

Рынок НТИ Технет - это кросс-рыночное и кросс-отраслевое направление, обеспечивающее технологическую поддержку развития рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности за счет формирования цифровых «умных» виртуальных Фабрик будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future). Современные тенденции развития экономики обусловлены обеспечением технологического суверенитета и технологического лидерства, предполагающим переход от импортозамещения к технологическому лидерству и созданию высокотехнологичной продукции. Это в первую очередь актуализирует развитие технологических решений, в том числе технологий цифрового проектирования и моделирования, разрабатываемых внутри страны и востребованных отечественными компаниями. Меры поддержки государства сфокусированы на разработке, производстве и применении преимущественно собственных технологий.

Одним из основополагающих документов в области развития передовых производственных технологий на ближайшее десятилетие стал Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года».

Ключевой целью развития Российской Федерации выступает технологическое лидерство, направленное на обеспечение технологической независимости и формирование новых рынков по таким направлениям, как биоэкономика, сбережение здоровья граждан, продовольственная безопасность, беспилотные авиационные системы, средства производства и автоматизации, транспортная мобильность (включая автономные транспортные средства), экономика данных и цифровая трансформация, искусственный интеллект, новые материалы и химия, перспективные космические технологии и сервисы, новые энергетические технологии (в том числе атомные). В рамках реализации этой цели Правительство Российской Федерации ведет формирование национальных проектов (предварительные названия) по следующим направлениям:

- 1) Средства производства и автоматизация.
- 2) Новые материалы и химия.
- 3) Развитие космической промышленности.
- 4) Новые технологии сбережения здоровья.
- 5) Новые атомные и энергетические технологии.
- 6) Транспортная мобильность (беспилотные авиационные системы).

Ключевым приоритетом обозначена интеграция Направлений НТИ с указанными Национальными проектами. Деятельность, разворачивающаяся в рамках направления «Технет» НТИ, в полной мере соответствует установленным приоритетам, а также направлена на достижение технологического суверенитета и лидерства. Более того, в рамках инициатив «Технет» НТИ формируется государственная политика в области развития передовых производственных технологий.

Работа по подготовке и формированию ДК «Технет 1.0» НТИ и ДК «Технет 4.0» НТИ стала основой для формирования терминологии в области передовых производственных технологий, которая впоследствии была интегрирована в ключевые нормативные правовые документы в этой области.

Так, в рамках Стратегического направления в области цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности, относящейся к сфере деятельности Министерства промышленности и торговли Российской Федерации в соответствии с Распоряжением Правительства Российской Федерации 7 ноября 2023 г. № 3113-р утверждено определение «цифровой сертификации». Определение формировалось в ходе рабочих встреч А.И. Боровкова, проректора по цифровой трансформации СПбПУ, руководителя программы Инфраструктурного центра по развитию направления НТИ «Технет», лидера-соорганизатора рабочей группы «Технет», и А.Р. Белоусова, Министра обороны Российской Федерации (ранее – Первый заместитель Председателя Правительства Российской Федерации, помощник Президента Российской Федерации) в рамках подготовки плана мероприятий («дорожной карты») «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ в 2016-2017 гг.

Развитие направления «Технет» НТИ, в том числе фокусировка направления на технологиях цифрового проектирования и моделирования, привело к изменению подходов к интерпретации инженеринговых услуг. Так, 22 июня 2024 года президент Российской Федерации В.В. Путин подписал Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 144-ФЗ, который в рамках изменений в Федеральный закон от 31.12.2014 № 488-ФЗ «О промышленной политике в Российской Федерации» разделяет понятия инженеринговых услуг и организаций в сфере создания промышленной продукции и в сфере создания промышленного производства. При этом в части инженеринговых услуг в сфере создания промышленной продукции практически без изменений закреплено определение, предложенное проректором по цифровой трансформации СПбПУ А.И. Боровковым.

Также приоритеты направления «Технет» НТИ отражены в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации (в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 28 февраля 2024 г. № 145) в части пункта 21.а, в котором перечисляются «сквозные» технологии направления «Технет» НТИ: «переход к передовым технологиям проектирования и создания высокотехнологичной продукции, основанным на применении интеллектуальных производственных решений, роботизированных и высокопроизводительных вычислительных систем, новых материалов и химических соединений, результатов обработки больших объемов данных, технологий машинного обучения и искусственного интеллекта».

В 2018 году эксперты СПбПУ участвовали в разработке, а затем в реализации плана мероприятий («дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (ДК «Технет 2.0» НТИ), которая была утверждена 23 марта 2018 года (Распоряжения Правительства РФ № 482-р от 23.03.2018 и № 1420-р от 28.05.2020 г.).

В 2023 году эксперты ИЦ «Технет» СПбПУ приняли участие в формировании перечня мероприятий для III этапа Плана мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий («дорожной карты») Национальной технологической инициативы по направлению «Технет». Распоряжение Правительства Российской Федерации от 1 июня 2024 г. №1370-р (Москва, 1 июня 2024 года. - 11 с.)

Таким образом, направление «Технет» НТИ выступает драйвером формирования государственной повестки в области передовых цифровых и производственных технологий. В рамках дальнейшей деятельности Инфраструктурного центра «Технет» необходимо расширить роль направления и участие экспертов направления в формировании нормативной правовой и нормативно-технической базы по направлению «Технет» НТИ.

Сегодня мир стоит на пороге развития экономики нового технологического поколения – Цифровой экономики (Digital Economy), развитие которой определяется «умными данными». Центральное место в экономике занимает сфера материального производства – высокотехнологичная промышленность, которая должна отвечать требованиям глобальной конкурентоспособности, требованиям эффективности и высокой производительности труда. Для удовлетворения этим требованиям сейчас в мире стремительно развиваются тотальная дигитализация, автоматизация и интеллектуализация промышленности, осуществляется переход к киберфизическим системам, происходит объединение материального и цифрового / виртуального миров. Эти глобальные изменения

сопровождается развитием принципиально новых бизнес-процессов на всех уровнях. С целью развития России в соответствии с мировыми технологическими трендами и для наиболее полной реализации открывающихся возможностей повышения конкурентоспособности российской промышленности и создаваемой конечной продукции была разработана дорожная карта «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы.

«Фабрики Будущего» понимаются как системы комплексных технологических решений (интегрированные технологические цепочки), обеспечивающие в кратчайшие сроки проектирование и производство глобально конкурентоспособной продукции нового поколения. «Фабрики Будущего», как правило, генерируются на испытательных полигонах (TestBeds).

Сейчас перед промышленностью России стоит новый вызов – Time to Market – минимальное время вывода конкурентоспособной продукции нового поколения на рынок (конкурентное преимущество – преимущество продукта над конкурентами, обеспечиваемое за счёт предоставления потребителю более высокой ценности). Ответом на этот вызов должны стать «Фабрики Будущего» – Цифровые – «Умные» – Виртуальные, которые за счет:

- принципиально новых подходов к цифровому проектированию на основе полного математического моделирования и технологий оптимизации;
- виртуальных испытаний, которые, к тому же, значительно снижают объемы дорогостоящих натуральных испытаний;
- передовых производственных технологий и цифрового умного производства обеспечат выпуск высокотехнологичной продукции лучше и быстрее, чем в настоящий момент существует в экономике России.

Цифровая Фабрика ориентирована на проектирование и производство продукции нового поколения, как правило, от стадии исследования и планирования, когда закладываются базовые принципы изделия, до стадии создания цифрового макета продукта (Digital Mock-Up, DMU), «цифрового двойника» (Digital Twin) и опытного образца или мелкой серии. Оценка общих эффектов от внедрения «Цифровой» Фабрики в сравнении с традиционными моделями производства и проектирования: снижение затрат – 10-50%; сокращение времени производства – 20-70%; рост прибыли – 10-50% (установлено эмпирическим способом при реализации сопоставимого передового проекта – GE Brilliant Factory).

В результате внедрения технологий Цифровой Фабрики заказчик получит современную высокотехнологичную производственную цепочку, объединяющую передовые программные системы в единую систему с цифровизацией производственных процессов на уровне до 95%.

«Умная» Фабрика – ориентирована на производство продукции нового поколения от заготовки до готового изделия по цене серийного производства текущего индустриального уклада. В качестве входного продукта «Умной» Фабрики используется результат работы Цифровой Фабрики. Отсутствие зависимости цены от признака серийности обеспечивается за счет увязанных общей системой управления и логистической системой отдельных модулей, обеспечивающих реализацию всех технологических переделов без участия человека (24 часа в сутки, 7 дней в неделю, 365 дней в году). Оценка общих эффектов от внедрения «Умной» Фабрики в сравнении с традиционными моделями производства и проектирования: 2-4-кратное сокращение времени производства; рост вводов 50-70%; рост прибыли до 2 раз (установлено эмпирическим способом при реализации сопоставимого передового проекта – GE Brilliant Factory).

В результате внедрения технологий «Умной» Фабрики заказчик получит автоматизированный «Умный» завод с безлюдным интеллектуальным производством не менее 100% основных технологических операций.

Виртуальная фабрика – объединение Цифровых и (или) «Умных» Фабрик в единую сеть либо как части глобальных цепочек поставок (поставки => производство => дистрибуция и логистика => сбыт и сервисное обслуживание), либо как распределенных производственных активов. Продукт Виртуальной фабрики – это виртуальная модель всех организационных, технологических, логистических процессов территориально распределенных «цифровых» и «умных» производств, представленных для пользователя как единый объект. Оценка общих эффектов от внедрения Виртуальной Фабрики в сравнении с традиционными моделями производства и проектирования: 2-4-кратный рост предсказуемости; 40% снижение затрат; сокращение числа единиц оборудования – 7-15% (установлено эмпирическим способом при реализации сопоставимого передового проекта – GE Brilliant Factory).

В результате внедрения технологий Виртуальной Фабрики заказчик получит пакет решений для виртуального управления цепочками поставок на предприятии.

Цифровые и Виртуальные Фабрики покрывают все уровни готовности технологий и производства (TRL-1 – TRL-9, MRL-1 – MRL-10), «Умные» Фабрики покрывают уровни готовности технологий и производства с TRL-4–TRL-9, MRL-4 – MRL-10.

Результаты внедрения систем комплексных технологических решений могут существенно повысить производительность и ресурсоэффективность производственного процесса. Соединение всех трех типов «Фабрик Будущего» позволит произвести процесс трансформации из традиционного производства в передовое, трансформируя все элементы цепочки добавленной стоимости.

Все названные передовые производственные технологии имеют быстрорастущие рынки, но различную структуру, стадию развития и уровень зрелости, количество и мощностные игроки, страны-лидеров и т. д. Средние прогнозируемые темпы роста по направлениям составляют от 4-5% до 25-30% в год. Объем рынка «Фабрик Будущего» (передовых производственных технологий, систем комплексных технологических решений на их основе, а также продукции, выпускаемой предприятиями, внедрившими технологии «Фабрик Будущего») к 2035 году составит более \$3 трлн.

02.02.01 Тренды рынка НТИ Технет

1. Тренды по направлению "Цифровое проектирование и моделирование"

- Переход от перевода процессов в цифровую форму для их оптимизации («оцифровки») к изменению продуктов, бизнес-моделей и производственных архитектур («цифровизации») или цифровой трансформации в современном понимании).
- Тематики компьютерного инжиниринга и промышленного дизайна трансформировались в обсуждение «клиенто-ориентированного подхода в проектировании».
- Фокус внимания сместился с управления качеством и управления жизненным циклом на глубокую кастомизацию (серия начинается от единицы продукции) и, соответственно, на управление жизненным циклом кастомизированного продукта на базе индивидуального цифрового двойника промышленного изделия.
- Глубокая кастомизация как подход привела к смене «инструментальной» производственной повестки на бизнес-повестку.

- Расширение применения цифрового проектирования и моделирования в отрасли беспилотных авиационных систем.

2. Тренды по направлению "Новые материалы"

- Изменилась исследовательская повестка, связанная с передовыми производственными технологиями. Ключевой составляющей производственных систем становится управление производством на основе данных на базе цифровых двойников оборудования и производственных процессов.
- Для создания новых материалов необходимы «гибридные навыки», так как формирование следующего поколения материалов будет основано на компьютерном моделировании и вычислениях, междисциплинарных исследованиях, включающих быстрое прототипирование, автоматический сбор и анализ данных, самооптимизация.
- Развитие цифровых технологий моделирования, машинного обучения делают процессы разработки новых материалов все более точными и эффективными.
- Развитие рынка аддитивных технологий будет оставаться одним из значимых факторов развития рынка новых материалов
- Внедрение подходов, основанных на данных и предполагающих применение статистики, машинного обучения и искусственного интеллекта (Artificial intelligence, AI) для моделирования и оценки поведения материалов.
- Отмечается увеличение доли конечных деталей, изготавливаемых с использованием аддитивных технологий (direct manufacturing).
- Смещается фокус с разработки новых аддитивных технологий на определение и расширение перечня сфер применения 3D- печати отдельных функциональных элементов конечной продукции в самых разных отраслях.
- Разработка и распространение автоматизированных решений для сокращения времени, которое необходимо для выполнения ключевых задач.
- Создание коммерческих образцов «умных» материалов, которые способны контролируемо изменять свои свойства под внешним воздействием.

3. Тренды по направлению "Индустриальный интернет и беспроводная связь"

- Предикивное обслуживание оборудования – устройства, способные обнаруживать аномалии в работе промышленного оборудования и компонентах инфраструктуры и строить вероятностные прогнозы аварий и поломок;
- Сервисы по созданию полноценных цифровых двойников в производстве на базе искусственного интеллекта;
- Продукты и инфраструктура для «туманных вычислений» (Fog computing) и «пограничные вычисления (Edge computing), которые могут быть востребованы для интероперабельности и межмашинной коммуникации цехового оборудования или транспортных средств;
- Продукты и решения по обеспечению кибербезопасности.
- 5G (от англ. fifth generation – пятое поколение) – поколение сотовой связи, действующее на основе стандартов телекоммуникаций, следующих за существующей технологией четвертого поколения 4G-LTE.
- LPWAN (англ. Low Power Wide Area Network – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия).
- Wi-Fi 6 (IEEE 802.11ax) – это модификация версии стандарта технологии беспроводной передачи данных 802.11ac (Wi-Fi 5), работающая в общепринятых для Wi-Fi диапазонах частот от 2,4 ГГц до 5 ГГц.
- Беспилотные летательные аппараты
- Тенденция внедрения дополненной и виртуальной реальности в системы индустриального интернета
- Интероперабельность – способность продукта или системы, интерфейсы которых полностью открыты, взаимодействовать и функционировать с другими продуктами или системами без каких-либо ограничений доступа и реализации.
- Искусственный интеллект и анализ индустриальных данных
- Кибербезопасность и защита персональных данных
- Технология компьютерного зрения
- Рост значимости предикивного обслуживания, основанного на диагностике и контроле его состояния при помощи анализа поступающих с него данных
- Использование программного обеспечения как услуги (англ. SaaS – Software-as-a-Service) постепенно трансформируется в привычный инструмент «новой реальности»
- Граничные (периферийные) вычисления (англ. edge computing) – принцип построения иерархической ИТ-инфраструктуры, при котором вычислительные ресурсы частично перемещаются из ядра – центрального дата-центра на периферию и располагаются в непосредственной близости от места создания первичных «сырых» данных для их первичной обработки перед передачей вышестоящему вычислительному узлу.

4. Технологии робототехники и сенсорики

Увеличенные темпы роботизации в целом положительно влияют на экономику стран. Капитал стимулирует рост производительности за счет инвестиций в машины, компьютеры, робототехнику и другие высокотехнологичные системы.

Повышение уровня роботизации производств приводит к росту производительности и конкурентоспособности, сокращению издержек и цен на готовую продукцию.

Основными трендами в области роботизации являются:

- удешевление технологий роботизации;
- упрощение интерфейсов взаимодействия робота и человека;
- создание программного обеспечения для автоматического программирования роботов;
- повышение гибкости производственных процессов (возможность производства разной продукции на одном производственном участке, снижение стоимости переналадки роботизированного технологического комплекса);
- расширение сфер применения робототехники, в частности для мелкосерийного производства;
- использование бизнес-модели «Робототехника как услуга»;
- использование автономных мобильных роботов в логистической сфере;
- использование технологии виртуальной и дополненной реальности для моделирования/программирования робототехнических процессов.
- Переориентация на предикивное обслуживание и удаленный мониторинг оборудования в различных отраслях промышленности по всему миру.
- развитие бесконтактных пользовательских интерфейсов и их внедрение в автомобильные приложения.

- более широкое внедрение промышленных роботов, использующихся в различных отраслях.
 - развитие адаптируемых и перенастраиваемых производств на основе матричной структуры.
 - развитие коллаборативных роботов.
5. Тренды по направлению "Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)"
- рост рынка интеллектуального производства, вероятно, будет продиктован высоким спросом со стороны сегмента оборонной и аэрокосмической промышленности.
 - активное развитие рынка связано с потребностями предприятий, реализующих программы промышленной трансформации (например, Индустрия 4.0) в автоматизации.
 - использование технологий: управление транспортировкой, бортовые устройства на транспортных средствах, интеллектуальная автоматизация складского хозяйства, методы для расчета чистых таблиц — восходящий расчет «истинных» затрат на обслуживание, использование подходов динамической маршрутизации.
 - использование платформ операторов сетей связи общего пользования. Обеспечивается совместимость разнообразных существующих решений по передаче информации у предприятий и организаций Промышленного интернета с сетью и платформами операторов сетей связи общего пользования.
6. Тренды в области беспилотных авиационных систем.
- В целях снижения негативного влияния на окружающую среду и улучшения технических и экологических показателей выпускаемых продуктов, мировые лидеры в области производства беспилотных летательных аппаратов проводят исследования в области передовых производственных технологий, направленные на достижение следующих характеристик двигателей:
- уменьшение выбросов углекислого газа и уменьшение углеродного следа двигателя;
 - уменьшение выбросов азота при сжигании топлива двигателем;
 - увеличение топливной эффективности, экономичности эксплуатации, срока службы двигателей;
 - обеспечение легкости, прочности, термоустойчивости и долговечности деталей двигателей;
 - повышение производительности системы, оптимизация работы двигателя

03.01.05 Глобальные драйверы развития рынка НТИ Технет

В мире активно развивается цифровая экономика (Digital Economy), в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, а использование результатов их анализа позволяет существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг. Центральное место в экономике занимает сфера материального производства – высокотехнологичная промышленность, которая должна отвечать требованиям глобальной конкурентоспособности, эффективности и высокой производительности труда.

Помимо этого, для промышленности цифровая трансформация характеризуется переходом к киберфизическим системам благодаря использованию цифровых двойников, промышленного интернета, больших данных, искусственного интеллекта, машинного обучения, развития робототехники и сенсорики, новых материалов и аддитивных технологий. Эти изменения сопровождаются развитием принципиально новых бизнес-процессов на всех уровнях.

В рамках трансформации активно развиваются новые рынки технологий. Так, согласно оценке Ассоциации «Технет», объем мировых рынков по направлениям «Технет» НТИ в 2020 году составил около \$ 501,24 млрд, в России – \$ 60,1 млрд.

Важной объективной характеристикой роста спроса на передовые производственные технологии является снижение доли промышленных производств в ВВП стран «развитого» мира и рост аутсорсинга, а затем – локализации промышленных производств в странах развивающегося мира.

Можно выделить четыре группы стран по трендам изменения доли промышленных производств в ВВП.

- Первая группа – замедление темпов прироста / снижение доли промышленных производств в ВВП. Такая ситуация характерна для КНР и Республики Кореи. Перелом произошел в 2012-2013 гг. Процесс может быть связан с постепенным завершением этапа промышленной модернизации для этих стран, ростом заработной платы в промышленной сфере.
- Вторая группа – удержание доли промышленности в ВВП за счет совершенствования технологий и повышения маржинальности выпускаемой продукции. В такой ситуации оказались такие «постиндустриальные» страны как Германия и Япония. Удержание доли осуществляется за счет высокой специализации предприятий и производства высокотехнологичной дорогостоящей продукции.
- Третья группа – рост доли промышленности в структуре ВВП. Промышленная модернизация характерна, например, для Индии.
- Четвертая группа – снижение доли промышленности в структуре ВВП вследствие аутсорсинга производства, перехода к экономике услуг, трансформации цепочек добавленной стоимости: США, Франция, Россия, Великобритания.

Все представленные группы демонстрируют повышенный спрос на передовые производственные технологии и решения, некоторые страны – для остановки рецессии промышленного производства (США, Великобритания, Россия), некоторые – для поддержания роста, стабилизации роста (КНР, Республика Корея, Япония, Германия), некоторые – для ускорения роста модернизации на основе индустриализации (Индия).

Технологические рынки оказывают прямой эффект как на развитие промышленного производства в целом, так и на развитие ключевых отраслей, таких как автомобилестроение, двигателестроение, авиастроение, судостроение, машиностроение, непрерывное производство и др.

Также глобальным драйвером развития рынка НТИ Технет выступает рост мировых расходов на исследования и разработки, а также инжиниринг. Наиболее наукоемкими отраслями по общим расходам на исследования и разработки в 2018 году стали вычислительная техника и электроника – 22,5%, здравоохранение – 21,7% и автомобилестроение – 16%.

Доля отраслей промышленного производства на исследования и разработки суммарно составляет до 29,4% от общих мировых расходов. Наукоемкость обрабатывающих производств основана преимущественно на расходах предприятий на инжиниринг и проектирование.

Согласно данным «Zinnov Zones ER&D Services 2019», мировые корпоративные расходы на технологии инжиниринга, а также научные исследования и разработки в 2019 году составили \$ 1,36 трлн. Ожидается, что к 2025 году при среднегодовом темпе роста 7% (CAGR) объемы рынка достигнут отметки \$ 2,2 трлн.

03.02.04 Национальные драйверы развития рынка НТИ Технет

1. Для оценки макроэкономического развития стран мира могут использоваться различные инструменты. Одним из наиболее актуальных подходов является визуализация «потоков» глобальной торговли (экспорта и импорта). Такой анализ позволяет анализировать «сложность» экономики, прогнозировать потенциал для роста и новые возможности для стран мира.

Инструмент для анализа международной торговли «Атлас экономической сложности» был создан Гарвардской лабораторией роста (Harvard Growth Lab, Гарвардский университет, США) позволяет прогнозировать потенциал для роста и новые возможности для стран мира.

По оценке создателей Атласа для России целесообразно формировать политику на основе подхода «легких» касаний - наличие возможностей для роста в уже развитых секторах экономики, в том числе за счет существующих ноу-хау. Достаточный потенциал для диверсификации экономики, использование которого позволит повысить сложность экономики. Наличие в России экономических заделов, включая ноу-хау, формирует умеренные возможности для диверсификации в смежные продуктовые направления.

Согласно методологии Harvard Growth Lab, при реализации этого подхода могут быть рассмотрены стратегии «усложнения» экономики России, в том числе развития новых направлений продуктов. Согласно анализу, наиболее перспективными отраслями для России являются промышленное машиностроение и производство автомобилей.

2. В настоящий момент в России более 260 акселерационных программ, направленных на развитие стартапов. Из имеющихся акселераторов региональные бизнес-инкубаторы составляют 58% (151 инкубатор), инкубаторы, созданные по программе поддержки малого и среднего предпринимательства Минэкономразвития России, инкубаторы, открытие которых профинансировал сам регион; инкубаторы на базе вуза - 35% (91 инкубатор); инкубаторы, созданные и функционирующие в высших учебных заведениях, финансирование за счет средств вуза; инфраструктурные бизнес-инкубаторы - 6% (13 бизнес-инкубатор) - инкубаторы в кластерах, технопарках. Важно отметить, что средний возраст университетских акселерационных программ составляет всего 4-5 лет, тогда как аналогичный показатель не связанных с университетами российских программ, составляет 8 лет. Как следствие, сравнивая показатели работы «молодых» программ с данными более «взрослых» программ из других выборок, крайне важно учитывать контекст. Например, средний срок работы программ из европейских и глобальных выборок составляет 9 и 10 лет соответственно.

В мировой практике все большее развитие получают корпоративные акселераторы. Под корпоративным акселератором понимается институт, функционирующий только для одного предприятия, либо на базе самого предприятия, либо на основе бизнес акселератора. Несмотря на относительно небольшой возраст рынка, российские компании уже успели проработать собственные подходы к корпоративной акселерации.

Но спрос на акселераторы не удовлетворен: конкурс на акселерационную программу составляет в среднем 20 компаний на место, при этом конкурс в корпоративные акселераторы более чем в 2 раза выше, чем в остальные (25 против 10,5 компаний на место). Таким образом, для успешного развития направления «Технет» НТИ, необходимо повышать количество профильных акселерационных программ, включая запуск корпоративных акселераторов. Среди трендов развития рынка промышленной робототехники в России можно выделить:

- Импортозамещение - вместо массового внедрения промышленных роботов импортного производства становится все более масштабным локальное производство роботов на территории Российской Федерации. Потребность в импортозамещении промышленных роботов увеличивает спрос на отечественном рынке робототехники.
- Формирование отрасли беспилотного транспорта - повышенный спрос на беспилотные летательные аппараты гражданского и военного назначения, а также беспилотный автомобильный транспорт и безэкипажные катера стимулирует проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области робототехники и интеграции робототехнических систем с программными средствами, что способствует расширению рынка робототехники, появлению разработок и технологий, направленных на повышение автономности робототехнических систем.
- Активное развитие программных систем - недостаточность материально-технической и электронной базы, а также высокая конкуренция с разработками из других стран, преимущественно стран Азии, способствует росту отечественных решений в области программного обеспечения для интеграции робототехнических систем и автономного управления.

Кроме того, специфичным драйвером развития отечественного рынка промышленной робототехники является значительно высокий уровень износа оборудования на предприятиях и недостаточный уровень модернизации отечественных производств, в связи с чем потребность в совершенствовании производственных мощностей стимулирует внедрение промышленных роботов и систем в отечественной промышленности.

04.01.01 ЦК НТИ Новые производственные технологии

Значимой вехой для развития направления «Технет» стал конкурс на создание центров компетенций НТИ (далее - ЦНТИ), проведенный в ноябре - декабре 2017 года в рамках Постановления Правительства РФ от 16 октября 2017 года № 1251 «Об утверждении Правил предоставления субсидии из федерального бюджета на оказание государственной поддержки центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций и Положения о проведении конкурсного отбора на предоставление грантов на государственную поддержку центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций».

ЦНТИ представляют собой инженерно-образовательные консорциумы, которые реализуют программы по преодолению технологических барьеров для обеспечения лидерства российских компаний на глобальных рынках. Центры компетенций НТИ формируются в партнерстве с университетами, научными и коммерческими организациями. Задачами ЦНТИ являются трансляция результатов фундаментальных исследований в инженерные приложения, технологический трансфер через кооперацию с индустриальными партнерами, а также подготовка лидеров разработки новых технологий посредством реализации образовательных программ.

Благодаря серьезному научно-технологическому заделу, сформированному, в том числе в рамках реализации ДК «Технет», на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ в январе 2018 года был создан Центр компетенций НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии». Для реализации программы развития Центра НТИ СПбПУ был сформирован консорциум (74 организации на февраль 2020 года) с участием ведущих университетов, корпораций и крупных промышленных высокотехнологических предприятий - лидеров отраслей,

научных организаций, высокотехнологичных компаний-лидеров («национальных чемпионов»), институтов развития и др.

На стратегической сессии по развитию беспилотных авиационных систем, которую провел Председатель Правительства Российской Федерации М.В. Мишустин 12 сентября 2023 года, был утвержден национальный проект «Беспилотные авиационные системы», в рамках которого планируется удвоение объём российского рынка тяжелых и средних аппаратов к 2030 году.

Аналитические исследования Инфраструктурного центра «Технет» СПбПУ, а также массовые мероприятия, проведенные в 2023 году в рамках образовательного интенсива «Архипелаг 2023», который проходил в 28 июля по 8 августа в Новосибирске и Пятого международного форума «Передовые цифровые и производственные технологии», который проходил 12-13 октября 2023 года, показали интерес и наличие значительного задела сообщества по тематике применения передовых производственных технологий в авиастроении и при проектировании и производстве беспилотных летательных аппаратов на протяжении всего жизненного цикла изделий.

04.01.02 Задел по рынку Технет НТИ

Объем мировых рынков сквозных технологий направления «Технет» НТИ продолжает расти. Согласно прогнозам аналитических компаний, рассмотренным Инфраструктурным центром, рынок цифрового проектирования и моделирования будет расти в среднем на 6-11% ежегодно в период с 2024 по 2030 годы, рынок цифровых двойников – на 35%, рынок аддитивных технологий – на 20%, рынок новых материалов – на 7%.

В настоящий момент уже достигнуты значимые результаты мирового уровня. По результатам реализации ДК «Технет 1.0» НТИ и ДК «Технет 4.0» НТИ достигнуты следующие результаты (на август 2024 года):

1) Создано 9 «фабрик будущего» в инициативном порядке, в числе которых три «умных фабрики»:

- Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников CML-Bench®, ГК CompMechLab®/Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (далее – ИЦ ЦКИ CompMechLab® СПбПУ) / Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» / Научный центр мирового уровня (далее – НЦМУ) СПбПУ «Передовые цифровые технологии» (2018 г.).
 - «Умная» Фабрика «Сатурн», ПАО «ОДК-Сатурн» / АО «ОДК» / ГК «Ростех» (2018 г.).
 - Высокотехнологичное производство робототехнических комплексов / АО «Диаконт» (2018 г.).
 - «Цифровая верфь», АО «СНСЗ» / АО «ОСК» (2018 г.).
 - Цифровой двойник системы очистки бурового раствора, ЗАО «Центротех-СПб» / АО «ТВЭЛ» / ГК «Росатом» (2018-2019 гг.).
 - Цифровая фабрика по созданию семейства высокооборотных дизельных двигателей / ООО «УДМЗ» / АО «Синара-Транспортные машины» / Группа Синара (2020 г.).
 - Универсальная модульная платформа развития модельного ряда электротранспорта под различные запросы потребителей CML-EV, ГК CompMechLab® / ИЦ «ЦКИ» CompMechLab® СПбПУ) / Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» / НЦМУ СПбПУ «Передовые цифровые технологии» (2020 г.).
 - Разработка экспериментальной технологии создания цифрового двойника морского газотурбинного двигателя (MорГТД), развитие подходов системного инжиниринга на основе моделей в обеспечение устойчивого развития корабельных газотурбинных двигателей и агрегатов, АО «ОДК» / ГК «Ростех» (2021–2023 гг.).
 - Киберфизическая фабрика малоразмерных газотурбинных двигателей, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева / ПАО «ОДК-Кузнецов»/ АО «ОДК» / ГК «Ростех» (с 2023 г.).
- 2) Создано 9 испытательных полигонов («Testbeds») «Фабрик будущего»:
- Первый в стране испытательный полигон (TestBed) для генерации цифровых, «умных», виртуальных «Фабрик Будущего» создан на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ в 2017 году. На его базе развернуты испытательные полигоны в автомобилестроении – Automotive-1 (совместно с ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ»), Automotive-2 (совместно с ПАО «Соллерс») и Automotive-3 (совместно с ПАО «КАМАЗ» / ГК «Ростех»).
 - Создан испытательный полигон на базе АО «ОДК-Климов» / АО «ОДК» / ГК «Ростех» (двигатель ТВ7-117СТ-01 для нового пассажирского самолета Ил-114-300) (2019 г.).
 - Создан полигон на базе ООО «УДМЗ» / АО «Синара-Транспортные машины» / Группа Синара (создание семейства высокооборотных дизельных двигателей) (2020 г.).
 - С 2021 года создан виртуальный полигон и ведется разработка экспериментальной технологии создания цифрового двойника МорГТД и редуктора в составе агрегата (СПбПУ совместно с АО «ОДК» / ГК «Ростех»).
 - Разработан цифровой двойник тепловыделяющей сборки ядерного реактора, включающий виртуальный испытательный полигон (СПбПУ совместно с АО «ТВЭЛ» / ГК «Росатом» (2022-2023 гг.).
 - Создан испытательный полигон в рамках реализации проекта «Создание экспериментально-цифровой платформы сертификации материалов и изделий, создаваемых на основе передовых производственных технологий» за счет субсидии по соглашению № 075-10-2021-102 от 31 августа 2021 года, ЗАО «Инжиниринговая компания «ТЕСИС» / Сколковский институт науки и технологий / Фонд поддержки проектов НТИ.
- 3) Создано 4 экспериментально-цифровых центра (лаборатории) сертификации:
- Создан 1 Национальный центр тестирования, верификации и валидации инжинирингового программного обеспечения СПбПУ (далее – Центр ТВВ СПбПУ) для целей импортозамещения инженерного программного обеспечения (далее – ПО) (с применением цифровых решений АО «Аскон», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (ГК «Росатом») и консорциума «РазВИТие» и др.) на базе Передовой инженерной школы (далее – ПИШ) СПбПУ «Цифровой инжиниринг» .
 - Созданы 3 экспериментально-цифровых центра (лаборатории) сертификации в рамках реализации проекта «Создание экспериментально-цифровой платформы сертификации материалов и изделий, создаваемых на основе передовых производственных технологий» за счет субсидии по соглашению № 075-10-2021-102 от 31 августа 2021 года, ЗАО «Инжиниринговая компания» «ТЕСИС» / Сколковский институт науки и технологий / Фонд поддержки проектов НТИ.
- 4) На базе 8 профильных центров компетенций НТИ, специализирующихся на «сквозных» технологиях направления «Технет» НТИ, в 2017–2023 гг. осуществлена подготовка 42 322 специалистов:
- Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии».
 - Центр НТИ «Сенсорика» на базе Московского института электронной техники.
 - Центр НТИ в области робототехники и мехатроники на базе Университета Иннополис.
 - Центр НТИ по беспроводной связи и интернету вещей на базе Сколтех.
 - Центр НТИ по направлению «Технологии моделирования и разработки материалов с заданными свойствами» на базе Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.
 - Центр НТИ по направлению «Бионическая инженерия в медицине» Самарского государственного медицинского университета Минздрава России.
 - Центр НТИ по направлению «Технологии доверенного взаимодействия» на базе Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

- Центр НТИ «Технологии моделирования и разработки функциональных материалов с заданными свойствами» на базе Новосибирского национального исследовательского государственного университета.
- 5) Более 300 организаций стали участниками профессионального сообщества.
- 6) В 2018–2023 годах на базе СПбПУ проведено 7 акселерационных программ для проектов по тематике «Технет» НТИ.
- 7) Более 1,5 тысяч заявок поступило на конкурсы по направлению «Технет» и направлению «Новые производственные технологии» Фонда содействия инновациям, из них более 240 победителей.
- 8) 93 проекта НТИ рассмотрены Рабочей группой «Технет», из них 47 проектов поддержаны, а 3 рекомендованы к реализации Межведомственной рабочей группой.

05.01.01 Сегмент Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design) глобального рынка Технет

Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design)

По итогам 2022 года объем мирового рынка компьютерного проектирования был оценен экспертами аналитических компаний The Business Research Company и Research and Markets примерно в 10 млрд долл., а аналитиками компании Market Research Future – в 11,2 млрд долл. Данные показатели позволяют оценить среднее значение объема рынка компьютерного проектирования в 10,4 млрд долл., что превышает аналогичный показатель 2021 года на 4%.

К концу 2022 года объем мирового рынка компьютерного инжиниринга по оценкам таких аналитических агентств, как Research and Markets, IMARC Group и Grand View Research, достиг отметки в 9,3 млрд долл. Среднее значение объема рынка составляет 9,26 млрд долл., что на 22% превышает данный показатель за 2021 год.

Согласно оценкам экспертов компаний Market Research Future, IMARC Group и Grand View Research, объем мирового рынка суперкомпьютерного инжиниринга в конце 2022 года составил от 39,14 до 48,51 млрд долл. Среднее значение объема данного рынка равно 42,61 млрд долл., что превосходит аналогичный показатель 2021 года примерно на 11%.

Объем мирового рынка технологической подготовки производства по итогам 2022 года составил от 3,14 до 3,24 млрд долл., согласно оценкам таких аналитических компаний, как EnterpriseAppsToday, Skyquest и ReportLinker. Среднее значение объема рынка совпадает с прогнозами, сделанными аналитическими агентствами в 2021 году, и составляет 3,19 млрд долл. С 2021 по 2022 год прирост объема данного рынка составил примерно 8,5%.

По оценкам аналитических агентств Prescient & Strategic Intelligence, Vantage Market Research и Research and Markets, по итогам 2022 года объем мирового рынка управления жизненным циклом изделий варьировался в пределах от 28,16 до 35,37 млрд долл. Таким образом, среднее значение объема рынка достигло отметки в 31,7 млрд долл. в 2022 году, что превышает показатель 2021 года на 9%.

Рынок управления данными об изделии остается сравнительно малоизученным. Согласно последним данным, опубликованным консалтинговой компанией Dataintel, в 2018 году объем мирового рынка управления данными об изделии оценивался в 1,5 млрд долл. По оценке экспертов компании Regional Research Reports, в 2022 году стоимость одной единицы программного обеспечения управления данными об изделии варьировалась в пределах 200–1500 долл. в год.

05.01.02 Сегмент Новые материалы глобального рынка Технет

Новые материалы (технологии их создания, обработки, контроля качества, инжиниринга материал - конструкция, включая аддитивные технологии)

Аналитики исследовательской компании Report Linker подсчитали, что объем мирового рынка передовых материалов в 2021 году составил 69,64 млрд долл. Прогнозируется, что данный рынок будет расти в среднем на 6,11% и достигнет 99,42 млрд долл. к 2027 году.

Согласно оценке специалистов TheExpressWire (партнера Digital Journal), объем мирового рынка передовых материалов достиг 35,62 млрд долл. в 2021 году. Ожидается, что рынок будет увеличиваться в среднем на 16,59% в течение периода с 2022 года по 2027 год, таким образом объем глобального рынка передовых материалов составит 89,46 млрд долл. к 2027 году.

По результатам 2023 года среднее значение объема рынка новых материалов составило 71,77 млрд долл., что превосходит аналогичный показатель 2022 года примерно на 7%.

По итогам 2023 года объем мирового рынка передовых композиционных материалов был оценен экспертами аналитических компаний Imarc, Stratview Research и DataM Intelligence примерно в 38 млрд долл., а аналитиками компании Future Market Insights – в 44,91 млрд долл. Соответственно, среднее значение объема рынка передовых композиционных материалов составляет 39,97 млрд долл.

Объем мирового рынка термопластичных полимерных композиционных материалов, являющийся частью рынка передовых композиционных материалов, составил примерно 19 млрд долл. по итогам 2023 года, согласно данным таких компаний, как LucIntel и Expert Market Research.

Рынок новых материалов (advanced materials) включает множество сегментов, отличающихся типом материала, например, усовершенствованные сплавы, керамические материалы, металлопорошки и др., однако наибольшая доля рынка приходится на композиционные материалы (composites). Проведенный анализ сегментов рынка показал, что композиционные материалы, которые выступают сегментом рынка новых материалов, включают широкий перечень композитов – многокомпонентных материалов, объединяющих два и более вида материала. К таким композитам относятся даже используемые в быту материалы, например, листы фанеры. В рамках проведенного исследования в качестве ключевого сегмента рынка новых материалов рассмотрен более узкий рынок передовых композиционных материалов (advanced composites), занимающий долю свыше 55% на рынке новых материалов. Ключевыми сегментами рынка передовых композиционных материалов, в свою очередь, выступают рынки термопластичных композиционных материалов (thermoplastic composite materials) и термореактивных композиционных материалов (thermoset composite materials). Рынок термопластичных полимерных композиционных материалов занимает долю свыше 67% на рынке передовых композиционных материалов и 37% на рынке новых материалов соответственно.

по итогам 2023 года общий объем мирового рынка аддитивных технологий продолжил свой рост и достиг 20 млрд долл, но в то же время следует отметить, что доля производства с использованием аддитивных технологий пока остается малой величиной от общего объема промышленного производства. Так, согласно Worldbank, стоимостной объем мирового промышленного производства (англ. Manufacturing, value added) составляет 16,18 трлн долл., а весь рынок аддитивного производства в мире не превышает 20 млрд долл. Соответственно, доля (проникновение) аддитивных технологий в промышленности в мире составляет около 0,124%. По итогам 2022 года этот показатель составлял 0,11%. По оценке ряда экспертов, это не может квалифицироваться как реально массовое производство,

однако данный показатель (доля АТ в промышленности) продолжает увеличиваться. В отчете Wohlers 2024 года прогнозируется, что в индустрии 3D-печати возрастёт спрос на де-тали для конечного использования и появятся новые области их применения. По мнению экспертов, это будет обусловлено увеличением скорости 3D-принтеров, что снизит стоимость изготовления деталей. Ожидается, что конкурентное давление также приведет к снижению цен на материалы и к дальнейшему сокращению производственных издержек. Кроме того, внедрение новых материалов и их качество выведут на новый уровень аэрокосмическую, оборонную, медицинскую и энергетическую отрасли. Отмечается, что сертификация новых образцов и разработка отраслевых стандартов будут способствовать дальнейшему росту мирового рынка 3D-печати.

05.01.03 Сегмент Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing) глобального рынка Технет

Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)

В 2018 году агентство Credence Research оценивало емкость рынка киберфизических систем в размере 60,5 млрд долл., в 2020 году агентство Research and Markets оценило емкость рынка киберфизических систем в размере 71,75 млрд долл., а в 2022 году Агентство Future Market Insights оценивает мировой рынок киберфизических систем в размере 86,9 млрд долл.

05.01.04 Сегмент Технологии робототехники и сенсорики глобального рынка Технет

Технологии робототехники и сенсорики

На конец 2021 года объем глобального рынка робототехники по разным оценкам составлял от 32,5 млрд долл. до 81 млрд долл., что на 37–60% превышает значения предыдущего года. Большинство аналитиков считает, что к 2026 году показатель совокупного среднегодового темпа роста будет составлять от 8,9% до 20,9%, а объем рынка – от 74,1 млрд долл. до 187,5 млрд долл.

Наиболее быстроразвивающимся географическим сегментом рынка робототехники является Азиатско-Тихоокеанский регион, доля которого на конец 2021 года составляла около 55%. Специалисты аналитического агентства Mordor Intelligence считают, что Азиатско-Тихоокеанский регион сохранит свою лидирующую позицию вплоть до 2026 года.

Согласно данным аналитических компаний Data Bridge и ResearchAndMarkets, объем глобального рынка сенсорики в 2021 году составил около 199,5–205,2 млрд долл. Ожидается, что в ближайшие несколько лет показатель совокупного среднегодового темпа роста рынка сенсорных датчиков будет варьироваться в пределах 9,4–14,9%. Специалисты ResearchAndMarkets утверждают, что к сенсорике достигнет 409,3 млрд долл. к 2029 году. Компания Data Bridge представляет более оптимистичный прогноз, согласно которому объем данного рынка составит 411,2 млрд долл. уже к 2026 году.

Согласно результатам исследования Statzon, а также аналитических и консалтинговых компаний, к основным сегментам рынка промышленной робототехники можно отнести:

- Шарнирно-сочлененные роботы (Articulated robots);
- SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm);
- Параллельные роботы (Parallel robots), часто называют Дельта роботы;
- Декартовы (линейные) роботы (Cartesian or Linear robots);
- Коллаборативные роботы, или коботы (Collaborative robots);
- Другие типы роботов, к которым можно отнести мобильные роботы, цилиндрические роботы, прочие манипуляторы.

Наибольшую долю рынка промышленных роботов занимают шарнирно-сочлененные роботы (66,9%). Ожидается, что этот сегмент сохранит доминирующее положение до 2030 года, темпы роста данного сегмента оцениваются в 8,8% ежегодно. Второе место занимают декартовы (линейные) роботы с долей рынка, равной 19,2%. Прочие типы роботов занимают существенно меньшие доли на рынке. Согласно оценкам Statzon, наиболее быстрорастущим сегментом рынка промышленной робототехники является сегмент коботов, что подтверждает высокую эффективность их внедрения в производственные процессы в целях оптимизации работы персонала. В соответствии с классификацией, приведенной Международной федерацией робототехники (International Federation of Robotics, IFR), продукты и услуги в области промышленной робототехники можно разделить на пять основных групп, среди которых манипуляторы, компоненты для роботов, программное обеспечение, сервисное обслуживание и вспомогательное оборудование.

Согласно результатам исследований, в 2023 году объем мирового рынка промышленной робототехники оценивался в диапазоне от 15,84 до 54 млрд долл. Наиболее высокие оценки даны компаниями Market.Us (54 млрд долл.) и Maximize Market Research (52,91 млрд долл.), что существенно превышает средний уровень оценок аналитиков. В то же время некоторые компании, такие как MarketsandMarkets, The Insight Partners и Global Market Insights, оценивают рынок на уровне 15–16 млрд долл., что значительно ниже среднего уровня оценок. Таким образом, по результатам 2023 года среднее значение объема рынка промышленной робототехники составило 28,39 млрд долл. Совокупный среднегодовой темп роста мирового рынка промышленной робототехники в период 2022–2023 годов составил 12,53% согласно средней оценке аналитических компаний. Эксперты ряда аналитических компаний прогнозируют, что значение темпов роста данного рынка будет варьироваться от 9,39% до 18,9% в период с 2022 по 2034 год, что, по разным оценкам, приведет к увеличению объема мирового рынка промышленной робототехники до 43,63–261,58 млрд долл. Таким образом, среднее значение объема рынка промышленной робототехники в 2034 году будет составлять 110,05 млрд долл. при значении среднегодового темпа роста, равного 12,64% в указанном периоде согласно усредненной оценке таких консалтинговых компаний, как MarketsandMarkets, The Insight Partners, Fortune Business Insights, Precedence Research, Market.Us, Next Move Strategy Consulting, Introspective Market Research, IMARC, Future Market Insights, Global Market Insights, Maximize Market Research

05.01.05 Сегмент Индустриальный интернет и беспроводная связь глобального рынка Технет

Индустриальный интернет и беспроводная связь

Мировой рынок промышленного интернета вещей активно развивается, о чем свидетельствуют данные авторитетных аналитических агентств. Ожидается, что совокупный среднегодовой темп роста рынка промышленного интернета вещей будет изменяться в пределах от 22% до 25,7% в период до 2027 года. Согласно наиболее оптимистичному прогнозу, который опубликован индийской аналитической компанией Fortune Business Insights, объем рынка промышленного интернета вещей будет расти на 26,4% ежегодно до 2029 года, вследствие чего объем рынка составит 2,4 трлн долл.

По данным MarketResearch.com, в 2021 году Европа оказалась крупнейшим региональным сегментом рынка промышленного интернета вещей с долей 41 % от общего объема рынка. В соответствии с данными Fortune Business Insights, в таких европейских странах, как Германия, Великобритания, Франция, Италия, Испания и Нидерланды наблюдается растущий спрос на технологию промышленного интернета вещей со стороны предприятий, что стимулирует развитие рынка в регионе.

Северная Америка также является значимым региональным сегментом на рынке промышленного интернета вещей. Спрос на технологии промышленного интернета в регионе наблюдается преимущественно в таких отраслях, как здравоохранение и автомобильная промышленность. По данным аналитического агентства IoT Analytics, в 2021 году Северная Америка стала самым быстрорастущим регионом: совокупный среднегодовой темп роста данного рыночного сегмента составил 24,1%.

Прогнозируется, что Азиатско-Тихоокеанский регион продемонстрирует наиболее высокий темп роста в период с 2022 года по 2029 год. Аналитики связывают данную тенденцию с увеличением проектов умных городов. По этой же причине будет наблюдаться значительный рост рынка промышленного интернета вещей на Ближнем Востоке и в Африке, а также в Южной Америке.

05.02.01 Сегмент Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design) российского рынка Технет

Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design)

По данным компании CIMdata, рынок цифрового проектирования и моделирования в России (традиционный PLM) в 2018 году составил \$ 257,9 млн (0,54% от мирового рынка). По сравнению с 2017 годом в 2018 году объем рынка вырос на 7%.

05.02.02 Сегмент Новые материалы российского рынка Технет

Новые материалы (технологии их создания, обработки, контроля качества, инжиниринга материал - конструкция, включая аддитивные технологии)

Объем российского рынка новых материалов в 2021 году составил около 7 млрд руб. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка новых материалов могут составить около 7% в отдельные периоды, при этом в целом прогнозируется сокращение объема рынка. Таким образом, к 2025 году можно будет наблюдать изменение объема российского рынка до отметки 6,7 млрд руб.

Ёмкость российского рынка аддитивных технологий (АТ) по итогам 2023 года имела тенденции существенного роста. По результатам опроса ключевых российских производителей систем АТ, материалов и центров оказания услуг - большинство компаний констатировали увеличение выручки в 2023 году. Аналитическим подразделением Ассоциации Развития Аддитивных Технологий (АРАТ) при поддержке Минпромторга РФ была проведена достаточно детальная актуализация финансовых показателей российских игроков АТ, а также проведён анализ импорта по оборудованию АТ и материалам. Оценки АРАТ показывают, что в 2023 году рынок АТ достиг значения 13,2 млрд руб.

05.02.03 Сегмент Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing) российского рынка Технет

Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing) российского рынка Технет

По данным НИУ ВШЭ промышленность вносит наиболее значимый вклад в развитие цифровых технологий в России, около 8,7% в 2020 году или 256,6 млрд руб., что выше уровня 2019 года (237,9 млрд руб.). Основная часть затрат на цифровизацию пришлась на машины и оборудование (46%) и на программное обеспечение (32%).

05.02.04 Сегмент Технологии робототехники и сенсорики российского рынка Технет

Технологии робототехники и сенсорики

Объем российского рынка робототехники по состоянию на конец 2021 года составил около 6,8 млрд руб. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка робототехники могут составить около 9% в отдельные периоды, при этом прогнозируется «волнообразное» развитие рынка с чередованием положительной и отрицательной динамики. Таким образом, к 2025 году можно будет наблюдать изменение объема российского рынка до отметки 6,7 млрд руб.

Объем российского рынка промышленной сенсорики в 2021 году составил около 5 млн руб. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка промышленной сенсорики могут составить около 6%, что может обеспечить рост объема рынка до отметки 6,5 млн руб. к 2025 году

05.02.05 Сегмент Индустриальный интернет и беспроводная связь российского рынка Технет

Индустриальный интернет и беспроводная связь

Объем российского рынка промышленного интернета вещей в 2021 году составил около 0,9 млрд руб. В ближайшие 5 лет ожидаемые темпы роста рынка промышленного интернета вещей в России могут составить около 8%, что может обеспечить рост рынка до отметки 1,2 млрд руб. к 2025 году

05.02.44 Сегменты российского рынка НТИ Технет

Центром компьютерного инжиниринга, объединяющим практически все вышеперечисленные сегменты рынка Технет в России, выступает Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого - лидер в сфере разработок оригинальных технологий, конструкций, оборудования и продуктов на основе передовых производственных технологий (в первую очередь, цифрового проектирования и моделирования, компьютерного и суперкомпьютерного инжиниринга, компьютерных технологий оптимизации и аддитивных технологий).

Ключевые направления деятельности ИЦ CompMechLab® СПбПУ:

- Выполнение на регулярной основе НИОКР, обеспечивающих разработку и создание принципиально новых и глобально конкурентоспособных «best-in-class» оптимизированных продуктов / деталей / изделий / конструкций нового поколения для компаний-лидеров мировой и российской промышленности;
 - Подготовка в рамках выполнения заказных НИОКР глобально востребованных инженеров нового поколения («инженерно-технологического спецназа»);
 - «Встраивание» в технологические цепочки и производство промышленных компаний-лидеров мирового рынка (освоение, адаптация и развитие «cutting-edge технологий»), экспорт высокоинтеллектуальных услуг, разработка и трансфер технологических цепочек с высокой добавленной стоимостью ноу-хау в отечественную промышленность.
- Компетенции Инжинирингового центра СПбПУ включают в себя:
- Математическое моделирование и компьютерный инжиниринг материалов, композитных структур, физико-механических и технологических процессов, современных машин и конструкций;
 - Проектирование на основе моделирования, реинжиниринг и разработку конструкторской документации деталей, конструкций, машин, приборов и установок;
 - Разработку технологических процессов и технологической документации на производственный процесс по изготовлению продукции, эксплуатационной и ремонтной документации;
 - Создание опытных образцов разрабатываемых или модифицируемых продуктов.

Специалисты CompMechLab® выполняют проекты в интересах предприятий различных отраслей промышленности: автомобилестроение; авиастроение (в первую очередь, композиционные материалы и композитные конструкции (структуры)); двигателестроение и энергомашиностроение; атомная энергетика и атомное машиностроение, термоядерная энергетика (термоядерные реакторы); металлургия; машиностроение (специальное, тяжелое, металлургическое, нефтегазовое, нефтехимическое, транспортное и т.д.), судостроение и кораблестроение, ракетно-космическая техника, приборостроение и т.д.

Инжиниринговый центр СПбПУ также участвует в реализации Национальной технологической инициативы (НТИ).

06.01.01 Мировые компании на рынке НТИ Технет

Ключевые компании на мировом рынке НТИ Технет:

- ABB
- Alcatel
- AT&T
- Atos
- Bosch
- Broadcom
- Infosys Cisco
- Citrix
- Ericsson
- GE
- Gemalto
- Google
- Hitachi
- Honeywell
- Huawei
- IBM
- Intel
- LoRa
- Microsoft
- Mitsubishi Electric
- MobileIron
- Nokia
- Oracle
- PTC
- Qualcomm
- RedHat
- SAP
- SAS
- Siemens
- TeraData
- VMware
- ZTE

Всемирный экономический форум и McKinsey & Company в докладе о Четвертой промышленной революции проанализировали опыт передовых компаний. В частности, в рамках исследования были выделены предприятия - лидеры или, в терминологии ВЭФ, «маяки», чей опыт был проанализирован. Компании - «маяки» в интерпретации ДК «Технет 4.0» могут считаться Фабриками будущего.

В настоящий момент в организованную сеть входят 44 предприятия по всему миру. Компании - «маяки» характеризуются тем, что наиболее быстро адаптируют технологии Четвертой промышленной революции, включая передовые производственные технологии, автоматизацию предиктивную аналитику, технологии виртуальной и дополненной реальности и промышленный Интернет вещей. Предприятия - «маяки» являются эталонами того, как можно адаптировать и масштабировать технологии Четвертой промышленной революции.

Среди предприятий - «маяков» компании Zymergen, Phoenix Contact, Saudi Aramco, Weichai, Fast Radius with UPS, AGCO, Unilever, SAIC Maxus, Johnson & Johnson Vision Care, Rold, Tata Steel, Haier, Groupe Renault, Bayer, Siemens, Johnson & Johnson DePuy Synthes, MODEC, BMW Group, Infineon, Bosch, Procter & Gamble, Schneider Electric, GSK, Sandvik Coromant, Micron, Baoshan Iron & Steel, Nokia, Petrosea, Arçelik A.S., Foxconn Industrial Internet, POSCO, Petkim, Foton Cummins, GE Healthcare, Henkel, Ford Otosan, Danfoss, Hitachi.

Ключевые направления технологической трансформации для компаний-маяков:

- 1) Цифровая сборка и оборудование: система локализации ключевых компонентов производства (RTLS), оптимизация цикла за счет аналитики больших данных производственной линии, использование технологий виртуальной и дополненной реальности для конфигурации производственных линий (Light Guide), технологии смешанной реальности для проведения тренировок / обучения, передовой промышленный интернет вещей для оптимизации процессов, контроль процессов за счет использования искусственного интеллекта, гибкие цифровые методы, оптимизация производительности оборудования за счет использования технологий искусственного интеллекта, цифровой инструмент изменения тактов работы производственной линии, цифровой инструмент для модульной производственной архитектуры.
- 2) Цифровое обслуживание: оптимизация затрат производственных операций за счет использования сенсоров, система оповещения о работе оборудования, основанная на аналитике, предиктивное обслуживание на основе анализа данных, собранных с датчиков, оптимизация стоимости в реальном времени за счет использования датчиков, удаленная поддержка за счет использования инструментов дополненной реальности, аналитическая платформа для мониторинга отклонений в процессе производства.
- 3) Цифровое управление производительностью: аналитическая платформа для удаленной оптимизации производства, цифровые дэшборды для мониторинга производительности, цифровой двойник для удаленной оптимизации производства, умная система для совершенствования операционного управления производством, цифровой двойник для обеспечения устойчивого развития.
- 4) Цифровое управление качеством: цифровой аудит качества, улучшение качества за счет инструментов предиктивной аналитики, автоматизированный оптический мониторинг дефектов, управление качеством производства на основе инструментов промышленного Интернета вещей.
- 5) Цифровые инструменты управления устойчивостью: оптимизация энергозатрат за счет предиктивной аналитики, платформа интернета вещей по сбору данных и выведению отчетов о потреблении энергии, сбор данных об энергозатратах, основанный на данных датчиков.
- 6) Связность цепочки поставок: полная видимость цепочки поставок, управление производительностью поставщиков, трекинг поставщиков, закупки, основанные на аналитике данных, отслеживание компонентов по тегам, агрегация спроса по всей цепочке поставок.
- 7) Сквозное (E2E) развитие продукта: 3D - печать для прототипирования, цифровое проектирование и моделирование продукта, автоматизированное тестирование, краудсорсинг и соревнования для развития цифровых решений, внедрение цифровой нити в жизненные циклы продукта, прототипирование с поддержкой виртуальной реальности.
- 8) Сквозное (E2E) планирование: цифровое прогнозирование спроса, планирование объемов производства на основе передовой аналитики, управление складами в реальном времени, управление продажами в реальном времени, динамичное расписание производства с использованием цифрового двойника, аналитика и планирование ресурсов.
- 9) Сквозные (E2E) поставки: цифровой трекинг, «уберизация» транспорт, предиктивная аналитика обслуживания транспорта, роботизированная логистика.
- 10) Связность клиентов: массовая кастомизация, 3D-печать, цифровой двойник системы клиентов, умная упаковка, новые решения по поставкам.

Таблица 1. Примеры внедрения технологий «фабрик будущего» компаниями - «маяками»

Компания	История успеха	Ключевые технологии	Эффект
AGCO (Марктобердорф, Германия)	Совмещение цифровых решений и умного проектирования производственной линии позволяет производить 9 типов тракторов от 72 до 500 л.с. на одной сборочной линии.	Виртуальное проектирование производственной линии и расчеты нагрузки. Интеллектуальная система управления транспортом. Передовая аналитика для мониторинга качества. Цифровая оценка эффективности работы с поставщиками.	Рост производительности линии на 24%, сокращение времени производства на 60%.
MODEC (Рио-де Жанейро, Бразилия)	Использование технологий передовой аналитики для профилактического обслуживания. Разработка цифрового двойника промышленного производства и платформы данных для ускорения развития и экспоненциального роста новых алгоритмов.	Цифровой двойник. Машинное обучение и предиктивная аналитика. Искусственный интеллект для ускорения масштабирования цифровых приложений в офшорном флоте. Цифровая оценка эффективности труда. Передовая аналитическая система мониторинга процессов.	Сокращение простоя буровой платформы на 65%.
Haier (Шеньян, КНР)	Использование модели массовой кастомизации. Развитие масштабируемой цифровой платформы для взаимодействия с поставщиками и пользователями.	3D цифровой двойник для развития продукта и проведения испытаний. Цифровая платформа взаимодействия с поставщиками. Автоматизация цеха. Цифровая оценка качества.	Рост производительности труда на 28%.
SAIC Maxus (Нанкин, КНР)	Внедрение инструментов массовой кастомизации, Цифровизация цепочки добавленной стоимости от поставщиков до клиентов за счет использования интегрированной цифровой нити (digital thread).	Цифровые продажи: массовая кастомизация онлайн. Цифровое управление качеством. Цифровой двойник производства. Цифровая цепочка поставок. Умное проектирование.	Рост производительности труда на 20%.
Petrosea (Табанг, Индонезия)	Внедрение на удаленном предприятии (шахте) передовых инструментов мониторинга погрузочных работ, мониторинга в реальном времени, мониторинга с дронов привело к тому, что убыточная шахта за полгода стала доходной.	Управление сотрудником с использованием приложения в реальном времени. Цифровая система обслуживания с использованием предиктивной аналитики. Цифровое операционное планирование.	Сокращение численности грузовиков на 10%. Рост отгруженной продукции на 32%.
Nokia (Оулу, Финляндия)	Фабрика Nokia прошла полную цифровизацию (5G). Ряд решений,	Цифровизация разработки новых продуктов. Гибкие	Рост производительности

Компания	История успеха	Ключевые технологии	Эффект
	в том числе использование собственной беспроводной сети.	роботизированные линии. Собственная беспроводная сеть. Облачная система контроля данных и управления процессами в реальном времени. Внутренняя автоматизированная логистика за счет использования мобильных роботов.	труда на 30%, ускорение времени вывода продуктов на рынок на 50%.
Micron (Сингапур)	Фабрика по производству полупроводников работает на основе инфраструктуры больших данных и промышленного интернета вещей для внедрения решений на основе искусственного интеллекта и решений на основе анализа данных.	Автоматизация производственного процесса и обслуживания. Умное производство с использованием промышленного интернета. Передовая аналитика для оптимизации процессов. Система обнаружения дефектов на основе глубокого обучения. Интегрированная платформа управления отклонениями.	50% сокращение времени вывода продуктов на рынок. 50% сокращение времени на решение проблемы качества.

06.02.01 Российские компании и партнеры на рынке НТИ Технет

Таблица 1. Ключевые компании и организации на российском рынке НТИ Технет по сегментам рынка

Технологический сегмент	Тип стейкхолдера	Стейкхолдеры в РФ	
Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design)	Технологические компании	АРМ, Fydesis, Аскон, Топ-системы, ГК CompMechLab, Фирма «1С», ГК «Цифра», АО «РАСУ», ИК «Тесис», ООО «Датадванс», АО «РПК»	
	Научные центры	ФГПУ «РФЯЦ-ВНИИЭФ», Сколтех, ФИЦ ИУ РАН	
	Вузы	СПбПУ, МГТУ, Университет ИТМО, МГУ	
	ФОИВ	Минпромторг России, Минэкономразвития России, Минцифры России	
	Корпорации	ГК «Росатом», ГК «Ростех», АО ИК «АСЭ», АО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «ОСК», ПАО «ОАК», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос»	
	Институты развития	Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», Фонд содействия инновациям, РФРИТ	
Новые материалы (технологии их создания, обработки, контроля качества, инжиниринга материал - конструкция, включая аддитивные технологии)	Некоммерческие организации	АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»	
	Технологические компании	ГК «Унихимтек», АО «ИНУМиТ», ООО «ИТЕКМА», ГК «Росатом» и входящие в группу компании (АО «НПК Химпромминжиниринг» (Umatex Group), АО «Наука и Инновации» ООО «РусАТ», АО «НПО «ЦНИИТМАШ», АО «НИИГрафит» и др.), ГК «Роскосмос», АО «СНСЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», НПО «ЛУЧ», Группа компаний «Лазеры и аппаратура», ГК «Ростех» (и входящие в корпорацию компании: ПАО «ОАК», ПАО «ОДК», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина и др.), ИЛиСТ (СПбГПУ), ООО «Аддитивные технологии», ГК «Суперокс», Компании резиденты «Сколково» (ООО «Анизопринт», ООО «Ф2 Инновации», ООО «Стереотек», ООО «НДМ», ООО «Харц Лабс» и др.)	
	Научные центры	Сколтех, ФГУП «ВИАМ», АО «Композит», ОАО «ВИЛС», ФГУП «ГНЦ РФ - ФЭИ», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина, АО «ИНУМиТ», ФГУП ЭЗАН, Институты РАН (ФИАН, ИОФАН, ИФПМ и др.), ЦИАМ, НИЦ «Курчатовский институт», НИФТИ ННГУ, ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», УрФУ, СПбПУ, НИТУ «МИСиС», КНИТУ-КАИ, ПНИПУ	
	Вузы (развитие кадров)	МГУ, УрФУ, СПбПУ, Сколтех, НИТУ «МИСиС», КНИТУ-КАИ, ПНИПУ, НИФТИ ННГУ, ГК «Росатом», ГК «Ростех»	
	ФОИВ	Минпромторг России, Минобрнауки России, Минпросвещения России	
	Корпорации	ГК «Роскосмос», АО «ОСК», ПАО «ОАК», ГК «Ростех», ГК «Росатом»	
	Институты развития	Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково»	
	Некоммерческие организации	АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»	
	Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)	Технологические компании	SOLVER, БФГ Групп, F.O.R.T., СТАН, MIXAR, Фирма «1С», Галактика, «ЦИФРА», АО «РАСУ», ООО «СИГНУМ», ООО «Объединение Агрегейт»
		Научные центры	Сколтех, ФГУП ЭЗАН
Вузы		СПбПУ, МГТУ, МГТУ «Станкин»	
ФОИВ		Минпромторг России	
Корпорации		АО «ОДК», DMG Mori, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «ОДК-Сатурн», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», АО «ОСК», ПАО «ОАК»	

Технологический сегмент	Тип стейкхолдера	Стейкхолдеры в РФ
	Институты развития	Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», Фонд содействия инновациям, РФРИТ
	Некоммерческие организации	АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР “Северо-Запад”», Ассоциация «Технет»
Технологии робототехники и сенсорики	Технологические компании	Производители роботов: БИТ Роботикс, Эйдос-Робототехника, ARKODIM, Hamster Robotics и другие. Интеграторы робототехнических комплексов: KravtRobotics, DI Robotics, Robotikum, Рекорд-Инжиниринг и другие. Производители компонентов: Промэнерго Автоматика, Гиrolаб, АВИ Солюшнс и другие. Производители программного обеспечения: Robodem, RCML, ABAGY Robotic systems и другие.
	Научные центры	Университет Иннополис, ЦНИИ РТК, МГТУ «Станкин», ИТМО, СПбГТУ, МГТУ и другие
	Вузы	КБГУ, МГТУ, МГТУ «Станкин», НГТУ им. Р.Е. Алексеева, ПНИПУ, НГУ, НИЯУ МИФИ, МИЭТ
	ФОИВ	Минпромторг России, Минцифры России, Минобрнауки России, Минтруд России
	Корпорации	АО «ОСК», ПАО «ОАК», ГК «Ростех», ГК «Росатом», ОАО «АвтоВАЗ», ПАО «Газпром», ОАО «УК ЕПК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОАК», ПАО «НПК “Объединенная Вагонная компания”», ОАО «Ростсельмаш», ОАО «Силовые машины» и другие
	Институты развития	Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково»
	Некоммерческие организации	АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР “Северо-Запад”», Ассоциация «Технет», Национальная Ассоциация Участников Рынка Робототехники (НАУРР)
Индустриальный интернет и беспроводная связь	Научные центры	СПИИРАН, Центр НТИ, Сколтех
	Вузы	МИЭТ, СПбПУ, ИТМО, ЮУрГУ, МТУСИ, ТПУ, ГУАП, МГУ
	ФОИВ	Минпромторг России, Минцифры России
	Корпорации	2test, ABB, Mikron, M2M Cyber, Omnicomm, StarLine, T-One Group, Wellink, Ангстрем, АвтоГРАФ, Аура360, Вавиот, ГалилеоСкай, Гранит Навигатор, Инкотекс, Межотраслевой Центр Мониторинга, Навиа, НИС ГЛОНАСС, Совзонд, Смартико, Скаут, ТВ, Т-Платформы, Телематика, ТранспортТВ, Пауер Синтез, Позитрон, Форт Naviset, Штрих-ТахоRUS, Яндекс, DOK, Evika, Network Systems Group, TP-Link, Билайн, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», Теле2, Лартех, МТТ, ПАО «Ростелеком», ТТК, Центр 2М, ЭР-Телеком, ЭРА-ГЛОНАСС
	Институты развития	Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», Фонд содействия инновациям, РФРИТ
	Некоммерческие организации	АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР “Северо-Запад”», Ассоциация «Технет», Российская Ассоциация Интернета Вещей (АИВ), АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ), АО «РВК», Фонд «Сколково», ФРИИ, ФСИ
	Международные компании	ABB, Alcatel, AT&T, Atos, Bosch, Broadcom, Infosys Cisco, Citrix, Ericsson, GE, Gemalto, Google, Hitachi, Honeywell, Huawei, IBM, Intel, LoRa, Microsoft, Mitsubishi Electric, MobileIron, Nokia, Oracle, PTC, Qualcomm, RedHat, SAP, SAS, Siemens, TeraData, VMware, ZTE

07.01.04 Анализ конкуренции на мировом рынке НТИ Технет

Таблица 1. Анализ конкуренции на мировом рынке НТИ по сегментам рынка

Сегмент	Описание рынка
Сегмент «Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design)» глобального рынка Технет	Инженерное программное обеспечение. По данным Global Industry Analysts, ожидается, что рынок инженерного программного обеспечения США достигнет \$ 8,9 млрд в 2021 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 6,6 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 12,2%. Ожидаемые темпы роста рынка инженерного программного обеспечения в Японии и Канаде оцениваются чуть ниже – 8,1% и 9,3% соответственно. Среди стран европейского региона Global Industry Analysts отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 8,7% в период до 2026 года. Развитие рынков в североамериканском и европейском регионах будет стимулировать увеличение использования программного обеспечения САД в оборонной и аэрокосмической промышленности для создания прототипов, позволяющего инженерам создавать, разрабатывать и совершенствовать конструкции самолетов. Рост в Азиатско-Тихоокеанском регионе в ближайшие годы будет обусловлен дополнительными государственными инвестициями в ИТ-инфраструктуру.
	Компьютерное проектирование (Computer-Aided Design, CAD). По данным ReportLinker, рынок технологий компьютерного проектирования США достиг в \$ 2,2 млрд в 2020 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 2,7 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 9,1%. Ожидаемые темпы роста рынка инженерного программного обеспечения в Японии и Канаде оцениваются чуть ниже – 3,1% и 5,3% соответственно. Среди стран европейского региона Global Industry Analysts отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором

Сегмент	Описание рынка
	предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 3,7% в период до 2026 года.
	Математическое моделирование, компьютерный и суперкомпьютерный инжиниринг (Computer-Aided Engineering, CAE, и High Performance Computing, HPC). По данным Grand View Research, в 2020 году на рынке CAE доминировал европейский регион с долей выручки 33,08%. Ожидается, что в Северной Америке и странах Европы рынок будет продолжать расти вследствие увеличения автоматизации в производственном секторе, распространения технологий Интернета вещей, обеспокоенности производителей проблемой выбросов парниковых газов и развития аккумуляторных технологий. Также аналитики компании прогнозируют, что в Азиатско-Тихоокеанском регионе будет наблюдаться экспоненциальный среднегодовой темп роста в ближайший 5-летний период. Этот рост можно объяснить увеличением государственных инвестиций в развитие производственного сектора и расширение мощностей по производству энергии из возобновляемых источников.
	Цифровые двойники (Digital Twin). По данным Markets and Markets, Северная Америка занимает наибольшую долю на рынке цифровых двойников. В последние годы разработка различного программного обеспечения и внедрение решений автоматизации в обрабатывающих отраслях позволили улучшить производственные линии и последующие операции. Эти события положительно повлияли на рост рынка цифровых двойников в Северной Америке из-за высоких темпов экономического роста и большого количества поставщиков, предлагающих цифровых двойников. Более того, рост НИОКР в области IoT и IIoT и растущий спрос на эффективные и экономичные технологии для производства продукции также поддерживают рост регионального рынка.
	Управление жизненным циклом изделий (Product Lifecycle Management, PLM). По оценке Grand View Research, в 2020 году на рынке PLM доминировал североамериканский регион с долей рынка более 35%. В Азиатско-Тихоокеанском регионе прогнозируются самые высокие темпы роста рынка в период с 2021 года по 2028 год. Аналитики связывают такие тенденции с тем, что несколько крупных предприятий региона, работающих в различных отраслях, включая аэрокосмическую и оборонную, электронику, автомобилестроение и телекоммуникации, выстраивают свои стратегические планы вокруг преобразования и совершенствования инженерных процессов, процессов разработки продуктов, вследствие чего активно внедряют инструменты PLM.
Сегмент «Новые материалы» глобального рынка Технет	Согласно усредненным прогнозам аналитических агентств, ожидаемые темпы роста рынка передовых материалов в ближайшие 6 лет составят около 6%, вследствие чего объемы рынка по разным оценкам увеличатся до отметки \$ 93,6-125,5 млрд.
	Передовые сплавы (суперсплавы). По данным Research And Markets, ожидается, что рынок передовых сплавов США достигнет \$ 1,9 млрд в 2021 году. В настоящее время на США приходится 25,35% мирового рынка. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 1,6 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 6,5%. Ожидаемые темпы роста рынка передовых сплавов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 3,6% и 3,9% соответственно. Среди стран европейского региона Research And Markets отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 4,1% в период до 2026 года. Прогнозируется, что в Европе будет наблюдаться стабильный рост рынка в период после пандемии COVID-19 из-за ожидаемого увеличения использования высокоэффективных материалов в автомобильной промышленности.
	Передовые полимеры. По данным MarketResearch, объем рынка передовых полимеров США составил \$ 0,62 млрд в 2020 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 0,8 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 11,2%. Ожидаемые темпы роста рынка передовых полимеров в Японии и Канаде оцениваются немного ниже – 10,2% и 9,9% соответственно. Среди стран европейского региона MarketResearch отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 8,5% в период до 2027 года.
	Передовые керамические материалы. По данным Research and Markets, объем рынка передовых керамических материалов США составил \$ 19,4 млрд в 2020 году. Доля США на мировом рынке составила 27,1%. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 20,9 млрд к 2027 году при среднегодовых темпах роста 7,8%. Ожидаемые темпы роста рынка передовых керамических материалов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 2,8% и 4,6% соответственно. Среди стран европейского региона Research and Markets отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 3,2% в период до 2027 года.
Сегмент «Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)» глобального рынка Технет	Мировой рынок аддитивных технологий. Ожидается, что лидером на рынке аддитивного производства и аддитивных материалов с точки зрения темпов роста в период с 2020 года по 2025 год будет Азиатско-тихоокеанский регион. Китай является крупнейшим рынком 3D-печати в регионе, что обеспечивается существенной государственной поддержкой, направленной на развитие отрасли. Правительство Китая финансирует перспективные и растущие компании, работающие на рынке аддитивного производства, осуществляет поддержку развития стандартов, регулирующих отрасль, и выделяет инвестиции на развитие кадровых ресурсов рынка.
	Мировой рынок больших данных. По данным Fortune Business Insights, ожидается, что рынок больших данных США достигнет \$ 50,1 млрд в 2021 году. Объем рынка Китая, согласно прогнозу, составит \$ 27,9 млрд к 2026 году при среднегодовых темпах роста 12,1%. Ожидаемые темпы роста рынка передовых сплавов в Японии и Канаде оцениваются ниже – 8,9% и 9,8% соответственно. Среди стран европейского региона Research And Markets отмечает в своем прогнозе рынок Германии, на котором предположительно будет зафиксирован среднегодовой темп роста на уровне 9,7% в период до 2026 года. В соответствии с прогнозом IDC, на рынке Аргентины будет наблюдаться самый быстрый рост в период с 2021 года по 2025 год со среднегодовым темпом роста 21,2%. Также ожидается, что среднегодовой темп роста Китая

Сегмент	Описание рынка
	составит 20,1%, что позволит региону стать вторым по величине рынком к концу прогнозного периода.
Сегмент «Технологии робототехники и сенсорики» глобального рынка Технет	Мировой рынок робототехники. В соответствии с данными Business Wire, по состоянию на 2020 год наибольший вклад в глобальный рынок робототехники вносит Азиатско-Тихоокеанский регион с долей в размере 35,27%. Китай является крупнейшей страной-поставщиком в регионе с долей 42,73% в 2020 году, за ним следуют Южная Корея, Япония и Индия. Согласно отчету IFR, Азиатско-Тихоокеанский регион, включая Австралию, лидирует по количеству ежегодно устанавливаемых промышленных роботов на протяжении последнего десятилетия. По состоянию на 2020 год суммарно в мире было установлено более 370 тысяч единиц промышленных роботов. Mordor Intelligence прогнозирует, что в ближайшие 5 лет Азиатско-Тихоокеанский регион будет являться лидером на рынке робототехники с точки зрения темпов роста, а также крупнейшим рынком в течение прогнозируемого периода благодаря широкому распространению сервисных роботов в Китае, Японии и Индии. В 2020 году европейский регион лидировал по количеству компаний-поставщиков сервисных роботов. Лидерство региона наблюдалось как в сегменте сервисной робототехники для профессиональных задач, так и в сегменте продукции для персонального использования.
	Мировой рынок сенсорики. В период 2021–2024 ожидается, что наибольшая доля рынка промышленной сенсорики будет приходиться на Азиатско-Тихоокеанский регион. Среднегодовые темпы роста рынка в данном регионе достигнут высоких отметок во многом благодаря увеличению производств в Китае.
Сегмент «Индустриальный интернет и беспроводная связь» глобального рынка Технет	Meticulous Research отмечает, что в 2020 году крупнейшим рынком промышленного интернета вещей являлась Северная Америка. Большая доля этого региона в первую очередь объясняется присутствием крупных компаний-производителей IoT, а также увеличением государственного финансирования развития IoT. Ожидается, что Азиатско-Тихоокеанский регион будет расти с максимальным среднегодовым темпом роста в период с 2021 года по 2027 год.

08.01.01 SWOT-анализ для рынка НТИ Технет

Предлагаемый текст

09.01.07 Технологические барьеры рынка НТИ Технет

Научно-технологические барьеры рынка НТИ Технет:

- Потребность в унификации стандартов и регламентов
- Формирование рынка технологий
- Создание технологических площадок (полигонов) для апробации новых технологий
- Неподготовленность российских компаний к применению цифровых технологий, отсутствие соответствующих технологических и управленческих компетенций
- Неисполнение в срок обязательств по освоению технологических норм и процессов по договорам и партнерским проектам российских производителей, а также предприятий, участвующих в международных технологических цепочках, моральное устаревание производственного оборудования и продукции
- Отставание технологической базы и неготовность нормативно-правовой базы (сертификация, ГОСТы) для быстрого разворачивания испытательных полигонов по тестированию перспективных пакетов технологий на совместимость и масштабируемость
- Недостаточное качество математических моделей для предсказания характеристик материала и изделия с заданной точностью
- Недостаточность вычислительных ресурсов для создания, хранения и обработки массивов данных
- Конкуренция стандартов, необходимость опережающей гармонизации новых стандартов в ЕС и США по всему спектру применения передовых производственных технологий
- Усиление структурных диспропорций в экономике в пользу сырьевых секторов и сопутствующее снижение инвестиционной привлекательности обрабатывающей промышленности
- Неразвитая корпоративная среда: отсутствие компаний интеграторов, управляющих глобальных технологическими цепочками или создающими глобальные технологические платформы; отсутствие института корпоративной медиации; отсутствие развитого сектора малого высокотехнологического бизнеса;
- Барьеры, связанные с замедлением развития отрасли беспилотной авиации, в том числе длительные сроки сертификации, отсутствие открытой информации о потребностях сектора, дефицит общедоступного специализированного программного обеспечения и др.

Для выявления барьеров и оценки сферы развития компьютерного проектирования и моделирования ИЦ «Технет» СПбПУ совместно с Инфраструктурным центром «Технет» СПбПУ, а также АНО «ЦКИТ» провели опрос российских разработчиков программного обеспечения в сфере компьютерного моделирования в период с 12 мая по 18 мая 2023 года. В рамках опроса анализировалась конкурентоспособность отечественных и международных разработок, ключевые барьеры и риски развития. Результаты были представлены на конференции «Цифровая индустрия промышленной России» (31 мая – 2 июня 2023 года). В рамках дальнейшего анализа представлены в том числе результаты этого опроса (далее – опрос ИЦ «Технет» СПбПУ).

По результатам проведенного опроса ИЦ «Технет» СПбПУ 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 в 2024–2028 годы (в течение 5 лет).

Барьеры первого типа (до 2024 года):

Зависимость от иностранного обеспечения. Организации продолжают использовать иностранное программное обеспечение.

Недостаточность государственной поддержки закупок отечественного ПО, например, университетов, возможность закупки ПО у единого поставщика.

Недостаточный уровень подготовки инженерных кадров в сфере разработки ПО.

Прочие барьеры:

4.1. Завышенная заработная плата ИКТ-специалистов.

4.2. Отсутствие частных инвестиций, направляемых для развития ПО.

- 4.3. Недостаточный спрос на российское ПО со стороны промышленных компаний.
4.4. Отсутствие заинтересованности вузов в обучении кадров на базе отечественного ПО.

Барьеры второго типа (до 2029 года):

Недостаточный уровень подготовки инженерного персонала на предприятиях, устаревшие практики проектирования изделий, недостаточный уровень использования САЕ-технологий.
Несовершенство нормативного правового обеспечения: устаревшие нормы, противоречия вновь принятых и действующих стандартов.

Недостаточный уровень подготовки инженерных кадров в сфере разработки ПО.

Прочие барьеры:

4.1. Нежелание предприятий формировать требования к российскому ПО, а также малая осведомленность российских потребителей о российском ПО.

4.2. Малые объемы промышленного производства.

4.3. Отсутствие инженерных сообществ.

4.4. Недостаточный объем / нехватка мер государственной поддержки.

4.5. Высокая стоимость российского ПО для предприятий.

Организаторы опроса ИЦ «Технет» СПбПУ выделяют несколько направлений деятельности, которые впоследствии приведут к устранению или существенному «снижению» 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.

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 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.

Недопущение параллельного импорта зарубежного ПО.

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.

Формирование российского геометрического ядра (Russian Geometric Kernel, RGK), свободно распространяемого для российских разработчиков.

Создание площадок (выставки, конференции) для продвижения российского ПО.

09.02.01 Нормативно-правовые барьеры для рынка НТИ Технет

- Снижение динамики изменения законодательства;
- Потребность в унификации и актуализации законодательства;
- Необходимость создания регулятивной песочницы (испытательный полигон);
- Необходимость координации всех мероприятий по поддержке.

Для преодоления барьеров и совершенствования законодательной базы в сфере передовых производственных технологий, в том числе в части развития стандартизации, в частности, для возможного учета при реализации Перспективного плана стандартизации в области передовых производственных технологий, могут быть реализованы следующие мероприятия:

1. Разработка национальных стандартов на базе предварительных национальных стандартов.

Следует провести оценку возможности и необходимости утверждения проектов национальных стандартов и предварительных национальных стандартов, разработанных в соответствии с реализацией этапов перспективного плана стандартизации, с целью принятия национальных стандартов на уровне ГОСТ Р. При этом необходима разработка регламента для упрощения процедуры оценки возможности и разработки национальных стандартов на базе проектов национальных стандартов и предварительных национальных стандартов.

2. Совершенствование нормативной правовой базы для обеспечения переноса конструкторской и технологической документации в электронный (цифровой) формат.

Необходимо предусмотреть возможность переноса конструкторской и технологической документации преимущественно в электронный формат (безбумажное пространство) для обеспечения долговременной сохранности документации, интеграции и создания единого информационного пространства, упрощения ведения документооборота и проч. Использование цифровой проектно-конструкторской, технологической, эксплуатационной документации возможно за счет реализации следующих направлений в области совершенствования законодательства:

- Обеспечение возможности для проектантов, производителей и эксплуатантов взаимодействовать со всеми надзорными органами, органами по оценке соответствия, государственными заказчиками (в том числе институтами развития) в безбумажном виде;
- Оформление документооборота и формирование системы единых форматов подготовки, приемки, обмена и хранения цифровой документации;
- Формирование системы внесения изменений в цифровую конструкторскую документацию, не затрагивая требования к продукции, на примере «ГОСТ Р 2.504–2021 Единая система конструкторской документации. Электронная конструкторская документация. Правила внесения изменений»;
- Обеспечение возможности применения цифровых моделей и проведения цифровых (виртуальных) испытаний при подтверждении соответствия продукции;
- Обеспечение возможности заявителей предъявлять уполномоченным органам результаты вычислительных экспериментов взамен натуральных и получать решение о соответствии полученных результатов нормативным документам и предъявляемым требованиям;

- Формирование системы поддержания продукции, изготавливаемой с применением передовых производственных технологий, на всех стадиях жизненного цикла изделия.

3. Создание нормативной правовой системы сертификации передовых производственных технологий и инновационной продукции, изготовленной с применением передовых производственных технологий. Следует рассмотреть возможность разработки плана мероприятий по созданию системы сертификации в области передовых производственных технологий в связи с необходимостью формирования конкретных правил по осуществлению и проведению сертификации технологий, а также обеспечения безопасности при разработке и использовании передовых производственных технологий. В частности, следует предусмотреть следующие направления в области совершенствования законодательства:
 - Формирование системы проведения сертификации, оценки соответствия, подтверждения качества, соответствия требованиям по безопасности, экологическим нормам и т.п. разрабатываемых передовых производственных технологий;
 - Формирование системы проведения сертификации, оценки соответствия, подтверждения качества, соответствия требованиям по безопасности, экологическим нормам и т.п. инновационной продукции, разрабатываемой и изготовляемой с применением передовых производственных технологий;
 - Формирование упрощенного порядка признания на национальном уровне новых схем (методик) оценки соответствия для инновационной продукции.
 - Формирование системы обеспечения безопасности, в том числе кибербезопасности, при разработке и использовании передовых производственных технологий;
 - Формирование системы обеспечения безопасности, в том числе кибербезопасности, при эксплуатации инновационной продукции, разработанной и изготовленной с применением передовых производственных технологий.
4. Гармонизация системы законодательства в сфере передовых производственных технологий. В рамках создания гармонизированной системы законодательства, регулирующей деятельность в сфере передовых производственных технологий, следует рассмотреть возможность курирования единой нормативной системой разрабатываемых нормативных правовых документов по «сквозным» технологиям, входящим в направление Национальной технологической инициативы «Технет», регулирование которых предусмотрено планом мероприятий («дорожной картой») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров. В частности, возможно включение «сквозных» и передовых производственных технологий, перечисленных в п. №6, в Перспективный план стандартизации, рассчитанный на период 2018–2025 гг.
5. Совершенствование законодательной базы в области конкретных «сквозных» и передовых производственных технологий. В связи с необходимостью стандартизации разработки и применения активно развивающихся передовых производственных технологий следует оценить актуальность и расширить перечень национальных стандартов, планируемых к разработке, в области следующих технологий:
 - Большие данные;
 - Компьютерные модели и моделирование;
 - Цифровые двойники изделий;
 - Цифровые двойники промышленных объектов;
 - Компьютерное моделирование материалов;
 - Аддитивные технологии;
 - Композитные / новые материалы;
 - Искусственный интеллект;
 - Промышленная сенсорика;
 - Дополненная и виртуальная реальность;
 - Системы автоматизации производства, информационные системы управления предприятием;
 - Технологии робототехники.
6. Совершенствование законодательной базы в области передовых производственных технологий по конкретным аспектам стандартизации. В связи с необходимостью утверждения положений и терминов в части вышеуказанных активно развивающихся передовых производственных технологий следует оценить актуальность и рассмотреть возможность разработки серий национальных стандартов по «сквозным» и передовым производственным технологиям в части следующих аспектов стандартизации:
 - Общие положения;
 - Термины и определения;
 - Требования к программному обеспечению, необходимого для создания и применения передовой производственной технологии;
 - Требования к верификации и валидации программного обеспечения, необходимого для создания и применения передовой производственной технологии;
 - Архитектура продукта, производимого с применением передовой производственной технологии;
 - Архитектура передовой производственной технологии;
 - Руководство по созданию продукта, производимого с применением передовой производственной технологии;
 - Руководство по применению продукта, производимого с применением передовой производственной технологии;
 - Руководство по разработке и применению системы управления передовой производственной технологией;
 - Система протоколов и форматов для обмена данными;
 - Механизмы взаимодействия передовых производственных технологий между собой, упрощение процедур по интеграции технологий.
7. Расширение серии стандартов с учетом отраслевой специфики и области применения передовых производственных технологий. Следует рассмотреть возможность формирования серий национальных стандартов, разработанных с учетом отраслевой принадлежности и области применения передовых производственных технологий. Формирование серии стандартов, ориентированных на применение передовых производственных технологий в отдельных отраслях промышленности, возможно в таких отраслях, как автомобилестроение, авиастроение и ракетно-космическая техника, судостроение и кораблестроение, двигателестроение, машиностроение, включая тяжелое, специальное и атомное машиностроение, железнодорожный транспорт, непрерывное / процессное производство, строительство объектов и др.

В частности, следует рассмотреть возможность включения в Перспективный план стандартизации направлений по развитию национальных стандартов в области цифровых двойников изделий, цифровых двойников промышленных объектов. Серия стандартов на цифровые двойники изделий, в свою очередь, может быть расширена с учетом отраслевой специфики и типа продукции: «цифровые двойники газотурбинных двигателей», «цифровые двойники изделий энергомашиностроения», «цифровые двойники в судостроении» и др. Для этого рекомендуется создание отдельных рабочих групп по отраслям. Для реализации программы по расширению серии национальных стандартов в области цифровых двойников изделий рекомендуется предварительно разработать стандарты по общим направлениям: основные требования к цифровым двойникам, основные требования к программному обеспечению, руководство по применению цифровых двойников изделий на этапе эксплуатации и др. Аналогично возможно расширение области применения аддитивных технологий и композитных материалов и веществ за счет утверждения новых отраслевых национальных стандартов.

8. Дополнительные направления в области совершенствования законодательства и устранения административных барьеров в сфере передовых производственных направлений.
- Ниже приведены дополнительные направления, в рамках которых возможно развитие и обновление законодательной базы для обеспечения всесторонней реализации программы по совершенствованию законодательства в сфере передовых производственных технологий. В частности, следует предусмотреть реализацию мероприятий, направленных на стимулирование спроса на передовые производственные технологии и инновационную продукцию, разработанную с применением передовых производственных технологий, а также адаптировать систему государственных закупок с учетом тенденций активного развития и распространения передовых производственных технологий. Дополнительно можно выделить следующие направления по совершенствованию законодательной базы в сфере передовых производственных технологий:
- Проведение стимулирующих мероприятий по обновлению нормативной правовой документации, направленных на масштабирование передовых производственных технологий и обеспечивающих увеличение заинтересованности государственных органов и частных компаний в разработке, закупке и применении передовых производственных технологий;
 - Формирование руководств по подходам, применяемым при разработке передовых производственных технологий и инновационной продукции (например, системный инжиниринг, технологический инжиниринг и др.);
 - Формирование руководств по обеспечению и совершенствованию функционирования научно-исследовательских центров, лабораторий, проектных офисов и прочих организаций, разрабатывающих и применяющих передовые производственные технологии;
 - Формирование системы регулирования в области правовой охраны объектов интеллектуальной собственности, относящихся к передовым производственным технологиям и инновационной продукции;
 - Другое.

Опрос, проведенный среди представителей сообщества «Технет», позволил выявить существующие потребности в обновлении законодательной базы и сформировать дополнительные предложения по работе в тех направлениях, в которых необходима разработка стандартов для совершенствования законодательства и устранения административных барьеров в сфере передовых производственных направлений. К выявленным потребностям, направленным на устранение административных барьеров, относятся:

- Обновление системы организации государственных закупок;
- Устранение сложностей при внесении продукции в Единый реестр российской радиоэлектронной продукции;
- Формирование системы трансфера технологий;
- Урегулирование правовой охраны интеллектуальной собственности при трансфере технологий государственных научных организаций и университетов;
- Формирование системы сертификации и квалификации материалов, производства и изделий в ряде отраслей (например, в авиации);
- Подготовка нормативной правовой документации, регулирующей процессы взаимодействия человека и киберфизических систем;
- Снятие ограничений на применение материалов, отсутствующих в перечне материалов, разрешенных к применению, при производстве продукции;
- Снятие ограничений федеральных норм и правил, не предусматривающих возможности применения передовых производственных технологий;
- Снятие ограничений по созданию новых видов программного обеспечения с инновационными функциями защиты информации и систем, реализующих функции технической защиты информации, а также при создании систем по обработке информации и данных о параметрах / состоянии управляемого (контролируемого) объекта или процесса, входной / выходной информации, управляющей / командной информации, контрольно-измерительной информации, иной критически важной технологической информации с критически важных объектов, требования по защите которых установлены законодательством РФ;
- Снятие ограничений по развитию и применению передовых производственных технологий, возникших в связи с санкционными ограничениями (например, относительно средств проектирования и производства (систем моделирования технологических процессов, систем автоматизированного проектирования и др.), микроэлектроники и вычислительной техники, рентгенолитографии и проч.).

09.03.01 Финансово-экономические барьеры для рынка НТИ Технет

Финансово-экономические барьеры рынка НТИ Технет:

- Потребность повышения рентабельности внедрения новых технологий
- Повышение доли предприятий, работающих на мировых рынках, формирующих запрос на новые производственные технологии
- Поиск рынков сбыта
- Потребность в значительном объеме средств, при лицензировании, тестировании и подготовке стандартизированных пакетов технологических решений (с использованием импортируемого оборудования, ПО и ноу-хау) к внедрению на реальные производственные площадки
- Волатильность курса рубля по отношению к ряду ведущих мировых валют, сокращение участия финансовых средств федерального бюджета, предусмотренных на реализацию государственных программ и др. целевых мероприятий, которые могут быть использованы в части государственного финансирования проектов «дорожной карты».

09.04.01 Кадровые барьеры для рынка НТИ Технет

Кадровые барьеры рынка НТИ Технет:

- Высокая потребность в квалифицированных кадрах;
- Совершенствование связей (коммуникации) между промышленностью и фундаментальной наукой;
- Необходимость обучения и переобучения специалистов в сфере технологий производства;
- Недостаточный уровень мотивации среди специалистов промышленной отрасли;
- Неразвитый рынок труда специалистов, обладающих компетенциями для рынка «Фабрик будущего»

12.01.01 Цели и задачи развития рынка НТИ Технет

В основе цифровой трансформации в промышленности лежит использование передовых производственных технологий, разработке и внедрению которых посвящены масштабные программы в целом ряде ведущих стран – Advanced Manufacturing Partnership в США, Industrie 4.0 в Германии, Factories of the Future в Европейском союзе, Made in China 2025 в Китае и др.

План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (Передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы (Далее – ДК «Технет 4.0» НТИ) является стратегическим документом планирования и целеполагания технологического развития Российской Федерации и национальной экономики. ДК «Технет 4.0» НТИ является актуализированной версией дорожной карты «Технет» НТИ (Передовые производственные технологии), одобренной 14 февраля 2017 года на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России, которое провел Председатель Правительства Российской Федерации Д.А. Медведев.

При разработке ДК «Технет» в основу был положен ряд тезисов, которые определили позиционирование и дифференциацию рынков / сегментов, которые ее образуют:

1. Технологии создают и развивают рынки, а не наоборот, а развитие цифровой экономики связано, в первую очередь, с мультидисциплинарными, кросс- и надотраслевыми технологиями, которые, зачастую будучи созданными для решения узкоотраслевых задач, затем становятся востребованными во многих отраслях промышленности, то есть в высокотехнологичном мире происходит постоянный кросс-отраслевой трансфер технологий. Этот тезис в полной мере распространяется на передовые производственные технологии, в первую очередь цифровое проектирование и моделирование, новые материалы и аддитивные технологии, которые носят кросс-рыночный характер, то есть не имеют привязки к конкретным рынкам НТИ и в той или иной степени будут применяться в рамках всех будущих рынков, в каждом случае получая определенную фокусировку и рыночную проблематику.

2. Важно отметить, что среди множества передовых производственных технологий, технология «цифровой двойник» (Digital Twin, DT, далее – ЦД) является технологией-интегратором практически всех «сквозных» цифровых технологий и субтехнологий, выступает технологией-драйвером, обеспечивает технологические прорывы и позволяет высокотехнологичным компаниям переходить на новый уровень технологического и устойчивого развития на пути к промышленному лидерству на глобальных рынках.

В сравнении с традиционными подходами, разработка изделий и продукции на основе технологии «цифрового двойника» может обеспечивать снижение временных, финансовых и иных ресурсных затрат до 10 раз и более. Фактически, именно с помощью разработанных заранее цифровых двойников лидеры мировых высокотехнологичных рынков формируют «гарантированное зарезервированное развитие» (А.И. Боровков, А.А. Аузан). В этом случае семейство цифровых двойников обеспечивают производство («материализация цифрового двойника») и поставку продукции с конкурентными характеристиками в кратчайшие сроки в зависимости от возникающей конъюнктуры на глобальном высокотехнологичном рынке, реализуя триаду «технологический прорыв – технологический отрыв – технологическое лидерство / превосходство».

Цифровой двойник – это комплексная технология, процесс проектирования, в основе которого лежит разработка и применение семейства сложных мультидисциплинарных математических моделей, описываемых 3D нестационарными нелинейными дифференциальными уравнениями в частных производных, с высоким уровнем адекватности

- поведению в различных условиях эксплуатации реальных материалов, объектов / систем / машин / конструкций / ... и
- разнообразным технологическим процессам, с помощью которых создаются реальные материалы и реальные объекты / изделия / продукты / ..., и, конечно, цифровой двойник – это технология (процесс) создания глобально конкурентоспособной продукции, интегрирующая следующие необходимые ключевые компоненты:
- **Best-in-class («лучшие в классе») технологии мирового уровня**, из которых путем комплексирования формируется цепочка создания глобально конкурентоспособной продукции,
- **Модельно-ориентированный системный инжиниринг (Model Based System Engineering, MBSE)** – междисциплинарный, межотраслевой подход, используемый для разработки и применения сложных инновационных изделий и систем,
- **Многоуровневая гиперматрица MDT требований / целевых показателей и ресурсных (временных, финансовых, технологических, производственных, экологических и т. д.) ограничений** – ключевой элемент технологии разработки цифрового двойника.

Эта матрица целевых показателей MDT предназначена для обеспечения рациональной «балансировки» большого количества (несколько тысяч или десятков 26 тысяч) целевых характеристик как объекта в целом, так и его компонентов в отдельности, которые, как правило, «конфликтуют» между собой
- как на одном уровне, так и на разных уровнях описания системы,
- как на одном этапе, так и на разных этапах жизненного цикла,
более того, нужно не только достичь целевых характеристик, но и удовлетворить множеству ресурсных ограничений.

Ключевым и необходимым этапом работы для формирования глобально конкурентоспособных «цифровых двойников» в промышленности является реализация комплекса мероприятий «Формирование национального Digital Brainware» – «оцифровка» всех физических, натуральных и т. д., как правило, дорогостоящих и зачастую уникальных экспериментов – фактически разработка и валидация математических моделей высокого уровня адекватности материалов (MultiScale- и MultiStage- подходы), машин / конструкций / приборов / установок / сооружений / ..., физико-механических и химических процессов, технологических и производственных процессов (MultiDisciplinary-

подход).

Формирование Digital Brainware позволяет в рамках комплексного подхода разработки «цифровых двойников» перейти от традиционной парадигмы проектирования и разработки («доводка продуктов / изделий до требуемых характеристик на основе многочисленных дорогостоящих испытаний и итерационного перепроектирования») к одному из основных компонентов разработки «цифровых двойников» – современной триаде:

«Виртуальные испытания» & «Виртуальные стенды» & «Виртуальные полигоны». В процессе разработки полномасштабного цифрового двойника сложных объектов / систем / машин / конструкций / ..., необходимо выполнить, как правило, десятки тысяч виртуальных испытаний (фактически «вычислительных экспериментов») материалов, узлов, компонентов, подсистем и систем, причём, как показывает опыт, количество виртуальных испытаний примерно соответствует количеству требований / целевых показателей и ограничений, представленных в матрице.

3. Рабочая группа «Технет» фокусируется на создании в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции нового поколения за счет отбора и комплексирования технологий мирового уровня в технологические цепочки, называемые Цифровыми, «Умными», Виртуальными Фабриками Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future).
При этом Цифровая фабрика (Digital Factory) характеризуется использованием технологий цифрового проектирования и моделирования как самих продуктов или изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла, что позволяет радикально сократить сроки вывода на рынок и повысить интеллектуальность новых продуктов или изделий (машин, конструкций, агрегатов, приборов, установок и т.д.).
«Умная» фабрика (Smart Factory) формируется, как правило, на основе Цифровой фабрики. «Умная» фабрика подразумевает, прежде всего, наличие высокотехнологичного оборудования – 3D-принтеров, станков с числовым программным управлением, робототехнических комплексов и др. Применение датчиков, сенсоров, а также автоматизированных систем управления технологическими процессами и систем оперативного управления производственными процессами на уровне цеха, предоставляет возможность осуществлять быструю и гибкую («автоматизированную») переналадку оборудования. Такой подход позволяет радикально повысить производительность, экологичность и энергоэффективность производства как массовой, так и кастомизированной продукции, удовлетворяющей требованиям рынка и потребителей. Виртуальная фабрика (Virtual Factory) формируется как распределенная сеть Цифровых и «Умных» фабрик, а также поставщиков услуг / компонентов. Виртуальная фабрика призвана радикально повысить добавленную стоимость продуктов и изделий и расширить конкурентные предложения на рынке за счет использования технологий управления глобальными цепочками поставок и распределенными производственными активами.
4. Для формирования Фабрики Будущего, при отборе и комплексировании различных лучших в мире технологий с добавлением собственных кросс-отраслевых интеллектуальных ноу-хау, необходимо иметь место, где эти технологии можно было бы опробовать на практике, в среде, отвечающей реальным условиям, – испытательный полигон (TestBed).
5. Дуальность направления «Технет», заключающаяся в ориентированности на работу не только со средними и малыми технологическими компаниями, которые в соответствии с идеологией НТИ в наибольшей степени участвуют в создании и развитии новых рынков, но и с крупными компаниями – лидерами существующих отраслей высокотехнологичной промышленности (кросс-отраслевой характер направления «Технет»).
6. Направление «Технет» отвечает на следующие вызовы экономического развития России:
 - исчерпание традиционных источников роста (добыча углеводородных ресурсов, дешевая стоимость энергоресурсов и рабочей силы и т.д.);
 - импортозависимость и необходимость опережающего развития высокотехнологичных отраслей промышленности России.
7. Направление «Технет» сфокусировано на разработке, развитии и применении передовых производственных технологий для решения задач экспорто-ориентированного импортоопережения.

Цели ДК «Технет 4.0» НТИ:

1. Формирование комплекса ключевых компетенций в Российской Федерации, обеспечивающих интеграцию передовых производственных технологий (передовые производственные технологии – ППТ) и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фабрик Будущего»
Задачи для достижения цели:
 - Создание инфраструктуры для развития комплекса ключевых компетенций для Фабрик Будущего.
 - Прогнозирование развития передовых производственных технологий и связанных с ними бизнес-моделей.
 - Внедрение и апробация производственных технологий, стимулирование спроса для достижения промышленного лидерства в будущем, в первую очередь в высокотехнологичных отраслях промышленности.
 - Создание законодательных и институциональных условий для развития передовых производственных технологий: устранение барьеров (нормативно-технических, научных, технологических, кадровых, финансовых и др.).
2. Создание глобально конкурентоспособной кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности.
Задачи для достижения цели:
 - Разработка, применение и сопровождение цифровых двойников как основы для технологического лидерства.
 - Разработка и развитие отечественных производственных технологий до мирового уровня, реализация их полного потенциала.
 - Реализация комплекса ключевых компетенций путем создания глобально конкурентоспособных компаний на рынках НТИ и в высокотехнологичных отраслях промышленности.
 - Формирование экосистемы создания, привлечения, развития и передачи лучших в своем классе технологий.
 - Расширение применения передовых производственных технологий в отрасли беспилотных авиационных систем

ДК «Технет 4.0» обеспечивает удовлетворение спроса технологических потребностей рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности на передовые производственные технологии и модели их внедрения. Спрос на ППТ и на продукцию, производимую с помощью ППТ, обусловлен, главным образом, жесткой

конкурентной средой, конъюнктурой рынка и в случае машиностроения во многом геополитической и экономической обстановкой.

В современном мире происходят масштабные процессы изменений функционирования отдельных компаний и целых отраслей экономики, основанные на стремительном развитии целого ряда цифровых технологий. Эти процессы называются цифровой трансформацией, при этом к технологиям цифровой трансформации, как правило, относят технологии искусственного интеллекта (Artificial Intelligence, AI), в том числе машинное обучение (Machine Learning, ML); расширенную реальность (Extended Reality, XR); технологии интернета вещей (Internet of Things, IoT); роботизированную автоматизацию процессов (Robotic process automation, RPA); предиктивную аналитику (Predictive Analytics, PA); технологии генерации и анализа больших данных (Big Data, BD); облачные вычисления (Cloud Computing); технологии цифрового проектирования и моделирования (Smart Design); цифровые двойники (Digital Twin, DT); цифровой инжиниринг (Digital Engineering); платформенные решения и другие цифровые технологии. Технологии цифровой трансформации внедряют в целях совершенствования как отдельных бизнес-процессов, так и всего предприятия в целом. При этом, в зависимости от требований к целевой инфраструктуре предприятия и отраслевых особенностей, конкретный набор технологий может существенно различаться. Комплексное внедрение передовых цифровых технологий позволяет сформировать новую бизнес-модель предприятия, функционирование которой обеспечит ряд преимуществ, среди которых:

- увеличение производительности и эффективности основных и вспомогательных процессов предприятия, оптимизация производственных операций;
- повышение качества и технологичности разрабатываемой продукции;
- повышение качества обслуживания технологического оборудования;
- ускорение выхода продукции на рынок;
- сокращение затрат на разработку, производство и обслуживание продукции;
- принятие обоснованных управленческих и инженерных решений;
- повышение гибкости и уровня цифровой зрелости предприятий и др.

13.01.01 План-график по реализации регуляторных и управленческих мероприятий по развитию рынка НТИ Технет

Таблица 1. Поэтапное совершенствование нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
1.1. Реализация плана мероприятий по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в сфере передовых производственных технологий	III квартал 2020	IV квартал 2025	Поэтапное выполнение мероприятий законодательной дорожной карты (далее - «Технет 2.0» НТИ), предусмотренных распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2018 года № 482-р «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)» (с изменениями, вносимыми распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 мая 2020 года № 1420-р), в том числе: - осуществление мониторинга реализации мероприятий дорожной карты и подготовки предложений по актуализации «Технет 2.0» НТИ; - актуализация «Технет 2.0» НТИ (приняты распоряжения Правительства Российской Федерации о внесении изменений в план мероприятий); - разработано и принято не менее 50 документов по стандартизации в области передовых производственных технологий;	Сняты выявленные барьеры в сфере применения передовых производственных технологий, разработан и реализован перспективный план стандартизации передовых производственных технологий, инновационные компании получили доступ на новые сегменты национального рынка применения передовых производственных технологий	Минпромторг России, Инфраструктурный центр «Технет», Сколтех, Российская венчурная компания, участники направления «Технет»
1.2. Организационно-методическая поддержка разработки проектов нормативных правовых, нормативных технических и	III квартал 2020	IV квартал 2025	Проведение периодических опросов организаций сферы передовых производственных технологий в целях выявления существующих потребностей в совершенствовании законодательства и устранении административных барьеров; - по результатам проведенных опросов формирование перечня	Выявлены новые потребности инновационных компаний, в первую очередь - малых и средних, в снятии барьеров распространения ППТ	Инфраструктурный центр «Технет», Сколтех

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
иных актов для стимулирования распространения передовых производственных технологий			документов кандидатов для включения в «Технет 2.0» НТИ; - разработка проектов документов по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров, не вошедших в «Технет 2.0» НТИ, но представляющих интерес для стейкхолдеров и акторов; - проведено не менее 5 опросов и разработано не менее 10 проектов НПА и документов по стандартизации.		
1.3. Нормативно-правовое обеспечение инициатив в области оценки соответствия передовых производственных технологий	III квартал 2020	IV квартал 2025	II квартал 2021 года - проведены консультации с министерствами, ведомствами и заинтересованными подведомственными организациями, посвященные изучению международного опыта сертификации продукции ППТ, а также выработке предложений по внедрению методов оценки соответствия, направленных на обеспечение ускоренного выпуска в обращение продукции ППТ. IV квартал 2021 года - сформирован Международный консорциум для научно-технической поддержки создания нормативной базы разработки и применения методов оценки соответствия продукции ППТ; IV квартал 2021 года (далее - ежегодно) - подготовлен перечень рекомендаций по уточнению мероприятий государственных программ, влияющих на развитие рынка ППТ; IV квартал 2021 года - разработан комплект нормативно-методической документации, регулирующей деятельность центров сертификации (TestBeds - в виде органа или лаборатории сертификации. Формат будет определен в процессе реализации при координации с Минпромторгом России; IV квартал 2021 - подготовлен перечень рекомендаций и изменений нормативно-технической документации, стандартов российских и международных НПА, регламентирующих разработку, реализацию и внедрение ППТ в России; IV квартал 2022 года - разработаны комплекты требований к методам оценки соответствия высокоответственных изделий из полимерных композиционных материалов общетехнического назначения и объектов транспортной инфраструктуры; IV квартал 2022 года - разработаны и внесены предложения по дополнениям и изменениям международных нормативных документов (UN, IMO, ISO и др.), регулирующих проектирование, изготовление и эксплуатацию высокоответственных изделий из	Создана нормативно-правовая база, обеспечивающая сокращение материальных и временных затрат на внедрение новых технологий и материалов, скорейший выход продукции ППТ на рынки	Сколтех, Минпромторг России, МГУ, компании участники направления «Технет»

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
			полимерных композиционных материалов; IV квартал 2022 года – принято не менее 10 новых стандартов в области оценки соответствия продукции ППТ; IV квартал 2025 года – принято не менее 30 новых стандартов в области оценки соответствия продукции ППТ.		
1.4. Проекты развития сертификации продуктов и сервисов, основанных на использовании новых материалов, аддитивных технологий и конструкций нового поколения (Университетско-промышленные сертификационные TestBeds)	2020	2022	2020 (далее ежегодно) – проведены консультации с министерствами, ведомствами и заинтересованными подведомственными организациями, посвященные изучению международного опыта современной сертификации, а также выработке предложений по внедрению подходов сертификации, основанных на оценке риска и направленных на внедрение ускоренного выпуска в обращение производственной продукции, созданной с использованием передовых производственных технологий; IV квартал 2022 года – выполнен комплекс НИОКР в обеспечение реализации пилотных проектов-демонстраторов эффективности и результативности внедрения современных подходов в проведении сертификации продукции, полученной с использованием ППТ; IV квартал 2022 года – создан объединенный экспериментально-цифровой центр сертификации (TestBed) и сетевой промышленный экспериментально-цифровой центр сертификации (TestBed); IV квартал 2022 года – разработаны сертификационные правила и требования к высокоответственным композитным конструкциям.	Постоянная внесение предложений по внедрению подходов по сертификации в области ППТ. Реализованы проекты демонстраторы эффективности новых подходов сертификации продукции. Разработаны сертификационные правила и требования к высокоответственным композитным конструкциям. Созданы экспериментально-цифровые центры сертификации.	ФГУП Стандартиформ, Росстандарт, ГК Автодор, Сколтех
1.5. ИТ-обеспечение деятельности по развитию сертификации продукции, полученной с использованием ППТ	2020	2025	IV квартал 2020 – создан пилотный банк данных натуральных и виртуальных стандартов качества для сертификации продукции, получаемой с помощью различных технологий; IV квартал 2025 – разработана архитектура банка натуральных и виртуальных моделей, нормативно-методическая документация в обеспечение обращения с моделями; IV квартал 2025 – разработан модуль базы данных материалов для автомобилестроения; IV квартал 2025 – разработан модуль базы данных материалов для авиастроения.	Сформирован пилотный банк данных натуральных и виртуальных стандартов качества, а также разработана архитектура банка натуральных и виртуальных данных, нормативно-методическая документация обращения с моделями. Сформированы модули базы данных материалов для авиастроения и автомобилестроения.	Сколтех, Минпромторг России, МГУ, компании участники направления «Технет»

Стоит отметить, что 16 сентября 2021 года приказом № 979-ст руководителя Росстандарта А.П. Шалаева был утвержден национальный стандарт Российской Федерации - **ГОСТ Р 57700.37-2021 «Компьютерные модели и моделирование. ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ИЗДЕЛИЙ. Общие положения»**.

Как отмечает Росстандарт, ГОСТ Р 57700.37-2021 является полностью отечественной разработкой. Впервые в мире вводится нормативный документ, сфокусированный на создании изделий с помощью технологии цифровых

двойников, а не оцифровке производственной инфраструктуры и логистики, и устанавливается соответствующее единое определение «цифрового двойника изделия».

Стандарт разработан специалистами Центра НТИ «Новые производственные технологии» Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (СПбПУ) совместно со специалистами ФГУП «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ») в соответствии с «Программой национальной стандартизации на 2020 год» и «Программой национальной стандартизации на 2021 год».

Для разработки национального стандарта на заседании ТК 700 21 июля 2020 года была создана рабочая группа «Цифровые двойники», которую возглавил проректор по цифровой трансформации СПбПУ, руководитель Научного центра мирового уровня «Передовые цифровые технологии», Центра компетенций НТИ «Новые производственные технологии» и Инжинирингового центра CompMechLab® СПбПУ Алексей Боровков.

Активное участие в деятельности рабочей группы приняли полномочные представители 25 высокотехнологичных предприятий и отраслевых институтов России, таких как: ФГУП «Крыловский государственный научный центр», ФГУП «ВНИИ «Центр», Концерн ВКО «Алмаз-Антей», Корпорация «Тактическое ракетное вооружение», ФГУП «ЦАГИ», Госкорпорация Роскосмос, Госкорпорация Росатом и другие.

В разработке стандарта также активное участие принимала рабочая группа Технет.

ГОСТ Р 57700.37–2021 является первым в серии национальных и отраслевых стандартов по цифровым двойникам, планируемых к разработке в ближайшее время.

Текст ГОСТ Р 57700.37—2021 доступен по [ссылке](#).

14.01.01 План-график мероприятий, направленных на развитие рынка НТИ Технет

Таблица 5. Создание, развитие и продвижение передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
1. Разворачивание и работа сети испытательных полигонов (TestBeds)	2020	II квартал 2030	II квартал 2022 года – запущены 2 универсальных полигона второй очереди (университетского типа); IV квартал 2025 года – сформирован пакет перспективных технологий доверенной сенсорики в области материаловедения, микроэлектроники, мехатроники и других направлений развития сенсорики; II квартал 2025 года – сформированы пилотные испытательные полигоны (Testbeds) первой очереди для отработки и пилотирования компонентов «Фабрики Будущего» по технологическим направлениям производственной робототехника (advanced robotics), новые материалы, Big Data; IV квартал 2025 года – сформированы TestBeds для отработки и пилотирования компонентов «Фабрики Будущего» по технологическим направлениям: сенсорики, аддитивные технологии, промышленный Интернет; II квартал 2027 года – открыты испытательные полигоны второй очереди, подготовлены рекомендации по модели и показателям	Развернута инфраструктура обеспечения технологического и производственного лидерства России в технологических цепочках по ряду секторов (проектирование, производство, сервисы – на базе испытательных полигонов и консорциумов). Развернут полигон по направлению «Сенсорика» и полностью оснащен ключевым оборудованием, программным обеспечением, ключевыми сотрудниками. Сформированы пакеты технологических решений и услуг для компаний высокотехнологичных отраслей промышленности и рынков НТИ. Распространение на высокотехнологичные компании парадигмы проектирования на основе компьютерного инжиниринга и оптимизации изделий – (Simulation & Optimization)-Driven Design, позволяющей выпустить конкурентоспособную продукцию на рынок в кратчайшие сроки. Достижение конкурентных операционных показателей результативности и эффективности разработок и пакетов технологий в ряде производственных задач по итогам тестирования на испытательных полигонах (TestBeds). Формирование заказа на НИОКР, промышленного заказа российских исследовательских и производственных организаций с точки зрения учета вызовов цифровизации и	СПбПУ, (РГАТУ им. П.А. Соловьева, КБГУ, АГУ и др.), Минпромторг России, ФБУ «Российское технологическое агентство», Сколтех, Внешэкономбанк, АО «ИНУМИТ», АО «ОДК» (ПАО «ОДК-Сатурн» и др.), компании-участники направления «Технет», МИЭТ, Центр компетенций НТИ по направлению «Фотоника» ПГНИУ, ПАО «ПНППК», Кластер волоконно-оптических технологий «Фотоника», ООО «Инверсия-Сенсор

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
			результативности их работы; IV квартал 2030 года - проведение конкурсного отбора Testbeds для отработки и пилотирования компонентов «Фабрики Будущего» по технологическим направлениям (третья очередь)	интеллектуализации всех экономических процессов.	
2. Создание глобальной сети российских Фабрик Будущего	2020	III квартал 2030	II квартал 2028 года - интеграция компонентов полигонов «умной» фабрики первой очереди (производственного типа); I квартал 2029 года - разработаны форматы, требования к протоколам взаимодействия узлов производственной сети «Фабрик Будущего»; III квартал 2030 года - запущена «виртуальная фабрика» с использованием технологий индустриального Интернета.	Сформировано полномасштабное обеспечение технологического и производственного лидерства России по направлению передовых производственных технологий на глобальном рынке. Сформированы условия для создания глобально конкурентоспособной и кастомизированной / персонализированной продукции нового поколения в России. Сокращено время вывода на рынок технологических решений, в том числе за счет сокращения сроков разработки и проектирования продукции.	Минпромторг России, АО «РЭЦ», ПАО «ОДК-Сатурн», Компании - участники направления «Технет»

3. Мероприятия в рамках развития субтехнологий направления Технет «НТИ»
3.1. Цифровое проектирование и моделирование (Smart Design)

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
3.1.1. Внедрение новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования	2020	IV квартал 2024	IV квартал 2021 года -15 предприятий, применяющих технологию разработки цифровых двойников продуктов / изделий и обеспеченных экспертным сопровождением; IV квартал 2024 года - не менее 100 предприятий, применяющих технологию разработки цифровых двойников продуктов / изделий и обеспеченных экспертным сопровождением; IV квартал 2024 года - не менее 250 проектов, реализованных проектов на высокотехнологичных предприятиях из приоритетных отраслей промышленности, для которых была применена технология разработки цифровых двойников.	Переход от традиционной парадигмы проектирования (доводка продуктов / изделий до требуемых характеристик на основе натуральных испытаний, 5 итераций в среднем) к новой парадигме цифрового проектирования и моделирования - технологии разработки и применения цифровых двойников (Digital Twin), обеспечивающей при экспертном сопровождении, как правило, прохождение с первого раза физических и натуральных испытаний (1 итерация), определение критических зон и критических характеристик для мониторинга на всех этапах жизненного цикла продукта / изделия.	Минпромторг России, Минэкономразвития России, ФБУ «Российское технологическое агентство» (ЦУПП), Аскон, Топ-системы, РЯЦ ВНИИЭФ, Фирма «1С», СПбПУ & ГК CompMechLab, МГТУ, ИК «Тесис», АРМ, Fydesis, ООО «Датадванс», АО «РПК», ФИЦ ИУ РАН, Сколтех, Университет ИТМО, ГК «Росатом», ГК «Ростех», АО ИК «АСЭ», АО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «ОСК», ПАО «ОАК», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»
3.1.2. Создание цифровой платформы разработки цифровых двойников	2020	IV квартал 2024	IV квартал 2021 года - создана цифровая платформа разработки цифровых двойников, объединяющая 1000 экспертов - сертифицированных пользователей; IV квартал 2024 года - создана цифровая платформа разработки цифровых двойников внедрена в 5 приоритетных отраслях, в 50 высокотехнологичных компаниях, сформирована национальная сетевая экосистема из 25 «зеркальных» инжиниринговых центров, объединяющая 2 500 экспертов - сертифицированных пользователей.	Создана цифровая платформа разработки цифровых двойников, способная учитывать 150 000 целевых показателей и ресурсных ограничений, использующая смежные «сквозные» цифровые технологии искусственного интеллекта, больших данных, распределённых реестров, обеспечивающая управление интеллектуальной собственностью, экспертное сопровождение и прохождение с первого раза физических и натуральных испытаний.	Минпромторг России, Минэкономразвития России, ФБУ «Российское технологическое агентство» (ЦУПП), Аскон, Топ-системы, РЯЦ ВНИИЭФ, Фирма «1С», СПбПУ & ГК CompMechLab, МГТУ, ИК «Тесис», АРМ, Fydesis, ООО «Датадванс», АО «РПК», ФИЦ ИУ РАН, Сколтех, Университет ИТМО, ГК «Росатом», ГК «Ростех», АО ИК «АСЭ», АО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «ОСК», ПАО «ОАК», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»
3.1.3. Создание отечественной PLM-системы «тяжелого» класса (включая CAD / CAM / CAE - подсистемы)	2020	IV квартал 2024 года	IV квартал 2021 года - создана PLM-система среднего класса в защищенном исполнении. Система внедрена на 5 предприятиях, реализовано 10 проектов, к системе подключено 500	Разработана отечественная PLM-система «тяжёлого» класса (включая CAD / CAM / CAE - подсистемы), поддерживающая все стадии	ГК «Росатом», ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», Минпромторг России, Минэкономразвития России, ФБУ «Российское технологическое

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
			пользователей, 20 изделий в 5 приоритетных отраслях промышленности подключены к цифровому профилю изделия; IV квартал 2024 года - создана PLM-система тяжелого класса в защищенном исполнении. Система внедрена на 25 предприятиях, реализовано 50 проектов, к системе подключено 10000 пользователей, 100 изделий в 5 приоритетных отраслях промышленности подключены к цифровому профилю изделия;	разработки изделий: от создания концепта и проектирования до изготовления, на базе отечественной платформы полного жизненного цикла изделий. PLM система обеспечивает автоматическую оценку технологической реализуемости производства на ранних этапах проектирования изделия или продукции (для УГТ 4-5 изделия). Разработана платформа управления цифровым профилем изделий, обеспечивающая полную прослеживаемость на всем жизненном цикле изделия: начиная от момента проектирования отдельных деталей и узлов, включая контроль на стадии производства, заканчивая эксплуатацией готового изделия.	агентство» (ЦУПП), Аскон, Топ-системы, РФЯЦ ВНИИЭФ, Фирма «1С», СПБПУ & ГК CompMechLab, МГТУ, ИК «Тесис», АРМ, Fydesis, ООО «Датадванс», АО «РПК», ФИЦ ИУ РАН, Сколтех, Университет ИТМО, ГК «Росатом», ГК «Ростех», АО ИК «АСЭ», АО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «ОСК», ПАО «ОАК», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»
3.1.4. Создание для 5 приоритетных отраслей (автомобилестроение; авиастроение и ракетно-космическая техника; судостроение и кораблестроение; двигателестроение; машиностроение, включая тяжелое, специальное и атомное машиностроение, железнодорожный транспорт; непрерывное / процессное производство и др.) Национальной базы математических моделей высокого уровня адекватности Digital Brainware	2020	IV квартал 2024 года	IV квартал 2021 года - 10% - доля испытательных стендов (по отраслям), входящих в состав Национальной базы математических моделей высокого уровня адекватности, от общего числа испытательных стендов; IV квартал 2024 года - 15% - доля испытательных стендов (по отраслям), входящих в состав Национальной базы математических моделей высокого уровня адекватности, от общего числа испытательных стендов.	Разработана для 5 приоритетных отраслей Национальная база математических моделей высокого уровня адекватности Digital Brainware (отличие между результатами моделирования и натурных испытаний в пределах $\pm 5\%$) на основе архивов физических и натурных экспериментов, обеспечена преемственность с накопленным научно-технологическим опытом, основанном на дорогостоящих и зачастую уникальных экспериментах. Разработанная Национальная база пополняется математическими моделями высокого уровня адекватности на основе новых серий физических и натурных	ГК «Росатом», ГК «Ростех», Минпромторг России, Минэкономразвития России, ФБУ «Российское технологическое агентство» (ЦУПП), Аскон, Топ-системы, РФЯЦ ВНИИЭФ, Фирма «1С», СПБПУ & ГК CompMechLab, МГТУ, ИК «Тесис», АРМ, Fydesis, ООО «Датадванс», АО «РПК», ФИЦ ИУ РАН, Сколтех, Университет ИТМО, АО ИК «АСЭ», АО «ОДК», ПАО «КАМАЗ», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «ОСК», ПАО «ОАК», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет»

Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты")	Срок начала реализации	Срок окончания реализации	Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты")	Ожидаемый результат	Исполнители
				экспериментов, в том числе направленных на применение новых материалов. (отличие между результатами моделирования и натуральных испытаний в пределах $\pm 5\%$)	
3.1.5. Создание платформенных решений для промышленности.	2020	IV квартал 2024 года	<p>IV квартал 2024 года – созданы платформенные решения для правовой охраны управления правами на цифровые модели и объекты. 100/25/30% % от общего числа элементов, созданных «цифровых двойников», охрана которых обеспечена в режимах авторского / патентного права (как промышленный образец) / лицензирование; IV квартал 2024 года – создана платформа полного жизненного цикла, обеспечивающая сервисы для разработки специализированного прикладного инженерного ПО на базе отечественной платформы и геометрического ядра. С использованием платформы полного жизненного цикла разработано 25 решений, подготовлено 100 специалистов для проектирования инженерного ПО с использованием платформы; IV квартал 2024 года. – создан сервис, обеспечивающий доступ к облачным вычислительным мощностям, функционирующий по модели «on demand». Достигнут показатель в 2500 пользователей сервиса; IV квартал 2024 года – созданы платформенные решения, реализующие сервисный подход «База доступных технологий» и «База доступных мощностей». 10 компаний используют базы данных; IV квартал 2024 года – сформированы платформенные решения для эксплуатационного мониторинга: постпродажное обслуживание изделий и предиктивная аналитика. 100 типовых изделий в 5 приоритетных отраслях промышленности, процесс послепродажного обслуживания которых автоматизирован.</p>	<p>Платформа цифровой сертификации обеспечивает экспертное сопровождение разработки и применения цифровых моделей и виртуальных испытательных стендов для ускоренной сертификации материалов и изделий. Платформенные решения для правовой охраны и управления правами на цифровые модели и объекты обеспечивают охрану в режиме авторского / патентного права (как промышленный образец) / лицензирование. Разработана платформа полного жизненного цикла, обеспечивающая сервисы для разработки специализированного прикладного инженерного ПО на базе отечественной платформы и геометрического ядра. Создан сервис, обеспечивающий доступ к облачным вычислительным мощностям, функционирующий по модели «on demand». Созданы платформенные решения, реализующие сервисный подход «База доступных технологий» и «База доступных мощностей». Разработаны платформенные решения для эксплуатационного мониторинга: постпродажное обслуживание изделий и предиктивная аналитика.</p>	<p>ГК «Росатом», ГК «Ростех», Минпромторг России, SOLVER, БФГ Групп, F.O.R.T., СТАН, MIXAR, Фирма «1С», Галактика, «ЦИФРА», АО «РАСУ», ООО «СИГНУМ», ООО «Объединение Агрегейт», Сколтех, ФГУП ЭЗАН, СПбПУ, МГТУ, АО «ОДК», DMG Mori, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «ОДК – Сатурн», АО «СНСЗ», ГК «Роскосмос», АО «ОСК», ПАО «ОАК», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР “Северо-Запад”», Ассоциация «Технет»</p>

3.2. Технологии «умного» производства (Smart Manufacturing)

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

| 3.2.1. Создание функциональных элементов на базе отечественных MES-систем, комплементарных с технологиями искусственного интеллекта, больших данных, интернета вещей и оптимизирующих процесс планирования производства с учётом «быстрых» переналадок и партий запуска | 2020 | IV квартал 2024 года | IV квартал 2021 - создан модуль оптимизации производственных расписаний на уровне холдингов на основе алгоритмов искусственного интеллекта и данных интернета вещей; IV квартал 2024 - создан модуль децентрализованного планирования. Интеграция с системами межзаводской кооперации и управления производственно - технологическим потенциалом крупных холдингов и государственных корпораций. MES - система внедрена на 1000 предприятиях, количество пользователей составляет 10000 человек. | Сформированы функциональные элементы на базе отечественных MES-систем, комплементарные с технологиями искусственного интеллекта, больших данных, интернета вещей и оптимизирующие процесс планирования производства с учётом «быстрых» переналадок и партий запуска. | ГК «Росатом», ГК «Ростех», Минпромторг России, SOLVER, БФГ Групп, F.O.R.T., СТАН, MIXAR, Фирма «1С», Галактика, "ЦИФРА", АО «РАСУ», ООО «СИГНУМ», ООО «Объединение Агрегейт», Сколтех, ФГУП ЭЗАН, СПбПУ, МГТУ, АО «ОДК», DMG Mori, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «СНЗ», ГК «Роскосмос», АО «ОСК», ПАО «ОАК», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет» |

| 3.2.2. Создание функциональных элементов, комплементарных с технологиями искусственного интеллекта, больших данных и распределённых реестров, на базе отечественных платформ | 2020 | IV квартал 2024 года | IV квартал 2021 - создание модулей автоматизации технологических и бизнес- процессов предприятия. IV квартал 2024 - создан модуль доверенных поставок и транзакций (смарт-договоры) среди участников кооперации. Решение внедрено на 500 предприятиях, 10000 сертифицированных пользователей, 10000 функциональных элементов ERP систем внедрено на высокотехнологичных предприятиях. | Созданы системы управления производством, в том числе системы управления непрерывным производством; система управления кооперационным производством, позволяющая в режиме реального времени вести планирование и учёт по всей цепи кооперации; система управления производственно-техническим потенциалом на уровне холдингов и государственных корпораций; ERP-система; универсальная интеграционная шина данных. | ГК «Росатом», ГК «Ростех», Минпромторг России, SOLVER, БФГ Групп, F.O.R.T., СТАН, MIXAR, Фирма «1С», Галактика, "ЦИФРА", АО «РАСУ», ООО «СИГНУМ», ООО «Объединение Агрегейт», Сколтех, ФГУП ЭЗАН, СПбПУ, МГТУ, АО «ОДК», DMG Mori, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ПАО «ОДК - Сатурн», АО «СНЗ», ГК «Роскосмос», АО «ОСК», ПАО «ОАК», Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет» |

3.3. Новые материалы (технологии их создания, обработки, контроля качества, инжиниринга материал - конструкция, включая аддитивные технологии)

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

| 3.3.1. Обеспечение научно-технологического развития сферы новых материалов | 2020 | IV квартал 2024 | IV квартал 2024 года - сертифицировано 25 ед. наилучших доступных технологий; IV квартал 2024 года - 85 единиц результатов интеллектуальной деятельности, зарегистрированных по процедуре РСТ; IV квартал 2024 года - разработано 20 базовых и 45 специализированных стандартов. | В результате обеспечения научно-технологического развития сферы создан базис для мирового лидерства России в данной сфере. | ГК «Росатом», ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», Минпромторг России, Минобрнауки России, ФГУП «ВИАМ», СПбПУ, НИТУ «МИСиС», ИЦ «Сколково», ИЛИСТ (СПбПУ), ООО «Аддитивные технологии», ГК «Унихимтек», АО «ИНУМиТ», ООО «ИТЕКМА», ПАО «ОАК», ПАО «ОДК», ЦИАМ, АО «НИИГрафит», АО «Наука и Инновации», ООО «РусАТ», АО «НПО «ЦНИИТМАШ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», НПО «ЛУЧ», Группа компаний «Лазеры и аппаратура», Сколтех, ФГУП «ГНЦ РФ-ФЭИ», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина, ФГУП ЭЗАН, Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет» |

| 3.3.2. Инфраструктурное развитие сферы новых материалов | 2020 | IV квартал 2024 | IV квартал 2024 года - создано 26 центра в сфере аддитивных технологий, в том числе формирование системы сертификации аддитивных технологий на базе 5 сертифицированных центров к 2024 году; IV квартал 2024 года - запущены программы подготовки в 34 вузах по направлению новых материалов и аддитивных технологий; IV квартал 2024 года. Внедрено 7 ключевых типов технологий/оборудования (SLM, EBM, DMD, SLA, FDM, FDA, Ink-jet). | В результате инфраструктурного развития: Изделия, выполненные с использованием аддитивных технологий (далее - АТ) в общем объеме промышленной продукции партнеров ДК, ~1% себестоимости. Доля АТ-изделий в новой продукции партнеров ДК, до 10% массы готового изделия; Применение АТ при разработке и серийном производстве продукции партнеров ДК. | ГК «Росатом», ГК «Ростех», ГК «Роскосмос», Минпромторг России, Минобрнауки России, ФГУП «ВИАМ», СПбПУ, НИТУ «МИСиС», ИЛИСТ (СПбПУ), ООО «Аддитивные технологии», ГК «Унихимтек», АО «ИНУМиТ», ООО «ИТЕКМА», ПАО «ОАК», ПАО «ОДК», ЦИАМ, АО «НИИГрафит», АО «Наука и Инновации», ООО «РусАТ», АО «НПО «ЦНИИТМАШ», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ», НПО «ЛУЧ», Группа компаний «Лазеры и аппаратура», Сколтех, ФГУП «ГНЦ РФ - ФЭИ», ОНПП «Технология» им. А.Г. Ромашина, ФГУП ЭЗАН, Фонд перспективных исследований РФ, АО «РВК», Фонд «Сколково», АНО «Платформа НТИ», Фонд «ЦСР "Северо-Запад"», Ассоциация «Технет» |

3.4. Формирование экосистемы технологий по направлению «Технет» НТИ

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

| 3.4.1 Развитие передовых производственных технологий | 2020 | IV квартал 2024 | IV квартал 2024 года - реализована программа Центра национальной технологической инициативы на базе Института передовых производственных технологий ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (СПбПУ) в части исследований, реализованных НИОКТР, подготовленных кадров | В результате развития деятельности центра компетенций активно расширяется партнерская сеть, растет количество участников программы общего и дополнительного образования, растет количество компаний, использующих передовые производственные технологии | Центр НТИ СПбПУ, консорциум Центра НТИ СПбПУ, индустриальные партнеры, компании по направлению «Технет» |

| 3.4.2 Развитие технологий робототехники | 2020 | IV квартал 2024 | IV квартал 2024 года - реализована программа Центра технологий компонентов робототехники и мехатроники на базе Университета Иннополис в части

исследований, реализованных НИОКТР, подготовленных кадров|В результате развития деятельности центра компетенций активно расширяется партнерская сеть, растет количество участников программ общего и дополнительного образования, растет количество компаний, использующих передовые технологии робототехники|ГК «Ростех», ГК «Росатом», Университет Иннополис, Университет ИТМО, Альфа-Интех, Prof-IT, СТАРКИН, ИМАШ РАН, СПбПУ, НПО «Андроида техника», ПАО «КАМАЗ», МГТУ «Станкин», АО «ОДК Авиадвигатель», ПАО «ОДК-Сатурн», ИПМТ Благонравова, СПбПУ, компании по направлению «Технет»|

|3.4.3 Развитие технологий сенсорики|2020|IV квартал 2024|IV квартал 2024 года – реализована программа Центра компетенций НТИ по направлению «Технологии сенсорики» на базе ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (МИЭТ) в части исследований, реализованных НИОКТР, подготовленных кадров|В результате развития деятельности центра компетенций активно расширяется партнерская сеть, растет количество участников программ общего и дополнительного образования, растет количество компаний, использующих передовые технологии сенсорики|МИЭТ, Консорциум Центра национальной технологической инициативы «Сенсорика», компании по направлению «Технет»|

|3.4.4 Развитие технологий промышленного интернета вещей и беспроводной связи|2020|IV квартал 2024|IV квартал 2024 года – реализована программа Центра компетенций НТИ по направлению «Технологии беспроводной связи и интернета вещей» на базе АНОО ВО «Сколковский институт науки и технологий» в части исследований, реализованных НИОКТР, подготовленных кадров |В результате развития деятельности центра компетенций активно расширяется партнерская сеть, растет количество участников программ общего и дополнительного образования, растет количество компаний, использующих передовые технологии беспроводной связи и промышленного интернета вещей|Центр компетенций НТИ по направлению «Технологии беспроводной связи и интернета вещей» на базе Сколтеха, ПАО «МТС», ПАО «Мегафон», ПАО «ВымпелКом», ООО «СИГНУМ», ООО «Объединение Агрегейт», ГК «Цифра», МИЭТ, компании по направлению «Технет» и др.|

Таблица 6. Совершенствование системы образования для обеспечения перспективных кадровых потребностей динамично развивающихся компаний, научных и творческих коллективов, участвующих в создании новых глобальных рынков

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

|1.1. Совершенствование системы профессионального образования для подготовки кадров рынка «Технет»|I квартал 2021|I квартал 2023|I квартал 2023 года – образовательные программы масштабированы в 30 вузах России (накопленным итогом); IV квартал 2022 года (далее – на регулярной основе) – проведение корпоративных программ повышения квалификации и переподготовки в области ППТ. |Подготовлены квалифицированные инженерные кадры для рынка «Технет».|Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Минпромторг России, компании- участники направления «Технет»|

|1.2. Совершенствование инфраструктуры (создание сети образовательных площадок –learning factories)|IV квартал 2020|IV квартал 2025|IV квартал 2021 года – сформирована сеть не менее чем из 5 университетских зеркальных инжиниринговых центров; IV квартал 2023 – запущено не менее 2 программ сетевых магистратур по направлению «Технет» НТИ; IV квартал 2025 года – создана сеть Learning factories в федеральных округах Российской Федерации.|Сформирована сеть образовательных площадок (learning factories), направленных на формирование перспективных компетенций путем реализации и масштабирования смешанных(blended) и сетевых программ.| Минобрнауки России, Минпромторг России, организации – участники направления «Технет»|

|1.3. Развитие инженерно-технического образования и трансфера компетенций посредством развития сети «зеркальных инжиниринговых центров» (ЗИЦ), в том числе университетских (УЗИЦ).|IV квартал 2020|IV квартал 2024|IV квартал 2021 года – созданы 5 ЗИЦ в федеральных округах Российской Федерации; IV квартал 2021 года – создана 1 команда у партнеров, реализующих проекты создания зеркальных инжиниринговых центров (ЗИЦ) на базе университетов и предприятий; IV квартал 2024 года – созданы 3 команды у партнеров, реализующих проекты создания зеркальных инжиниринговых центров (ЗИЦ) на базе университетов и предприятий; IV квартал 2024 года – созданы 10 ЗИЦ в федеральных округах Российской Федерации.|Сформирована сеть «зеркальных» инжиниринговых центров. Созданы команды у партнеров, реализующих проекты создания зеркальных инжиниринговых центров (ЗИЦ) на базе университетов и предприятий.|Минобрнауки России, Минпромторг России, Центр НТИ СПбПУ, вузы и организации-партнеры|

Таблица 7. Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

|1.1. Развитие инженерно-технического творчества|IV квартал 2020|II квартал 2022 года|II квартал 2021 года (ежегодно) – проведение соревнования по перспективным профессиям Future Skills в рамках World Skills Hi-Tech; III квартал 2021 года – разработаны метрики для оценки региональной технологической инфраструктуры, поиска и формирования реестра технологических проблем для мейкерских сообществ; II квартал 2022 года – выстроена система кооперации по взаимодействию с институтами развития, учреждениями дополнительного образования, представителями дорожной карты «Кружковое движение» для реализации проектов по вовлечению молодого поколения в инженерную сферу, популяризации инженерных профессий. |Повышена привлекательность инженерных профессий среди молодого поколения. Талантливые кадры привлечены в профессии по специализациям предприятий, реализующих комплекс Фабрики будущего.|АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ), Минпромторг России, АО «РВК», Союз «Ворлдскиллс Россия», компании-участники направления «Технет»|

|1.2. Развитие региональных партнерств по направлению «Технет» НТИ|II квартал 2020|II квартал 2020 IV квартал 2022|I квартал 2021 – подписаны 3 соглашений о сотрудничестве АО «РВК», Ассоциации «Технет», научно-образовательных центров мирового уровня (НОЦ); IV квартал 2022 – сформированы устойчивые партнерства с 5-6 регионами России.|Развитие региональных сообществ по направлению «Технет» НТИ с целью формирования новых проектов.|АО «РВК», Ассоциация «Технет», Точки кипения, Научно-образовательные центры мирового уровня|

Таблица 8. Организационно-техническая и экспертно-аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

1.1. Координация и управление реализацией ДК «Технет»|IV квартал 2020|IV квартал 2025 |IV квартал 2025 года - создано не менее 15 консорциумов для реализации проектов «Технет», тестирования и пилотирования технологических решений, запуска Фабрик Будущего «Технет». [Сформирована организационная архитектура стратегического планирования, координации и мониторинга реализации ДК «Технет», обеспечено согласованное взаимодействие участников рынка на всем периоде реализации ДК. Обеспечена ведущая роль России на международном рынке сертификации продукции, полученной с использованием ППТ|АНО «Платформа НТИ», Федеральное бюджетное учреждение «Российское технологическое агентство», АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (АСИ), Минпромторг России, компании- участники направления «Технет» НТИ]

1.1. Экспертно-аналитическая поддержка тематических и предметных направлений реализации ДК «Технет»|IV квартал 2020|III квартал 2026 |IV квартал 2020 года (далее ежегодно) - проведены экспертно-аналитические исследования для формирования проектов (актуализация перечня «best-in-class» продуктов, разработка технических заданий) в рамках реализации ДК «Технет» (ежегодно); IV квартал 2020 года (далее ежегодно) - проведены экспертно-аналитические исследования для формирования проектов (актуализация перечня «best-in-class» продуктов, разработка технических заданий) в рамках реализации ДК «Технет»; IV квартал 2020 года - подготовлен доклад "Передовые производственные технологии: возможности для России"; III квартал 2026 года - подготовлен доклад и план действий «Гибкие, сетевые, умные производства России 2035». [Утверждены ключевые институциональные принципы и подходы организации и развития Фабрик Будущего в России, проведены ежегодные экспертно-аналитические мероприятия для организаций и - компаний - участников направления «Технет».] Инфраструктурный центр «Технет», Федеральное бюджетное учреждение «Российское технологическое агентство», экспертные организации]

Таблица 9. Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов

| Основные направления плана мероприятий ("дорожной карты") | Срок начала реализации | Срок окончания реализации | Значимые контрольные результаты реализации плана мероприятий ("дорожной карты") | Ожидаемый результат | Исполнители |

| ----- | ----- | ----- | ----- | ----- | ----- |

1. 1. Развитие экосистемы формирования, привлечения развития и передачи компетенций и лучших в своем классе технологий|IV квартал 2021|IV квартала 2025|IV квартал 2021 года - представлены рекомендации и предложения в инвестиционные программы компаний с государственным участием; IV квартал 2021 года (ежегодно) - запущен 1 преакселератор развития глобально конкурентоспособных бизнесов на базе ППТ; IV квартал 2021 года (ежегодно) - запущен 1 акселератор развития глобально конкурентоспособных бизнесов на базе ППТ. IV квартал 2025 года - создание корпоративной системы управления проектами, обеспечивающей внедрение решений по направлению «Технет» НТИ в реальное производство (не менее 5 решений в год); IV квартал 2021 года (ежегодно) - не менее 5 заявок по всем конкурсам Фонда содействия инновациям по тематике направления «Технет» НТИ и сквозной цифровой технологии «Новые производственные технологии»|Сформирована экосистема, обеспечивающая инициативное участие любых организаций, компаний (в т.ч. малых и средних) и экспертов в развитии рынка «Технет».|Ассоциация «Технет», Федеральное бюджетное учреждение «Российское технологическое агентство», Минпромторг России, ПАО «ОДК-Сатурн», АО «РВК», Фонд «Сколково», Фонд содействия инновациям, компании- участники направления «Технет»|

15.01.01 Ключевые показатели реализации мероприятий по развитию рынка НТИ Технет

Ключевые показатели дорожной карты рынка "Технет":

- Доля России на мировых рынках «Фабрик Будущего» в сегменте инжиниринга и конструирования.
- Количество компаний- поставщиков услуг по созданию Фабрик Будущего в рейтинге топ-50 технологических «газелей» РФ.
- Объем экспорта продукции полученной с использованием ППТ.
- Число созданных испытательных полигонов (TestBeds) «Фабрик Будущего».
- Количество экспериментально- цифровых центров (лабораторий) сертификации в Российской Федерации.
- Число специалистов, прошедших программы подготовки и переподготовки по передовым производственным технологиям.
- Число созданных Фабрик Будущего «Технет».

В настоящий момент уже достигнуты значимые результаты мирового уровня. По результатам реализации ДК «Технет 1.0» НТИ и ДК «Технет 4.0» НТИ достигнуты следующие результаты (на август 2024 года):

1) Создано 9 «фабрик будущего» в инициативном порядке, в числе которых три «умных фабрики»:

- Цифровая платформа по разработке и применению цифровых двойников CML-Bench®, ГК CompMechLab®/ Инжиниринговый центр «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (далее - ИЦ ЦКИ CompMechLab® СПбПУ) / Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» / Научный центр мирового уровня (далее - НЦМУ) СПбПУ «Передовые цифровые технологии» (2018 г.).
- «Умная» Фабрика «Сатурн», ПАО «ОДК-Сатурн» / АО «ОДК» / ГК «Ростех» (2018 г.).
- Высокотехнологичное производство робототехнических комплексов / АО «Диаконт» (2018 г.).
- «Цифровая верфь», АО «СНСЗ» / АО «ОСК» (2018 г.).
- Цифровой двойник системы очистки бурового раствора, ЗАО «Центротех-СПб» / АО «ТВЭЛ» / ГК «Росатом» (2018-2019 гг.).
- Цифровая фабрика по созданию семейства высокооборотных дизельных двигателей / ООО «УДМЗ» / АО «Синара-Транспортные машины» / Группа Синара (2020 г.).
- Универсальная модульная платформа развития модельного ряда электротранспорта под различные запросы потребителей CML-EV, ГК CompMechLab® / ИЦ «ЦКИ» CompMechLab® СПбПУ) / Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии» / НЦМУ СПбПУ «Передовые цифровые технологии» (2020 г.).
- Разработка экспериментальной технологии создания цифрового двойника морского газотурбинного двигателя (МорГТД), развитие подходов системного инжиниринга на основе моделей в обеспечение устойчивого развития корабельных газотурбинных двигателей и агрегатов, АО «ОДК» / ГК «Ростех» (2021-2023 гг.).
- Киберфизическая фабрика малоразмерных газотурбинных двигателей, Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева / ПАО «ОДК-Кузнецов»/ АО «ОДК» / ГК «Ростех» (с 2023 г.).

2) Создано 9 испытательных полигонов («Testbeds») «Фабрик будущего»:

- Первый в стране испытательный полигон (TestBed) для генерации цифровых, «умных», виртуальных «Фабрик Будущего» создан на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ в 2017 году. На его базе развернуты испытательные полигоны в автомобилестроении - Automotive-1 (совместно с ГИЦ РФ ФГУП «НАМИ»), Automotive-2 (совместно с ПАО «Соллерс») и Automotive-3 (совместно с ПАО «КАМАЗ» / ГК «Ростех»).

- Создан испытательный полигон на базе АО «ОДК-Климов» / АО «ОДК» / ГК «Ростех» (двигатель ТВ7-117СТ-01 для нового пассажирского самолета Ил-114-300) (2019 г.).
- Создан полигон на базе ООО «УДМЗ» / АО «Синара-Транспортные машины» / Группа Синара (создание семейства высокооборотных дизельных двигателей) (2020 г.).
- С 2021 года создан виртуальный полигон и ведется разработка экспериментальной технологии создания цифрового двойника МорГТД и редуктора в составе агрегата (СПбПУ совместно с АО «ОДК» / ГК «Ростех»).
- Разработан цифровой двойник тепловыделяющей сборки ядерного реактора, включающий виртуальный испытательный полигон (СПбПУ совместно с АО «ТВЭЛ» / ГК «Росатом» (2022-2023 гг.).
- Создан испытательный полигон в рамках реализации проекта «Создание экспериментально-цифровой платформы сертификации материалов и изделий, создаваемых на основе передовых производственных технологий» за счет субсидии по соглашению № 075-10-2021-102 от 31 августа 2021 года, ЗАО «Инжиниринговая компания «ТЕСИС» / Сколковский институт науки и технологий / Фонд поддержки проектов НТИ.
- 3) Создано 4 экспериментально-цифровых центра (лаборатории) сертификации:
 - Создан 1 Национальный центр тестирования, верификации и валидации инжинирингового программного обеспечения СПбПУ (далее - Центр ТВВ СПбПУ) для целей импортозамещения инженерного программного обеспечения (далее - ПО) (с применением цифровых решений АО «Аскон», ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» (ГК «Росатом») и консорциума «РазВИТие» и др.) на базе Передовой инженерной школы (далее - ПИШ) СПбПУ «Цифровой инжиниринг» .
 - Созданы 3 экспериментально-цифровых центра (лаборатории) сертификации в рамках реализации проекта «Создание экспериментально-цифровой платформы сертификации материалов и изделий, создаваемых на основе передовых производственных технологий» за счет субсидии по соглашению № 075-10-2021-102 от 31 августа 2021 года, ЗАО «Инжиниринговая компания» «ТЕСИС» / Сколковский институт науки и технологий / Фонд поддержки проектов НТИ.
- 4) На базе 8 профильных центров компетенций НТИ, специализирующихся на «сквозных» технологиях направления «Технет» НТИ, в 2017–2023 гг. осуществлена подготовка 42 322 специалистов:
 - Центр НТИ СПбПУ «Новые производственные технологии».
 - Центр НТИ «Сенсорика» на базе Московского института электронной техники.
 - Центр НТИ в области робототехники и мехатроники на базе Университета Иннополис.
 - Центр НТИ по беспроводной связи и интернету вещей на базе Сколтех.
 - Центр НТИ по направлению «Технологии моделирования и разработки материалов с заданными свойствами» на базе Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана.
 - Центр НТИ по направлению «Бионическая инженерия в медицине» Самарского государственного медицинского университета Минздрава России.
 - Центр НТИ по направлению «Технологии доверенного взаимодействия» на базе Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.
 - Центр НТИ «Технологии моделирования и разработки функциональных материалов с заданными свойствами» на базе Новосибирского национального исследовательского государственного университета.
- 5) Более 300 организаций стали участниками профессионального сообщества.
- 6) В 2018–2023 годах на базе СПбПУ проведено 7 акселерационных программ для проектов по тематике «Технет» НТИ.
- 7) Более 1,5 тысяч заявок поступило на конкурсы по направлению «Технет» и направлению «Новые производственные технологии» Фонда содействия инновациям, из них более 240 победителей.
- 8) 93 проекта НТИ рассмотрены Рабочей группой «Технет», из них 47 проектов поддержаны, а 3 рекомендованы к реализации Межведомственной рабочей группой.

16.01.01 Финансовый план реализации рынка НТИ Технет

№	Раздел	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2021, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2021, млн. руб.	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2022, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2022, млн. руб.	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2023, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2023, млн. руб.	Итого, млн. руб.
1	Создание, развитие и продвижение передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках	1957	1753	2257	1533	2007	1103	10610
2	Совершенствование системы образования для обеспечения перспективных кадровых потребностей динамично развивающихся компаний, научных и творческих коллективов, участвующих в	150	50	150	50	70	25	495

№	Раздел	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2021, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2021, млн. руб.	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2022, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2022, млн. руб.	Оценка объема финансового обеспечения с привлечением средств из федерального бюджета 2023, млн. руб.	Средства внебюджетных источников 2023, млн. руб.	Итого, млн. руб.
	создании новых глобальных рынков							
3	Развитие системы профессиональных сообществ и популяризация Национальной технологической инициативы	10	3	5	3	5	2	28
4	Организационно-техническая и экспертно-аналитическая поддержка, информационное обеспечение Национальной технологической инициативы	10	5	10	5	10	5	45
5	Создание механизмов акселерации компаний Национальной технологической инициативы и механизмов экспортного продвижения создаваемых продуктов	3,5	1,5	3,5	1,5	3,5	1,5	15
	Итого по источникам	2130,5	1812,5	2425,5	1592,5	2095,5	1136,5	11193,0

17.01.01 Проект CML-EV в рамках рынка НТИ Технет

Наименование проекта

Цели проекта

Краткое описание проекта

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта

17.01.02 Проект CML-Bench в рамках рынка НТИ Технет

Наименование проекта

Цели проекта

Краткое описание проекта

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта

17.01.03 Проект «Умная» Фабрика «Сатурн» в рамках рынка НТИ Технет

Наименование проекта

Цели проекта

Краткое описание проекта

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта

17.01.04 Проект Цифровая фабрика в рамках рынка НТИ Технет

Наименование проекта

Цели проекта

Краткое описание проекта

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта

17.01.05 Экспериментально-цифровая платформа сертификации

Наименование проекта

Экспериментально-цифровая платформа сертификации

Цели проекта

Краткое описание проекта

Замещение традиционных подходов к сертификации материалов и изделий нового поколения на основе предсказательной способности математических моделей, развития новых материалов и конструкций с функцией самодиагностики и накопления статистических данных эксплуатации изделий нового поколения.

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

14.09.18 01.12.18

Дата окончания: 30.09.23

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Грант

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта

17.01.06 Разработка и применение цифровых производственных технологий в производстве сверхпроводников

Наименование проекта

Разработка и применение цифровых производственных технологий в производстве сверхпроводников

Цели проекта

Краткое описание проекта

Интегрированная технологическая цепочка производства кастомизированного ВТСП-провода - ключевого продукта для рынков новой энергетики, перспективных систем электродвижения, медицины, физики высоких энергий и высокотехнологичных отраслей промышленности, — созданная с применением передовых технологий сбора и цифрового анализа больших массивов данных, самообучения, искусственного интеллекта и промышленного интернета вещей

Сегмент рынка НТИ

Обоснование соответствия проекта направлению рынка НТИ

Ссылка на <https://pt.2035.university/project/index>

Ссылка на презентацию

Плановые сроки и этапы проекта

29.11.19 - 19.11.19

Дата окончания: 31.03.21

Ключевые контрольные точки

Объем и источники финансового обеспечения

Грант

Основные риски проекта

Потребности проекта

Ответственные за реализацию проекта лица

Партнеры проекта

Контакты проекта
