

КРАТКАЯ СПРАВКА К ЭКСПЕРТНО-АНАЛИТИЧЕСКОМУ ДОКЛАДУ «ТРЕНДЫ И СЦЕНАРИИ РАЗВИТИЯ РЫНКОВ, ОТНОСЯЩИХСЯ К «ЦИФРОВОЙ ФАБРИКЕ», ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНЕТ» НТИ В УСЛОВИЯХ НОВОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ РЕАЛЬНОСТИ»

Экспертно-аналитический доклад «Тренды и сценарии развития рынков, относящихся к «цифровой фабрике», по направлению «Технет» НТИ в условиях новой экономической реальности» подготовлен Инфраструктурным центром НТИ по направлению «Технет» СПбПУ (Инфраструктурный центр «Технет» СПбПУ) при участии Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, материалы которого использованы в Главе 4. «Основные технологии и разработки на рынке цифрового проектирования и моделирования по направлениям «Технет» НТИ» и Главе 5. «Показатели по компаниям «Технет» НТИ, специализирующихся на разработке решений в области цифрового проектирования и моделирования, вовлеченным в реализацию направления НТИ».

Доклад содержит результаты исследования, посвященного трендам и сценариям развития технологий цифрового проектирования и моделирования, являющихся основой создания Фабрик будущего, в частности цифровых фабрик (Digital Factory). Формирование Фабрик будущего является одной из ключевых целей кросс-отраслевого и кросс-рыночного направления «Технет» НТИ. Цифровые фабрики представляют собой системы комплексных технологических решений, обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения от стадии исследования и планирования, когда закладываются базовые принципы изделия, и заканчивая созданием цифрового макета (Digital Mock-Up, DMU), «цифрового двойника» (Smart Digital Twin), опытного образца или мелкой серии («безбумажное производство», «всё в цифре»).

Под технологиями цифрового проектирования и моделирования понимается совокупность следующих технологий:

- компьютерного проектирования (Computer-Aided Design, CAD);
- компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering, CAE и High-Performance Computing, HPC);
- технологической подготовки производства¹ (Computer-Aided Manufacturing, CAM);
- управления данными об изделии (Product Data Management, PDM) и управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM).

Рассматриваемые технологии легли в основу сегментации рынка цифрового проектирования и моделирования (Таблица 1).

¹ Подразумеваются технологии разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ

Таблица 1. Цифровое проектирование и моделирование: рыночные сегменты
и ключевые технологии

Рынок	Ключевая технология
Рынок компьютерного проектирования (Computer-Aided Design Market, CAD Market)	Компьютерное проектирование (Computer-Aided Design, CAD) подразумевает процесс разработки 3D-моделей в CAD-системах. CAD-системы представляют собой программные системы компьютерного проектирования, позволяющие на основе 3D-моделей осуществлять создание чертежей и / или оформление конструкторской и / или технологической документации.
Рынок компьютерного инжиниринга (Computer-Aided Engineering Market, CAE Market)	Компьютерный инжиниринг (Computer-Aided Engineering, CAE) определяется как совокупность методов и средств решения научно-технических проблем путем математического и компьютерного моделирования на основе CAE-систем. CAE-системы – это программные системы компьютерного инжиниринга, 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.
Рынок суперкомпьютерного инжиниринга (High Performance Computing Market, HPC Market)	Суперкомпьютерный инжиниринг (High Performance Computing, HPC) представляет собой совокупность методов и средств решения научно-технических проблем путем математического и суперкомпьютерного моделирования на основе CAE-систем и высокопроизводительных вычислительных систем (суперкомпьютеров, кластеров и т. д., построенных, как правило, на эффективном сочетании CPU- и GPU-процессоров), позволяющих эффективно реализовать подход одновременного / параллельного решения нескольких вариантов задач или разных задач из различных отраслей промышленности.
Рынок технологической подготовки производства (Computer-Aided Manufacturing Market, CAM-Market)	Технологическая подготовка производства (Computer-Aided Manufacturing, CAM) представляет собой процесс проектирования обработки изделий на оборудовании с числовым программным управлением (далее – ЧПУ) (фрезерных, сверлильных, токарных, шлифовальных, эрозионных, пробивных и других станках) при помощи CAM-систем. CAM-системы являются программными системами технологической подготовки производства, позволяющими на основе 3D-моделей, полученных из CAD-систем, осуществлять разработку управляющих программ для изготовления изделий на оборудовании с ЧПУ.
Рынок управления данными об изделии (Product Data Management Market, PDM Market)	Управление данными об изделии (Product Data Management, PDM) – это организационно-техническая система, обеспечивающая управление всей информацией об изделии. При этом в качестве изделий могут рассматриваться различные сложные технические объекты (корабли и автомобили, самолеты и ракеты, компьютерные сети и др.). PDM-системы являются неотъемлемой частью PLM-систем. Одной из целей PDM-систем является обеспечение возможности групповой работы над проектом, то есть просмотра в реальном времени и совместного использования общих информационных ресурсов предприятия.
Рынок управления жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management Market, PLM Market)	Управление жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM) – это стратегический подход к ведению бизнеса, при котором используется набор совместимых решений для поддержки общего (collaborative) представления информации о продукте в процессе его разработки, производства и эксплуатации, в среде расширенного (extended) предприятия – начиная от концепции создания продукта и заканчивая его утилизацией – при интеграции человеческих ресурсов, производственных процессов и информации.

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ

По результатам анализа различных аналитических докладов удалось определить среднее значение объема для каждого из рассматриваемых сегментов рынка цифрового проектирования и моделирования. В 2022 году рынок суперкомпьютерного инжиниринга и рынок управления жизненным циклом изделий лидировали по объему среди других рынков.

Рисунок 1. Объемы мировых рынков цифрового проектирования и моделирования в 2022 году (млрд долл.)



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ

При этом, согласно прогнозным оценкам, данные рынки продемонстрируют сравнительно низкие темпы роста в период до 2027 года. Наиболее быстрорастущими рынками в среднесрочной перспективе станут рынки компьютерного инжиниринга и управления данными об изделии.

Эти характеристики сегментов рынка цифрового проектирования и моделирования, а также тренды и жизненный цикл данных сегментов были рассмотрены в рамках **Главы 1. Рынок технологий цифрового проектирования и моделирования по направлению «Технет» НТИ**.

Согласно исследованию, результаты которого представлены в Главе 1, все рассмотренные рыночные сегменты являются достаточно зрелыми. Северная Америка стала регионом, лидирующим по объему по большинству рыночных сегментов, в то время как Азиатско-Тихоокеанский стал наиболее быстрорастущим регионом в 2022 году и сохранит эти позиции в среднесрочной перспективе. Основными потребителями решений цифрового проектирования и моделирования являются высокотехнологичные отрасли промышленности, такие как автомобильная, оборонная и аэрокосмическая промышленность.

Глава 2. Барьеры, риски и нормативное правовое регулирование развития рынка цифрового проектирования и моделирования по направлению «Технет» НТИ содержит описание барьеров и рисков, встающих перед организациями, ведущими деятельность на рынках цифрового проектирования и моделирования, а также результаты анализа мер государственной поддержки научно-исследовательских работ и развития международного и национального нормативно-технического ландшафта в области цифрового проектирования и моделирования.

В данной главе доклада представлены результаты опроса российских разработчиков программного обеспечения в сфере компьютерного инжиниринга, проведенного Инфраструктурным центром «Технет» СПбПУ совместно с АНО «ЦКИТ» и анонсированного на конференции «Цифровая индустрия промышленной России» (31 мая – 2 июня 2023 года). В рамках опроса были выделены два типа барьеров: первый тип – барьеры развития цифрового проектирования и моделирования в России, которые необходимо преодолеть к 2024 году, второй тип – барьеры, которые необходимо преодолеть к 2029 году.

Таблица 2. Барьеры развития цифрового проектирования и моделирования в России

Барьеры, которые необходимо преодолеть к 2024 году	Барьеры, которые необходимо преодолеть к 2029 году
Зависимость от иностранного программного обеспечения. Организации продолжают	Недостаточный уровень подготовки инженерного персонала на предприятиях, устаревшие практики

Барьеры, которые необходимо преодолеть к 2024 году	Барьеры, которые необходимо преодолеть к 2029 году
использовать иностранное программное обеспечение.	проектирования изделий, недостаточный уровень использования CAE-технологий.
Недостаточность государственной поддержки закупок отечественного инженерного программного обеспечения, жесткие условия закупки ПО у единого поставщика.	Несовершенство нормативного правового обеспечения: устаревшие нормы, противоречия принятых и уже действующих стандартов.
Недостаточный уровень подготовки инженерных кадров в сфере разработки ПО.	Недостаточный уровень подготовки инженерных кадров в сфере разработки ПО.
Прочие барьеры: • Завышенная заработная плата ИКТ-специалистов; • Отсутствие частных инвестиций, направляемых для развития ПО; • Недостаточный спрос на российское ПО со стороны промышленных компаний; • Отсутствие заинтересованности вузов в обучении кадров на базе отечественного ПО.	Прочие барьеры: • Нежелание предприятий формировать требования к российскому ПО, а также недостаточная осведомленность российских потребителей о российском ПО; • Отсутствие инженерных сообществ; • Недостаточный объем / нехватка мер государственной поддержки; • Высокая стоимость российского ПО для предприятий.
Направления деятельности, которые впоследствии приведут к устранению или существенному снижению влияния существующих барьеров	
• Запрет на использование нелицензионного иностранного ПО на государственном уровне, в том числе запрет использования иностранного инженерного ПО: в учебном процессе вузов; при выполнении НИР, финансируемых отечественными научными фондами; при выполнении подрядных работ, финансируемых из государственных средств. • Недопущение параллельного импорта зарубежного ПО. • Системная государственная поддержка российских разработчиков ПО, в том числе реальное субсидирование 50% затрат на приобретение отечественного инженерного ПО; при государственном финансировании новых разработок в сфере ИТ не менее 50% затрат должны приходиться на малые предприятия; осуществление субсидирования организаций при переходе на отечественное прикладное ПО. • Создание инвестиционного климата для развития российского ПО, в том числе снижение бюрократического и административного давления на бизнес на всех уровнях управления. • Интенсивное развитие нормативно-правовой базы по применению технологий цифрового проектирования и моделирования. • Внедрение в образовательный процесс университетов курсов по работе с российским ПО, финансирование закупок лицензий в университетах. • Возможность принятия результатов компьютерного моделирования (виртуальных испытаний) для выполнения оценки соответствия требованиям, предъявляемым к изделию, которая, как правило, выполняется по результатам промежуточных / приёмочных испытаний. • Образование инженерных сообществ. • Создание площадок (выставки, конференции) для продвижения российского ПО.	

Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ по материалам опроса российских разработчиков программного обеспечения в сфере компьютерного инжиниринга, проведенного Инфраструктурным центром «Технет» СПбПУ совместно с АНО «ЦКИТ»

Кроме того, в Главе 2 рассмотрены меры государственной поддержки научно-исследовательских работ в области цифрового проектирования и моделирования в различных странах, в том числе странах БРИКС. В ходе анализа государственных программ было выявлено, что страны направляют существенные инвестиции на развитие технологий высокопроизводительных вычислений, преимущественно на разработку аппаратной части. При этом некоторые государства (США, Китай, Россия) также поддерживают и разработку технологий проектирования и

компьютерного/суперкомпьютерного инжиниринга (программного обеспечения). Для развития этого направления в Российской Федерации приняты две дорожные карты, определяющие развитие индустриального программного обеспечения (ДК НИПО) и общесистемного программного обеспечения (ДК НОПО).

Также особое внимание государства уделяют формированию доступной суперкомпьютерной инфраструктуры для академической сферы и промышленных компаний с целью реализации научных и прикладных исследований. Организация доступа к вычислительным мощностям осуществляется в формате конкурсов перспективных проектов.

Относительно нормативно-технического регулирования в области цифрового проектирования и моделирования, можно отметить, что большинство уполномоченных европейских и американских организаций ведут совместную работу, как правило, по стандартизации общесистемных характеристик программных продуктов, из чего следует, что международный нормативно-технический ландшафт в области программного обеспечения находится на достаточно зрелом уровне. Однако разработано ограниченное количество нормативно-технических документов в области прикладного инженерного программного обеспечения. Отдельную работу по направлениям конкретных технологий цифрового проектирования и моделирования международные организации практически не осуществляют. Учитывая зрелость современных программных продуктов, которые начали развиваться в 1960-е годы, можно предположить, что существующего количества стандартов в области разработки программного обеспечения достаточно для создания инженерного программного обеспечения в рамках технологий цифрового проектирования и моделирования.

Если рассмотреть подходы к стандартизации в области цифрового проектирования и моделирования в странах БРИКС, то можно сделать вывод, что в Китае достаточно развито самостоятельное нормативно-техническое регулирование технологий цифрового проектирования и моделирования. В то же время в Бразилии, Индии и ЮАР стандартизация в области цифрового проектирования и моделирования преимущественно направлена на заимствование и применение международных стандартов.

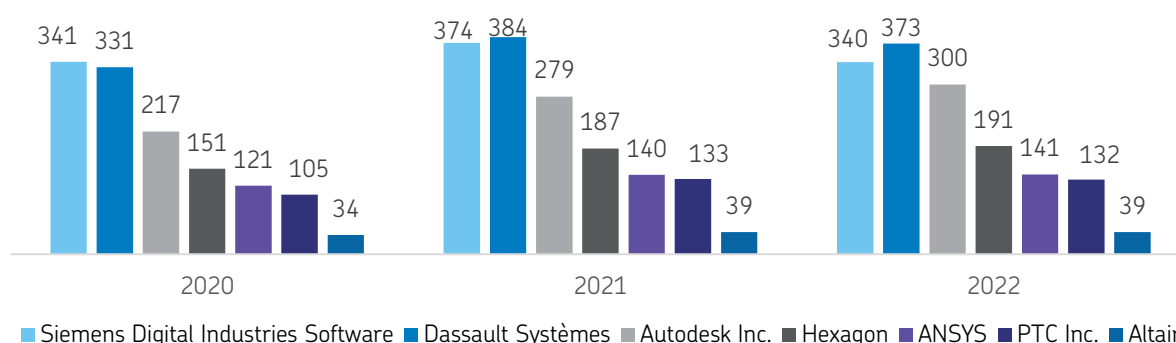
В нормативно-технической системе стандартизации ряда зарубежных стран отмечается важность безопасности при интеграции систем и обмене данными, которая должна быть обеспечена на всех стадиях жизненного цикла программного продукта. В отечественной системе стандартизации практически отсутствуют нормативные документы, регулирующие основы безопасности, рисков, интеграции данных между системами и проч. Это может свидетельствовать о том, что в отечественной практике низкий уровень востребованности технических документов, направленных на регулирование общесистемных характеристик программных продуктов, и, при этом число существующих стандартов, часть из которых заимствована, достаточно для реализации общесистемных характеристик.

В Российской Федерации ведется планомерная работа по подготовке стандартов в области численного моделирования для применения в разных отраслях промышленности, а также разработка стандартов, направленных на регулирование проведения натурных испытаний продукции совместно с виртуальными испытаниями. Деятельность Российской Федерации, направленная на формирование национального нормативно-технического ландшафта в области

цифрового проектирования и моделирования, носит системный характер и является одним из приоритетных направлений деятельности технических комитетов Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии.

В Главе 3. Основные игроки и проекты на рынке цифрового проектирования и моделирования по направлению «Технет» НТИ представлены результаты анализа деятельности компаний, их бизнес-моделей и финансовых стратегий. Важную часть исследования составляет анализ проектов в области цифрового проектирования и моделирования, реализуемых рассматриваемыми компаниями, в числе которых: Altair Engineering Inc., ANSYS Inc., Autodesk Inc., Dassault Systèmes SE, Hexagon AB, PTC Inc., Siemens Digital Industries Software.

Рисунок 2. Выручка компаний-лидеров рынка цифрового проектирования и моделирования в 2020–2022 годы (млрд руб.)²



Источник: ИЦ «Технет» СПбПУ

Отличительной особенностью рынка цифрового проектирования и моделирования является преобладание регулярных обновлений существующих проектов и решений над появлением новых. Например, компания PTC выпустила модификацию-обновление для своих CAD- и PLM-решений Onshape и Arena, которое позволяет соединить два решения при помощи одной кнопки и ускорить перенос данных с одного продукта на другой [291], а компания Autodesk продолжила активную работу над своим продуктом Fusion 360, интегрируя в него все больше и больше соответствующих решений [292].

Однако несмотря на актуальную тенденцию в обновлении и совершенствовании существующих решений, в 2022 году был запущен ряд новых перспективных проектов. Так, в апреле 2022 года немецкая компания Siemens совместно с компанией Pasqal, являющейся мировым лидером в области квантовых вычислений на основе нейтральных атомов, запустила многолетний исследовательский проект, целью которого стало развитие области квантового мультифизического моделирования. Первый этап сотрудничества должен продлиться 3,5 года, в его реализации будут

² Примечания к рисунку:

1. Данные о выручке разработчиков программных систем цифрового проектирования и моделирования за 2020–2022 годы получены из открытых финансовых отчетов соответствующих компаний.

2. Выручка разработчиков программных систем цифрового проектирования и моделирования за 2020–2022 годы рассчитана в рублях Российской Федерации. Перевод иностранной валюты (доллара США и евро) осуществлялся отдельно для каждого года указанного периода согласно среднегодовому валютному курсу, установленному Центральным Банком Российской Федерации.

принимать участие как исследователи обеих компаний, так и сотрудники университета Эксетера (Exeter University) – партнера компании Pasqal. Финансированием проекта занимается компания Siemens. Проект опирается на существующий объем данных исследований компании Pasqal в этой области, включая методы решения нелинейных дифференциальных уравнений. В течение многих лет классические компьютеры доминировали в этих методах решения над квантовыми компьютерами, но недавний прогресс Pasqal показал перспективу квантового преимущества в ближайшем будущем. Ожидается, что запатентованные компанией Pasqal квантовые методы решения сложных нелинейных дифференциальных уравнений повысят производительность программных решений Siemens, использующихся для компьютерного проектирования и моделирования изделий в автомобильной, электронной, энергетической и аэрокосмической отраслях [294].

В рамках главы были также представлены результаты исследования причин приостановки или отмены некоторых проектов компаний. Среди наиболее частых причин закрытия проектов в области цифрового проектирования и моделирования можно отметить следующие: смена курса развития компании, высокая стоимость конечного продукта, проблема переноса данных, неактуальность программного решения и др.

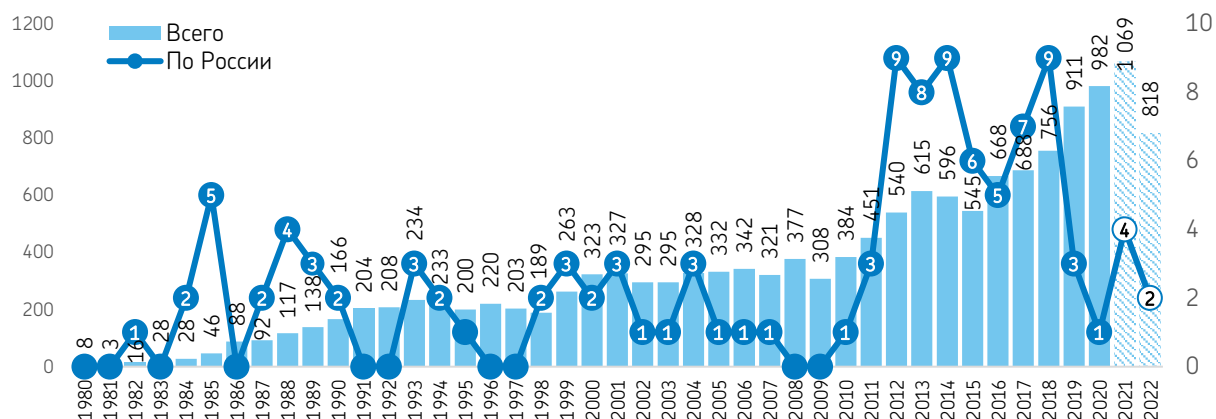
Глава 4. Основные технологии и разработки на рынке цифрового проектирования и моделирования по направлению «Технет» НТИ содержит описание технологий цифрового проектирования и моделирования, результаты библиометрического и патентного анализа разработок в мире и в России, а также технологический радар по исследуемой тематике.

По итогам библиометрического анализа в области цифрового проектирования и моделирования можно отметить положительную динамику количества публикаций как по миру в целом, так и по России. Тематиками одних из наиболее цитируемых работ по миру и по России за последние годы являются методы оптимизации дизайна конструкции изделий, изготавливаемых при помощи технологий трехмерной печати и способы повышения эффективности процессов печати изделий.

По результатам патентного анализа также можно отметить стабильный рост количества патентов. Согласно данным международной патентной базы данных Questel Orbit, в течение 1980–2022 годов³ в мире было подано 14 955 заявок на получение патентов в области технологий цифрового проектирования и моделирования. В России за 1980–2022 годы было зарегистрировано 110 заявок на получение патентов в сфере технологий CAD, CAM, CAE, CAE и HPC, PDM, PLM.

³ Общий патентный анализ по технологиям CAD, CAM, CAE, CAE и HPC, PDM и PLM по миру был проведен за 1980–2022 годы, так как активное развитие технологий началось в 1980-х годах, и данные по этому временному промежутку наиболее актуальны в разрезе анализа рынков

Рисунок 3. Количество поданных заявок на получение патентов в области CAD, CAM, CAE, CAE и HPC, PDM, PLM (1980–2022 годы)



Источник: МГУ имени М.В. Ломоносова на основе данных международной патентной базы данных Questel Orbit, 2023⁴.

Наблюдается в целом положительная динамика количества заявок на получения патентов, за исключением спада после 2021 года в мире. При этом снижение значений показателей может быть связано с тем, что патентные документы публикуются национальными и региональными патентными ведомствами через полтора года после того, как патентная заявка была впервые опубликована. Среднегодовой темп прироста по количеству заявок на патенты в мире в период с 2011 по 2020 год составил 9,0% (2021 и 2022 годы не учитывались в расчете).

В Главе 5. Показатели по компаниям «Технет» НТИ, специализирующихся на разработке решений в области цифрового проектирования и моделирования, вовлеченным в реализацию направления НТИ приведены результаты анализа компаний, которые входят в реестр компаний НТИ, описание их продуктов и услуг, объемы выручки, в том числе экспортной, количество прав на РИД, реализуемые проекты и технологический ландшафт рынка, занимаемого компаниями НТИ, в рамках рассматриваемых технологий. Перечень исследуемых компаний был составлен на основе реестров «НТИ 1000» и Фонда «Сколково»⁵.

По результатам анализа компаний направления «Технет» НТИ было отобрано 15 компаний,

⁴ Для поиска был использован следующий запрос: (((COMPUTER_AIDED DESIGN) OR (CAD 1D MODEL+) OR (CAD 1D SYSTEM+) OR (COMPUTER_AIDED MANUFACTURING) OR (CAM 1D MODEL+) OR (CAM 1D SYSTEM+) OR (COMPUTER_AIDED ENGINEERING) OR (CAE 1D MODEL+) OR (CAE 1D SYSTEM+) OR (HIGH_PERFORMANCE COMPUTING) OR ((HPC OR HIGH_PERFORMANCE COMPUTING) AND (COMPUTER_AIDED ENGINEERING OR CAE)) OR (PRODUCT 1D DATA 1D MANAGEMENT) OR (PDM 1D MODEL+) OR (PDM 1D SYSTEM+) OR (PRODUCT 1D LIFECYCLE 1D MANAGEMENT) OR (PLM 1D MODEL) OR (PLM 1D SYSTEM+)) NOT (SECTION OR GROOVE OR DISEASE OR TREATMENT OR DISORDER OR DRUG OR CAMERA OR PHOTO+ OR DYE OR FILM OR DENTURE OR MEDICAL OR AUDIO))/TI/AB/OBJ/KEYW AND ((G06F OR G06T OR G06Q OR G05Q OR H04L OR G06N OR G06K OR G01B OR G01N OR H01L OR B22F OR H05K OR G01R OR G06G OR G01M OR B23K OR B25J OR G06V OR B23Q OR G01C OR G09G OR B21D OR B23P OR B22C OR G01S OR H04N OR G03F OR E04G OR E04B OR G11C OR H04B OR B62D OR B63B OR G02B OR B64F OR B01D OR C22C)/IPC AND ("basic materials chemistry" OR "materials, metallurgy" OR "micro-structure and nano-technology" OR "organic fine chemistry" OR "surface technology, coating" OR "macromolecular chemistry, polymers" OR "chemical engineering" OR "audio-visual technology" OR "basic communication processes" OR "control" OR "measurement" OR "optics" OR "digital communication" OR "computer technology" OR "electrical machinery, apparatus, energy" OR "semiconductors" OR "it methods for management" OR "telecommunications" OR "engines, pumps, turbines" OR "handling" OR "machine tools" OR "mechanical elements" OR "other special machines" OR "thermal processes and apparatus" OR "transport")/TEC) AND APD=1980-01-01:2022-12-31.

⁵ В категории «Рынки НТИ», «Технет», «Цифровое проектирование и моделирование».

разрабатывающих программные системы и аппаратные решения в области цифрового проектирования и моделирования. Из 33 рассмотренных решений/ ПО наибольшее число относится к CAE-системам (9 решений/ ПО) и CAD-системам (6 решений/ ПО). Часть решений являются системами, объединяющими в себе несколько классов ПО (CAD и CAE).

Таблица 3. Компании, разрабатывающие системы цифрового проектирования и моделирования, перечень их решений и количество РИД

№	Наименование компании	Разрабатываемые системы	Количество РИД
1	ООО «ФИДЕСИС»	CAE Fidesys	83
2	ООО «ЭТТОН ГРУП»	Система прослеживаемости продукции «Эттон»	26
3		Etton.Pipe	
4	ООО «500М ТЕХ.»	Интеллектуальная САПР СВЧ интегральных схем «Смекалец»	20
5	ООО «С-ИННОВАЦИИ»	Проект «Разработка и применение цифровых производственных технологий в производстве высокотемпературных сверхпроводников (ВТСП)»	16
6	АО «ЛОТОС»	LOTUS ЕСУИ	–
7	ООО «ОПТИБОТ»	Программно-аппаратная платформа для автоматизации производственных процессов на предприятиях в рамках концепции индустрии 4.0	–
8	ООО «РСК ЛАБС»	Технологии суперЭВМ экзафлопного уровня производительности	2
9	ООО «ЭЙЧПИСИ ХАБ РИСЕРЧ»	HPC Hub	–
10	ООО «ЦЕНТР ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ»	Технологии предсказательного моделирования процессов горения и взрыва с применением высокопроизводительных вычислений на базе супер-ЭВМ	–
11	ООО «БИГПРИНТЕР ЦИФРОВЫЕ ИННОВАЦИИ»	Программно-аппаратный комплекс (BPCS) для программного и электронного управления цифровыми струйными печатными системами	3
12	ООО «ЭРЕМЕКС»	САПР Delta Design	15
13	ЗАО «ТОП СИСТЕМЫ»	T-FLEX PLM Платформа	37
14		T-FLEX CAD	
15		T-FLEX CAD 2D+	
16		T-FLEX ЧПУ 2D	
17		T-FLEX ЧПУ 3D	
18		T-FLEX Анализ	
19		T-FLEX Динамика	
20		T-FLEX Зубчатые передачи	
21		T-FLEX Пружины	
22		T-FLEX PDM	
23	ФГУП «РЯЦ ВНИИЭФ» (Государственная корпорация «Росатом»)	СПЖЦ «Цифровое предприятие»	31
24		СПЖЦ.CAD	
25		СПЖЦ.CAM	
26		СПЖЦ.CAE	
27		СПЖЦ.PDM	
28		Пакет программ Логос	
29		Логос Аэро-Гидро	
30		Логос Тепло	
31		Логос Прочность	
32	ООО «1С»	1С: PDM Управление инженерными данными 3	70
33	Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга»	CML-Bench®	35

№	Наименование компании	Разрабатываемые системы	Количество РИД
	(CompMechLab®) СП6ПУ Петра Великого		

Источник: МГУ имени М.В. Ломоносова на основе данных «НТИ 1000», системы СПАРК-Интерфакс, информационно-поисковой системы ФИПС, системы ЕГИСУ НИОКТР, 2023

У большинства российских разработчиков программных систем и аппаратных решений в области цифрового проектирования и моделирования средняя выручка за период 2017–2018 годов составила больше 100 млн рублей. 10 из рассматриваемых компаний обладают исключительным правом на результаты интеллектуальной деятельности (РИД)⁶.

Таблица 4. Количество зарегистрированных РИД компаниями направления «Технет» НТИ, разрабатывающих системы цифрового проектирования и моделирования, с разделением по классам ПО⁷

№	Тип компании	Итого по компаниям
1	Компании, разрабатывающие CAD-системы	15
2	Компании, разрабатывающие САМ-системы	3
3	Компании, разрабатывающие САЕ-системы	83
4	Компании, разрабатывающие ПО и аппаратное обеспечение на базе HPC	2
5	Компании, разрабатывающие PDM-системы	70
6	Компании, разрабатывающие системы различных классов	165
ИТОГО по количеству прав на РИД		338

Источник: МГУ имени М.В. Ломоносова по материалам системы СПАРК-Интерфакс, Информационно-поисковой системы ФИПС и системы ЕГИСУ НИОКТР, 2023

Экспертно-аналитический доклад содержит 554 источника литературы, 56 рисунков, 29 таблиц. К настоящему докладу оформлены приложения, содержащие дополнительные материалы: к Главе 2: «Приложение 1. Обзор деятельности международных организаций по нормативно-техническому регулированию», «Приложение 2. Перечень национальных стандартов в области цифрового проектирования и моделирования», «Приложение 3. Перечень нормативно-технических документов, выделенных в ходе опроса отечественных разработчиков программного обеспечения цифрового проектирования и моделирования. Agile-подход к разработке программного обеспечения», «Приложение 4. Перспективный план стандартизации в области численного моделирования», к Главе 3: «Приложение 5. Стартапы в области цифрового проектирования и моделирования», к Главе 4: «Приложение 6. Расшифровка кодов международной патентной классификации», к Главе 5: «Приложение 7. Географический анализ компаний», а также Дайджест ключевых событий по тематике цифрового проектирования и моделирования в рамках направления «Технет» НТИ в мире и России.

⁶ Количество зарегистрированных исключительных прав на РИД внутри технологии считалось как сумма таких прав всех компаний, разрабатывающих данную технологию. Информация собиралась из открытых источников и с помощью опроса компаний направления «Технет» НТИ.

⁷ Среди рассмотренных компаний ни одна не разрабатывает только системы управления жизненным циклом изделий (PLM-системы), требующие высокого уровня интеграции с системами на базе других технологий, поэтому все рассмотренные разработчики PLM-систем относятся к компаниям, разрабатывающим системы различных классов.