-tsiklom-izdeliy-poluchil-podde> (дата обращения: 21.11.2024).

174. ОБЪЕДИНЕННАЯ АВИАСТРОИТЕЛЬНАЯ КОРПОРАЦИЯ. - URL: https://rfrit.ru/2023_oz22 (дата обращения: 21.11.2024).

175. Новости и пресс-релизы ОДК: ОДК разрабатывает систему проектирования деталей

авиадвигателей из полимерных композитов. - URL: <https://www.uecrus.com/press/odk-razrabatyvaet-sistemu-proektirovaniya-detaley-aviadvigateley-iz-polimernykh-kompozitov/> (дата обращения: 21.11.2024).

176. Новости и пресс-релизы ОДК: ОДК и АСКОН внедряют российское ПО для разработки перспективных двигателей. - URL: <https://www.uecrus.com/press/odk-i-askon-vnedryat-rossiyskoe-po-dlya-razrabotki-perspektivnykh-dvigatelay/> (дата обращения: 21.11.2024).

177. Новости и пресс-релизы ОДК: Предприятие ОДК импортозаместит IT-продукты для конструкторов. - URL: https://www.uecrus.com/press/predpriyatie-odk-importozamestit-it-produkty-dlya-konstruktorov/?sphrase_id=33361 (дата обращения: 21.11.2024).

178. ОДК-АВИАДВИГАТЕЛЬ. - URL: https://rfrit.ru/2023_oz14 (дата обращения: 21.11.2024).

179. Siemens partners with Microsoft to deliver AI-enhanced solut | Siemens Software. - URL: <https://newsroom.sw.siemens.com/en-US/siemens-xcelerator-microsoft-azure/> (дата обращения: 21.11.2024).

180. Siemens & NVIDIA: Bringing the real and digital worlds together. - URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/insights/siemens-and-nvidia-bringing-the-real-and-digital-worlds-together.html> (дата обращения: 21.11.2024).

181. Prevljak N.H. HD Hyundai Heavy, NAPA and CADMATIC team up on «digital shipyard». - URL: <https://www.offshore-energy.biz/hd-hyundai-heavy-napa-and-cadmatic-team-up-on-digital-shipyard/> (дата обращения: 21.11.2024).

182. Fujitsu, ISID, DIPRO start collaboration to realize DX in the manufacturing industry: Fujitsu Global. - URL: <https://www.fujitsu.com/global/about/resources/news/press-releases/2023/0823-01.html> (дата обращения: 21.11.2024).

183. PLM Modernization for Medical & Safety Manufacturing | Aras. - URL: <https://aras.com/en/blog/medical-device-product-lifecycle-management> (дата обращения: 21.11.2024).

184. Минпромторг | Минпромторг России. - URL: <https://minpromtorg.gov.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

185. Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. - URL: <http://fasie.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

186. Федеральная налоговая служба. - URL: <https://www.nalog.gov.ru/rn77/> (дата обращения: 07.11.2024).

187. Михаил Мишустин принял участие в IX конференции «Цифровая индустрия промышленной России». - URL: <http://government.ru/news/51640/> (дата обращения: 21.11.2024).

188. Домен наука и инновации. Единый цифровой сервис - URL: <https://gisnauka.ru/> (дата обращения: 07.11.2024).

189. Евгений Развитие PLM-систем: основные тенденции и перспективы внедрения. - URL: <https://iaassaaspaas.ru/po-dlya-biznesa/plm-sistemy/tendentsii-razvitiya-plm-sistem-perspektivy-i->

osnovnye-napravleniya-sovershenstvovaniya (дата обращения: 21.11.2024).

190. О управлении жизненным циклом продукта (PLM) простыми словами – Блог Comindware. - URL: https://www.comindware.ru/blog/plm-and-plm-systems/#%D0%A2%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B8_%D0%BF%D1%80%D0%B8_%D0%B2%D0%BD%D0%B5%D0%B4%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B8_PLM

(дата обращения: 21.11.2024).

191. Анализ основных тенденций развития PLM-систем. - URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-osnovnyh-tendentsiy-razvitiya-plm-sistem/viewer> (дата обращения: 21.11.2024).

192. Singh J., Kansupada H., Solutions C.T. The Top Three Product Lifecycle Management Trends Taking Shape Across the Digital Economy.

193. Market Outlook: Product Lifecycle Management (PLM), 2018-2023, Worldwide / Quadrant Knowledge Solutions. December 2018. - URL: <https://www.integrety.com/sites/default/files/attachments/Quadrant-Market-Outlook.pdf?width=1000&height=800&iframe=true> (дата обращения: 21.11.2024).

194. What is simulation data management? - URL: https://www.nafems.org/downloads/sdmwg/nafems_wt02_-_what_is_simulation_data_management.pdf (дата обращения: 22.11.2024).

195. Simulation and Digital Twin - Siemens Global. - URL: <https://www.siemens.com/global/en/company/innovation/research-development/siemens-core-technologies/simulation-digital-twin.html> (дата обращения: 21.11.2024).

196. Definition of Digital Twin - IT Glossary | Gartner. - URL: <https://www.gartner.com/en/information-technology/glossary/digital-twin> (дата обращения: 21.11.2024).

197. Virtual Twin Experience | Cloud - Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/cloud/virtual-twin-experience-cloud> (дата обращения: 21.11.2024).

198. Virtual Twin Experiences. - URL: <https://www.3ds.com/virtual-twin> (дата обращения: 21.11.2024).

199. What Is Digital Twin Technology? | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/blogs/corporate/what-is-digital-twin-technology> (дата обращения: 21.11.2024).

200. What is Digital Twin and why is it important? | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/industry-insights/digital-twin> (дата обращения: 21.11.2024).

201. Digital Twin Technology Solutions | Aras. - URL: <https://aras.com/en/why-aras/digital-twin> (дата обращения: 21.11.2024).

202. The Aras Approach to the Digital Twin: What Makes It Different? | Aras. - URL: <https://aras.com/en/blog/the-aras-approach-to-the-digital-twin> (дата обращения: 21.11.2024).

203. The Digital Twin: Everything, Everywhere, All at Once | Aras. - URL: <https://aras.com/en/blog/the-digital-twin-everything-everywhere-all-at-once> (дата обращения: 21.11.2024).

204. Writer S. A. How-to Guide for Building Digital Twins. - URL: <https://aras.com/en/blog/a-how-to-guide-to-building-digital-twins> (дата обращения: 21.11.2024).

205. Atkinson W. Aras Announces Digital Twin Core for Creating and Managing Digital Twins. - URL: <https://www.standardindustries.com/aras-announces-digital-twin-core-for-creating-and-managing-digital-twins/> (дата обращения: 21.11.2024).

206. ГОСТ Р 57700.37-2021 Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Общие положения. - URL: <https://meganorm.ru/Index/75/75810.htm> (дата обращения: 21.11.2024).

207. Цифровой двойник (Digital Twin) и управление жизненным циклом (PLM/BIM) – Цифровые технологии. - URL: https://solutions.1c.ru/digital/digital-twin_plm-bim/ (дата обращения: 21.11.2024).

208. T-FLEX PLM – работаем с цифровым двойником изделия в виртуальной реальности. - URL: <https://www.tfex.ru/about/publications/detail/index.php?ID=4372> (дата обращения: 21.11.2024).

209. Формула цифрового двойника от консорциума «РазВИТие». - URL: <https://ascon.ru/news/2020/10/16/formula-cifrovogo-dvojnika-ot-konsorciuma-razvitie/> (дата обращения: 21.11.2024).

210. Blurring the Lines: Integrating Simulation and Design in PLM. - URL: <https://aras.com/en/resources/all/0703-blurring-the-lines-simulation> (дата обращения: 21.11.2024).

211. 90% of CAE users have no strategy for data/process management? - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/10-cae-users-have-strategy-dataprocess-management-jeff-waters> (дата обращения: 21.11.2024).

212. Downloads | Position Papers | Complimentary Reports - CIMdata. - URL: https://www.cimdata.com/en/component/docman/cat_view/43-complimentary-reports/46-position-papers (дата обращения: 21.11.2024).

213. MBSE and the Business of Engineering The Case for Integrating MBSE and PLM. // Aras. 2024 URL: <https://aras.com/wp-content/uploads/2024/03/mbse-business-of-engineering.pdf> (дата обращения: 21.11.2024).

214. Virtually Indistinguishable | SpringerLink. - URL: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-35758-9_20 (дата обращения: 21.11.2024).

215. CIMdata-2021-Simulation_-_Analysis-Market-Analysis-Report.pdf. - URL: https://images.g2crowd.com/uploads/attachment/file/175875/CIMdata-2021-Simulation_-_Analysis-Market-Analysis-Report.pdf (дата обращения: 21.11.2024).

216. Managing the use of simulation in systems engineering: An industrial state of practice and a prioritization method - ScienceDirect. - URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0166361521000932?__cf_chl_tk=O46VBNqCGbhz0ha6y2MqygWu_.xw9TMBK0Rw4ysJqY-1723202749-0.0.1.1-5460 (дата обращения: 21.11.2024).

217. Systems Engineering Vision 2035. - URL: <https://www.incose.org/publications/se-vision-2035> (дата

обращения: 21.11.2024).

218. Why Goldman Sachs Thinks «Less than 20%» of Aras PLM is Worth \$70 Million - Engineer-ing.com. - URL: <https://www.engineering.com/why-goldman-sachs-thinks-less-than-20-of-aras-plm-is-worth-70-million/> (дата обращения: 21.11.2024).

219. Цифровая платформа 3DEXPERIENCE — уникальная среда создания устойчивых инноваций | Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/ru/3dexperience/> (дата обращения: 21.11.2024).

220. Open and Adaptable PLM & Digital Thread Solutions | Aras. - URL: <https://www.aras.com/en/> (дата обращения: 21.11.2024).

221. Emerging Technologies Roundtable: The Atlas Platform | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/resources/plm-on-demand/Emerging-Technologies-Roundtable-The-Atlas-Platform> (дата обращения: 21.11.2024).

222. Teamcenter PLM | Siemens Software. - URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/> (дата обращения: 21.11.2024).

223. Teamcenter simulation data management | Siemens Software. - URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/solutions/simulation-process-data-management-spd/> (дата обращения: 21.11.2024).

224. Simulation and data | Siemens Teamcenter. - URL: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/teamcenter/solutions/simulation-process-data-management-spd/> (дата обращения: 21.11.2024).

225. Digital Twin. - URL: <https://www.sw.siemens.com/en-US/digital-twin/> (дата обращения: 21.11.2024).

226. Product Lifecycle Management PLM Software | ENOVIA - Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/products/enovia> (дата обращения: 21.11.2024).

227. Transform Your Business with 3DEXPERIENCE Platform | Dassault Systèmes. - URL: <https://www.3ds.com/3dexperience/> (дата обращения: 21.11.2024).

228. Windchill PLM Software | Enterprise PLM System | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/products/windchill> (дата обращения: 21.11.2024).

229. Arena PLM and QMS Solutions | PTC. - URL: <https://www.ptc.com/en/products/arena> (дата обращения: 21.11.2024).

230. Master the Basics with Our In-Depth Guide to Aras Innovator 101. - URL: <https://aras.com/en/support/aras-innovator-101> (дата обращения: 21.11.2024).

231. Digital Twin Core. - URL: <https://aras.com/en/capabilities/applications/digital-twin-core> (дата обращения: 21.11.2024).

232. Решения для управления жизненным циклом продукции (PLM) | SAP. - URL:

<https://www.sap.com/central-asia-caucasus/products/scm/plm-r-d-engineering.html> (дата обращения: 21.11.2024).

233. Product Lifecycle Management (PLM) Software | SAP. - URL: <https://www.sap.com/products/scm/plm-r-d-engineering.html> (дата обращения: 21.11.2024).

234. ЛОЦМАН:PLM: обзор программы. - URL: <https://ascon.ru/products/locman-plm/> (дата обращения: 21.11.2024).

235. АСКОН и DATADVANCE создадут SPDM-решение для управления данными цифровых испытаний. - URL: <https://ascon.ru/news/2023/09/04/askon-i-datadvance-sozdadut-spdm-reshenie-dlya-upravleniya-dannymi-cifrovyyh-ispytaniy/> (дата обращения: 21.11.2024).

236. Формула цифрового двойника от консорциума «РазВИТие». - URL: <https://ascon.ru/news/2020/10/16/formula-cifrovogo-dvojnika-ot-konsorciuma-razvitie/> (дата обращения: 21.11.2024).

237. СИСТЕМА «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ 8. PDM УПРАВЛЕНИЕ ИНЖЕНЕРНЫМИ ДАННЫМИ 4 (PLM)» // КТ-Сермент. - URL: old.kt-segment.ru/pdm-plm (дата обращения: 21.11.2024).

238. 1С:PLM Управление жизненным циклом - О решении - Описание. - URL: <https://solutions.1c.ru/catalog/pdm> (дата обращения: 21.11.2024).

239. Appius-PLM Управление жизненным циклом изделия - ГК АППИУС. - URL: <https://www.appius.ru/products/appiusPLM/> (дата обращения: 21.11.2024).

240. Интеграция. Импорт данных из реестра в формате xlsx - URL: <https://appius-plm.ru/integr> (дата обращения: 21.11.2024).

241. SPDM and PLM turns riddle to reality: Go exploring without leaving the house! - Simcenter. - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/going-exploring-with-spdm-plm/> (дата обращения: 21.11.2024).

242. Effective SPDM Is More Crucial Than Ever | Aras. - URL: <https://aras.com/en/blog/effective-spdm-is-more-crucial-than-ever> (дата обращения: 21.11.2024).

243. Enhancing Product Lifecycle Management (PLM) for Engineers with Integrated High Performance Computing (HPC) Capabilities through Rescale - Rescale. - URL: <https://rescale.com/blog/enhancing-product-lifecycle-management-plm-for-engineers-with-integrated-high-performance-computing-hpc-capabilities-through-rescale/> (дата обращения: 21.11.2024).

244. How do SPDM & PLM support MBSE? - URL: <https://www.analogictips.com/how-do-spdm-plm-support-mbse-faq/> (дата обращения: 21.11.2024).

245. Complete Your Digital Thread with PLM, SPDM, and Material Intelligence. - URL: <https://www.ansys.com/blog/complete-digital-thread-with-plm-spdm-material-intelligence> (дата обращения: 21.11.2024).

246. SPDM with Teamcenter Simulation 2406 – 3 ways to win powerful digital thread prizes - Simcenter. - URL: <https://blogs.sw.siemens.com/simcenter/teamcenter-simulation-spdm-2406/> (дата обращения: 21.11.2024).

247. Ansys Minerva 2024 R1. - URL: <https://www.ansys.com/blog/ansys-minerva-2024-r1> (дата обращения: 21.11.2024).

248. Disconnected Engineering Is Costing You Time and Money. - URL: <https://www.ansys.com/fr-fr/blog/disconnected-engineering-is-costing-you-time-and-money-and-impeding-innovation> (дата обращения: 21.11.2024).

249. PLM Interoperability STEP AP 209 for Multidisciplinary Analysis and Design. - URL: <https://www.linkedin.com/pulse/plm-interoperability-multidisciplinary-analysis-design-figay> (дата обращения: 21.11.2024).

НАШИ ИЗДАНИЯ



Функциональные характеристики отечественных систем автоматизированного проектирования (CAD-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 214 с.



Функциональные характеристики отечественных систем инженерного анализа (CAE-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.]. – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 228 с.



Функциональные характеристики отечественных систем управления оборудованием с числовым программным управлением (CAM-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 188 с.





Функциональные характеристики отечественных систем управления жизненным циклом изделия (PLM-систем). Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на март 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 174 с.



Направления и формы сотрудничества отечественных разработчиков индустриального программного обеспечения с системой образования. Экспертно-аналитический доклад (по состоянию на апрель 2024 года): монография / А. И. Боровков, О. И. Рождественский, Е. И. Павлова [и др.] – СПб.: ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2024. – 132 с.



Тренды и сценарии развития рынка авиационных двигателей, включая двигатели беспилотных летательных аппаратов, в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А. И. Боровков [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 204 с.

Авторы: А. И. Боровков, Е. Р. Мартынец, Л. А. Щербина, Н. И. Прытков, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин





Тренды и сценарии развития рынков решений в области цифровой трансформации промышленных компаний в рамках направления «Технет» НТИ в 2023 году. Экспертно-аналитический доклад: монография / А. И. Боровков [и др.] ; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 116 с.

Авторы: А. И. Боровков, Л. А. Щербина, Е. Р. Мартынец, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Н. И. Прытков, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин



Тренды и сценарии развития рынков, относящихся к «цифровой фабрике», по направлению «Технет» НТИ в условиях новой экономической реальности. Экспертно-аналитический доклад: монография / А. И. Боровков [и др.]; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. – 108 с.

Авторы: А. И. Боровков, Л. А. Щербина, Е. Р. Мартынец, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Н. И. Прытков, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин



Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности: монография / под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2022. – 492 с.

Авторы: А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина, Е. Р. Мартынец, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, К. В. Кукушкин, А. А. Гамзикова





Цифровые двойники: вопросы терминологии /
А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – 28 с.

Авторы: А. И. Боровков, А. А. Гамзикова, К. В. Кукушкин, Ю. А. Рябов



Передовые производственные технологии: возможности для России. Экспертно-аналитический доклад:
монография / А. И. Боровков [и др.]; под ред. А. И. Боровкова. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2020. – 436 с.

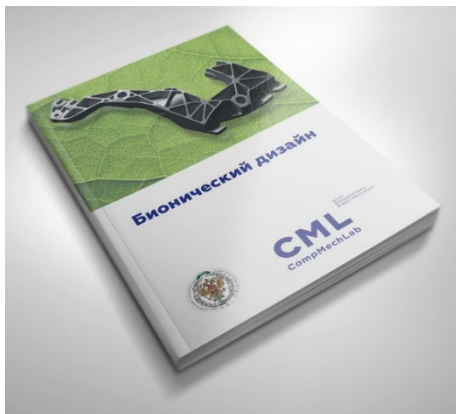
Авторы: А. И. Боровков, К. В. Кукушкин, А. А. Корчевская, А. Т. Хуторцова, Л. А. Щербина, Ю. А. Рябов, С. В. Салкуцан, Е. О. Касяненко, И. С. Метревели, К. О. Вишневский, Ю. В. Туровец, М. С. Липецкая, Д. В. Санатов, Н. С. Андреева, Е. А. Римских, В. А. Пастухов, Н. В. Гоголь, М. А. Королькова



Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности. Краткий доклад (сентябрь 2019 года) /
А. И. Боровков [и др.]. – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2019. – 62 с.

Авторы: А. И. Боровков, А. А. Гамзикова, К. В. Кукушкин, Ю. А. Рябов





Бионический дизайн: монография / А.И. Боровков [и др.]. – СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2015. – 92 с.

Авторы: А. И. Боровков, В. М. Марусева, Ю. А. Рябов, Л. А. Щербина



Современное инженерное образование: / А. И. Боровков [и др.]. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 80 с.

Авторы: А. И. Боровков, С. Ф. Бурдаков, О. И. Клявин, М. П. Мельникова, В. А. Пальмов, Е. Н. Силина



Компьютерный инжиниринг: / А. И. Боровков [и др.]. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 93 с.

Авторы: А. И. Боровков, С. Ф. Бурдаков, О. И. Клявин, М. П. Мельникова, А. А. Михайлов, А. С. Немов, В. А. Пальмов, Е. Н. Силина



ОБ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ЦЕНТРЕ НТИ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» СПБПУ

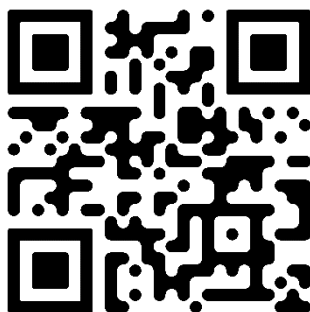
Инфраструктурный центр НТИ по направлению «Технет» СПбПУ (далее – Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ) создан в ноябре 2022 года по итогам конкурсного отбора инфраструктурных центров направлений Национальной технологической инициативы (НТИ).

Деятельность Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ направлена на поддержку проектов, популяризацию технологий, разработку нормативных правовых актов, а также проведение аналитических исследований, в том числе в области цифровой трансформации промышленных компаний.

Программа Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ реализуется с целью формирования и развития институциональной среды, обеспечивающей устойчивое формирование комплекса ключевых компетенций, обеспечивающих интеграцию отечественных передовых производственных технологий (ППТ) и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик Будущего» первого и последующего поколений и нацеленных на создание глобально конкурентоспособной кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности в контексте национальных стратегических приоритетов импортонезависимости и технологического суверенитета РФ.

Достижению поставленной цели способствует выполнение следующих задач:

1. Поэтапное совершенствование нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения.
2. Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы.
3. Организационно–техническая и экспертно-аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы.
4. Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов.



Боровков Алексей Иванович
Рождественский Олег Игоревич
Павлова Елизавета Ивановна
Поняева Ирина Игоревна
Кайданова Алина Хоповна
Чхеидзе Екатерина Павловна
Старостенко Анастасия Андреевна
Распопина Полина Станиславовна
Голякевич Артём Сергеевич
Чварков Сергей Анатольевич
Луковникова Наталья Михайловна
Андреев Иннокентий Борисович
Ольховик Александра Олеговна
Джелали Полина Александровна
Кукушкин Кирилл Алексеевич
Будилов Виктор Николаевич
Скопин Петр Вячеславович

**АНАЛИЗ РЫНКА СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ИЗДЕЛИЯ (PLM-СИСТЕМ)
В РАМКАХ НАПРАВЛЕНИЯ «ТЕХНЕТ» НТИ**

Экспертно-аналитический доклад