

Направление «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы

The National Technology Initiative's Technet (Advanced Manufacturing Technologies) focus area



А. И. Боровков (A. I. Borovkov),

к.т.н., профессор, проректор по перспективным проектам, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, лидер-соруководитель рабочей группы «Технет» НТИ (Ph.D. in Engineering Science, Professor, Vice-Rector for Advanced Projects, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Leader – Co-Head of the National Technology Initiative's Technet Working Group)



Ю. А. Рябов (Yu. A. Ryabov),

к.полит.н., начальник отдела технологического и промышленного форсайта Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Ph.D. in Political Science, Head of Technology and Industry Foresight Department, Computer-Aided Engineering Centre of Excellence, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)



И. С. Метревели (I. S. Metreveli),

генеральный директор, ассоциация «Технет» (CEO, Technet Association)



Е. А. Аликина (E. A. Alikina),

специалист дирекции Центра компетенций НТИ «Новые производственные технологии», Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (Expert of Administration of the National Technology Initiative Center for Advanced Manufacturing Technologies, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University)

Аннотация

В статье рассмотрены основные этапы формирования и развития направления «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. В первую очередь, представлены основополагающие тезисы, которые определили позиционирование и дифференциацию направления «Технет», рассмотрены цели и задачи дорожной карты «Технет», одобренной 14 февраля 2017 года, а также прослеживается реализация комплекса мероприятий по различным направлениям, предусмотренным дорожной картой.

Особое внимание уделяется реализации проектов для преодоления технологических барьеров и для достижения целей, целевых значений показателей и значимых контрольных результатов дорожной карты «Технет». Кроме того, раскрываются некоторые результаты деятельности рабочей группы по разработке и реализации нормативной дорожной карты «Технет», Ассоциации и Инфраструктурного центра «Технет».

Ключевые слова:

Национальная технологическая инициатива, дорожная карта «Тех-

нет», передовые производственные технологии, Цифровые, «Умные» и Виртуальные Фабрики Будущего, испытательные полигоны (TestBeds), Ассоциация «Технет»

Abstract

This article presents the key milestones of the National Technology Initiative's (NTI) Technet (Advanced Manufacturing Technologies) focus area. First, the authors emphasize some basic principles which characterize and distinguish Technet from the new markets of the NTI. Then, they proceed to goals and objectives provided for by the NTI

Technet Roadmap approved on 14 February 2017. Most of the article is devoted to projects carried out in the framework of the Roadmap and aimed to overcome technological barriers. The article concludes with an overview of the activities by the Technet Legislative and Regulatory Working Group, the Technet Association and the Technet Infrastructure Center.

Key words:

National Technology Initiative, Technet Roadmap, advanced manufacturing technologies, Digital, Smart and Virtual Factories of the Future, Testbeds, Technet Association.

Введение

Сегодня мир стоит на пороге развития экономики нового технологического поколения — цифровой экономики (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 [1]. Центральное место в экономике занимает сфера материального производства — высокотехнологичная промышленность, которая должна отвечать требованиям глобальной конкурентоспособности, эффективности и высокой производительности труда.

Для удовлетворения этим требованиям в мире стремительно развивается цифровая трансформация высокотехнологичной промышленности в цифровую промышленность, формируются цифровые платформы, цифровые двойники (Digital Twins, DT) реальных объектов/продуктов (DT-1) и технологических/производственных процессов (DT-2), разрабатываются системы интеллектуальных помощников как первый этап развития в сторону применения искусственного интеллекта, происходит тотальная автоматизация, роботиза-

ция и интеллектуализация промышленности, осуществляется переход к киберфизическим системам, происходит объединение материального и цифрового/виртуального миров. Эти глобальные технологические изменения сопровождаются развитием принципиально новых бизнес-процессов на всех уровнях [2, 3].

В основе цифровой трансформации в промышленности лежит использование передовых производственных технологий (далее — ППТ), 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.

В России ответом на вызовы новой реальности в экономике в целом и в промышленности в частности стали:

- » Национальная технологическая инициатива (далее — НТИ) [4], о начале реализации которой было объявлено в декабре 2014 года;
- » Стратегия научно-технологического развития (далее — СНТР) [5], утвержденная в декабре 2016 года;
- » национальная программа «Цифровая экономика Российской

Федерации» [6], паспорт которой был утвержден в декабре 2018 года.

Национальная технологическая инициатива — это программа мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства страны к 2035 году, которую в Послании Федеральному Собранию 4 декабря 2014 года предложил запустить Президент РФ В.В. Путин.

В рамках НТИ были определены приоритетные рынки, которые сегодня не существуют и которые возникнут в ближайшие 20 лет. Критериями выбора стали:

- » ориентированность на потребности людей, а не бизнеса (B2C — Business-to-Consumer);
- » потенциальный объем новых рынков к 2035 году — не менее 100 млрд долл., отсутствие общепринятых или устоявшихся технологических стандартов;
- » сетевой принцип организации, когда те или иные посредники заменяются на управляющее программное обеспечение (отсюда добавление окончания «-нет» к названиям отобранных рынков);
- » важность для России с точки зрения обеспечения базовых потребностей и безопасности;

» В ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ ЛЕЖИТ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕРЕДОВЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ДАЛЕЕ — ППТ), 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.

» наличие условий в стране для достижения конкурентных преимуществ и занятия значимой доли рынка (в том числе наличие технологических предпринимателей с амбициями создать компании-лидеры на новом высокотехнологичном рынке) [7].

Кроме того, в рамках НТИ был разработан комплекс мер поддержки и стимулирования, включая институциональные, финансовые и исследовательские инструменты, который позволил бы вырастить национальные компании-чемпионы на новых рынках.

Наконец, были определены сквозные технологии — ключевые научно-технические направления, которые оказывают наиболее существенное влияние на развитие рынков НТИ и за счет которых создаются глобально конкурентоспособные высокотехнологичные продукты и сервисы на новых рынках [7].

Первым кросс-рыночным направлением, обеспечивающим технологическую поддержку развития рынков НТИ за счет комплексирования различных технологий мирового уровня, стало направление «Технет», которое нацелено

на развитие и применение одного из самых важных классов сквозных технологий — передовых производственных технологий (Advanced Manufacturing Technologies). С точки зрения соруководителя рабочей группы «Технет» НТИ, заместителя Министра промышленности и торговли РФ В.С. Осьмакова, направление «Технет» в значительной степени представляет собой российский аналог знаменитой немецкой программы Industrie 4.0 [8, 9].

1. История создания направления «Технет»

В России внимание на передовых производственных технологиях было впервые сфокусировано на заседании президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России 16 сентября 2014 года, которое прошло под руководством Председателя Правительства РФ Д.А. Медведева.

В подготовке материалов заседания и в его работе приняли участие член президиума Совета, ректор Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого (далее — СПбПУ) А.И. Руд-

ской и проректор по перспективным проектам СПбПУ А.И. Боровков, который выступил с докладом «Компьютерный инжиниринг и аддитивное производство — основа для создания в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной, востребованной и импортозамещающей продукции».

В своем докладе А.И. Боровков выделил два ключевых направления развития передовых производственных технологий:

- » аддитивные технологии и аддитивное производство — системы создания/выращивания оптимальных материальных объектов, в первую очередь, 3D-принтинг (селективное лазерное спекание/сплавление и т.д.), инфузионные и PIM-технологии, методы обработки поверхности, развитие бионики и применение ячеистых и/или композитных структур с оптимальной микроструктурой и т.д., а также обеспечение аддитивного производства соответствующими «расходными материалами» (например, металлопорошковыми композициями);
- » математическое моделирование и суперкомпьютерный инжиниринг сложных изделий, позволяющие оптимизировать различные их характеристики (прочность, вес, долговечность и т.д., а также оптимизировать процессы аддитивного производства) — создавать многофункциональные и «умные» изделия, обеспечивать глобальную конкурентоспособность отечественной продукции [10].

В мае 2015 года, уже после официального запуска НТИ, состоялось ежегодное мероприятие АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов» (далее — АСИ) «Форсайт-

Флот — 2015», в котором приняли участие свыше 600 человек — технологических предпринимателей, венчурных инвесторов, ученых, представителей образовательной среды и институтов развития, деловых и общественных объединений, лидеров предприятий реального сектора экономики, федеральных органов исполнительной власти. По итогам «Форсайт-Флота — 2015» были сформированы рабочие группы по созданию и развитию 9 рынков будущего:

- » группа рынков интеллектуального транспорта: «Аэронет» (распределенные системы беспилотных летательных аппаратов, обеспечивающие решение логистических задач любой сложности), «Маринет» (распределенные системы морского транспорта без экипажа), «Автонет» (распределенная сеть управления автотранспорта без водителя);
- » группа рынков, касающаяся вопросов обеспечения национальной безопасности и конкурентоспособности: «Энерджинет» (развитие персональных источников и накопителей энергии, подключаемых в единую энергетическую сеть с открытыми интерфейсами и распределенной системой управления), «Фуднет» (организация производства и доставки персонализированных продуктов питания, соответствующих микробиому и потребностям конкретного потребителя), «Сейфнет» (новые персональные системы безопасности, включая охрану неприкосновенности частной жизни);
- » группа рынков, содержащих ресурсы и заделы для прорывных решений, потенциально способных вывести Россию на лидирующие позиции: «Хелснет» (персональная медицина, основанная

на успехах в развитии геномики, синтетической биологии и спорта высоких достижений), «Нейронет» (распределенные системы связи между людьми и компьютерами), «Финнет» (децентрализованные финансовые системы и валюты) [11].

В рамках «Форсайт-Флота — 2015» проректором по перспективным проектам СПбПУ А. И. Боровковым, директором по инновационному развитию ОАО «НПО «Сатурн» Д. С. Ивановым и директором департамента по науке и образованию Фонда «Сколково» А. Д. Фертманом в инициативном порядке была создана рабочая группа «Цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии» (позже получила наименование «Технет») [2].

9 июня 2015 года в ходе заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России в качестве основного инструмента реализации НТИ была определена система дорожных карт. В презентации к докладу директора направления «Молодые профессионалы» АСИ Д. Н. Пескова на заседании президиума Совета [12] проректор по перспективным проектам СПбПУ А. И. Боровков был указан лидером рабочей группы «Цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии».

31 октября 2015 года на площадке III Национального чемпионата сквозных рабочих профессий высокотехнологичных отраслей промышленности по методике WorldSkills (WorldSkills Hi-Tech) прошла рабочая встреча А. И. Боровкова с Д. Н. Песковым и помощником Президента РФ А. Р. Белоусовым, в ходе которой им была представлена концепция дорожной карты «Технет» (передовые производственные

технологии) НТИ (далее — ДК «Технет»), получившая одобрение.

С самого начала работы над формированием ДК «Технет» в ее основу был положен ряд тезисов, которые определили ее позиционирование и дифференциацию, а затем нашли отражение в тексте документа.

Во-первых, именно 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 (см. Рисунок 1), в каждом случае получая определенную фокусировку и рыночную проблематику [13, 14].

Во-вторых, ни одна из передовых производственных технологий, взятая в отдельности, не способна предоставить долгосрочного конкурентного преимущества на рынке. В связи с этим рабочая группа «Технет» занимается не разработкой базовых технологий (этому посвящены другие федеральные программы), а фокусируется на создании в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции нового поколения за счет отбора и комплексирования технологий мирового уровня в тех-

нологические цепочки, называемые Цифровыми, «Умными», Виртуальными Фабриками Будущего (Digital, Smart, Virtual Factories of the Future) [13, 14].

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 комплек-

сов 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 [13].

В-третьих, для того чтобы формировать Фабрики Будущего, отбирая и комплексирова различные лучшие в мире технологии с добавлением собственных кросс-отраслевых интеллектуальных ноу-хау, необходимо иметь место, где их можно было бы опробовать на практике, в среде, отвечающей реальным условиям, — испытательный полигон (TestBed) [14, см. подробнее об испытательных полигонах: 15, 16, 17].

В-четвертых, 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») [13, 14].

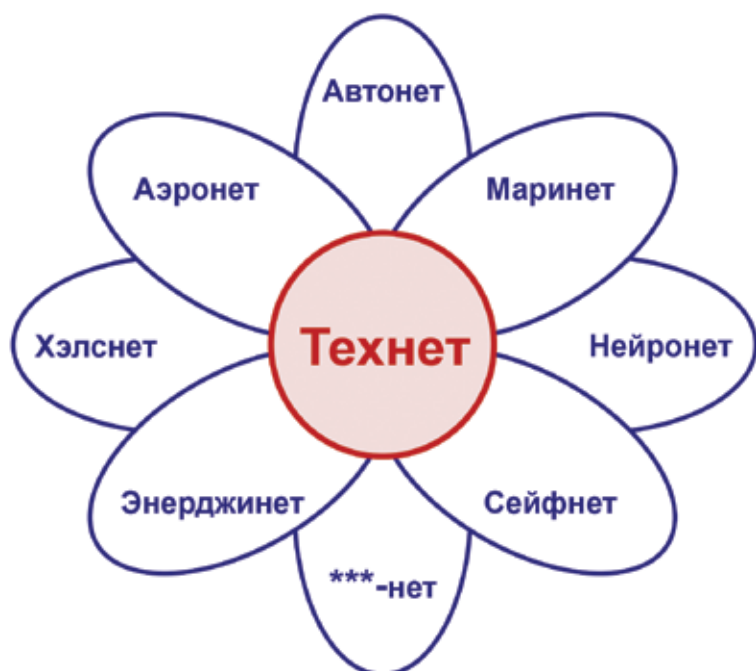
В-пятых, направление «Технет» отвечает на следующие вызовы экономического развития России:

- » 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.

В-шестых, направление «Технет» сфокусировано на разработке, развитии и применении передовых производственных технологий для решения задач экспорто-ориентированного импортоопережения [13].

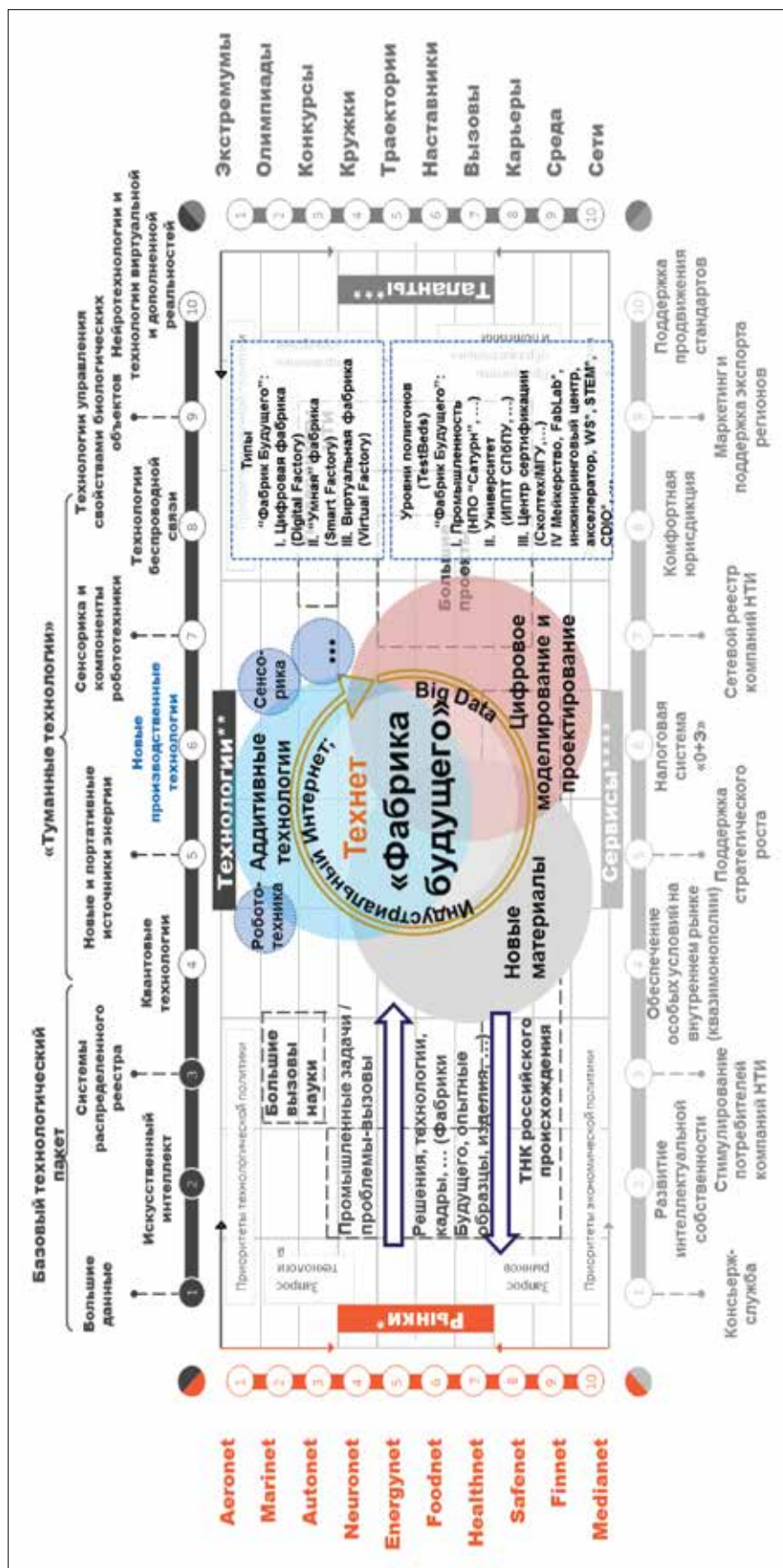
5 февраля 2016 года на заседании президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию

Рисунок 1 — Модель взаимодействия «Технет» с другими дорожными картами Национальной технологической инициативы, предложенная на «Форсайт-Флоте — 2015» А. И. Боровковым, Д. С. Ивановым и А. Д. Фертманом



Источник: Инфраструктурный центр «Технет»

Рисунок 2 — Направление «Технет» в контексте Национальной технологической инициативы (на основе матрицы НТИ в редакции по состоянию на июль 2016 года)



России лидером (соруководителем) рабочей группы «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ (далее — РГ «Технет») был утвержден проректор по перспективным проектам СПбПУ А. И. Боровков, а соруководителем со стороны профильного ответственного федерального органа исполнительной власти (далее — ФОИВ) — первый заместитель Министра промышленности и торговли РФ Г. С. Никитин.

Важной вехой в развитии направления «Технет» стало заседание президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России под председательством Д. А. Медведева, которое состоялось 24 июня 2016 года и было посвящено тематике использования потенциала вузов при реализации Национальной технологической инициативы. Площадкой для проведения заседания президиума Совета был выбран СПбПУ, который одним из первых вузов принял активное участие в реализации НТИ.

Перед проведением заседания президиума Совета специалистами Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ (далее — Инжиниринговый центр СПбПУ) были представлены результаты работ в рамках концепции Фабрик Будущего по заказам мировых лидеров высокотехнологичной промышленности из числа как отечественных, так и зарубежных компаний.

В первую очередь, были продемонстрированы результаты проекта государственного значения «Кортеж» по созданию единой модульной платформы и проектированию кузовов отечественных автомобилей (лимузин, седан, внедорожник и микроавтобус), предназначенных для перевозки и сопровождения первых лиц государства (головной исполнитель проекта — ФГУП «НАМИ»).

Источник: Инфраструктурный центр «Технет» по материалам [18]

В рамках проекта специалистами Инжинирингового центра СПбПУ были применены многие подходы, передовые технологии и уникальные компетенции, составляющие основу концепции Цифровых фабрик [19].

Именно сформированная де-факто Цифровая фабрика обеспечила в начале июня 2016 года получение с первой попытки высшего балла по пассивной безопасности во время испытаний седана проекта «Кортеж» на независимом полигоне в Берлине. Для получения такого результата практически с нуля за 1,5 года были разработаны и впервые применены принципиально новые подходы, когда в процессе проектирования одновременно учитывалось около 150 000 целевых показателей и ограничений, были выполнены тысячи виртуальных испытаний (выполнена «цифровая сертификация»).

По завершении заседания президиума Совета помощник Президента РФ А. Р. Белоусов дал интервью, в котором высоко оценил роль Инжинирингового центра СПбПУ в реализации Национальной технологической инициативы: «Приезжая в Политех, я каждый раз сталкиваюсь с интересным новым. <...> Сегодня Алексей Иванович Боровков рассказывал о цифровой фабрике. Это, конечно, фантастический успех, фантастический результат! Нам еще много предстоит сделать, поработать для того, чтобы это все вернуть, чтобы сделать это моделью и образцом для других научно-производственно-образовательных центров. Но то, что у нас в стране есть такие проекты, это, конечно, является предметом гордости» [19].

По итогам заседания президиума Совета А. Р. Белоусов обратил-

ся к заместителю Министра образования и науки РФ А. Б. Повалко с просьбой «в месячный срок продумать механизм тиражирования подобных кейсов».

Такой механизм масштабирования и тиражирования был де-факто сформирован в рамках мегапроекта «Фабрики Будущего», который был рассмотрен и одобрен на расширенном заседании Наблюдательного совета АСИ, состоявшемся 21 июля 2016 года под председательством Президента РФ В. В. Путина в ходе Форума стратегических инициатив. По словам А. И. Боровкова, представившего мегапроект, целью обращения в АСИ за поддержкой стало не развитие дорогостоящей и зачастую недозагруженной инфраструктуры¹, а «формирование перечня промышленных проблем-вызовов совместно с Минпромторгом России для создания отраслевых и рыночных Фабрик Будущего, и самое главное — решение этих проблем-вызовов» [20, 22].

В этом смысле мегапроект «Фабрики Будущего» перекликается со Стратегией научно-технологического развития, в которой в декабре 2016 года были определены большие вызовы как «объективно требующая реакции со стороны государства совокупность проблем, угроз и возможностей, сложность и масштаб которых таковы, что они не могут быть решены, устранены или реализованы исключительно за счет увеличения ресурсов». Однако в рамках мегапроекта «Фабрики Будущего» проблемы национального масштаба уступают место проблемам-вызовам отрасли — корпорации — компании — конкретного проекта. Яркими примерами таких

проблем-вызовов в прошлом может служить реализация атомного проекта и космической программы, а в настоящем — проект государственного значения «Кортеж» [22].

Комментируя выступление А. И. Боровкова на расширенном заседании Наблюдательного совета АСИ, Министр промышленности и торговли РФ Д. В. Мантуров заявил о поддержке проекта со стороны Минпромторга России и отметил высокие компетенции в области инжиниринга СПбПУ. «Конечно, мы поддерживаем проект [«Фабрики Будущего»]. То, что Алексей Иванович [Боровков] рассказал [результаты проекта государственного значения «Кортеж» — прим. авторов], — это только один из примеров взаимодействия с нашим ведомством. В начале реализации проекта «Кортеж» мы узнали о потенциале СПбПУ, в частности, о возможностях инжинирингового центра. Причем узнали от иностранных коллег — Porsche Engineering. «У вас уже есть чемпион», — сказали они нам. Мы обязательно заложим те наработки и опыт, которые есть у коллег, в основу Национальной технологической инициативы, которая сегодня активно реализуется Правительством» [23].

По итогам расширенного заседания Наблюдательного совета мегапроект «Фабрики Будущего» получил поддержку Агентства стратегических инициатив в части организации сетевого взаимодействия с индустриальными партнерами.

С 2017 года Инжиниринговым центром СПбПУ и ГК CompMechLab® ведется активная работа по созданию Фабрик Будущего с высокотехнологичными предприятиями из различных отраслей промышленности:

¹ В ходе пленарной сессии «Изменения структуры производства ОПК: государственные приоритеты и перспективные рынки», состоявшейся 12 июля 2017 года в рамках Международной промышленной выставки ИННОПРОМ, заместитель Министра промышленности и торговли РФ В. С. Осмаков отметил, что за последние пять лет российскими предприятиями закуплено около 80 000 высокоточных станков, которые позволяют производить практически любые виды продукции. При этом известно, что их загруженность составляет в среднем 10–20% [22, 23].

автомобилестроения, двигателестроения, судостроения и кораблестроения, авиастроения и вертолестроения и др.

В реализацию мегапроекта активно включились регионы. Так, в рамках выполнения поручений Президента Республики Татарстан Р.Н. Минниханова, сформулированных по итогам его рабочей поездки в СПбПУ 28 апреля 2017 года [24], началась реализация проектов по решению инженерных проблем-вызовов ведущих предприятий региона, в том числе ПАО «КАМАЗ», АО «Казанское моторостроительное производственное объединение», ОАО «Казанский вертолетный завод» и др.

В Санкт-Петербурге был создан Проектный офис «Фабрики Будущего» (положение о Проектном офисе 25 июля 2017 года подписал губернатор города Г.С. Полтавченко). В работу Проектного офиса активно включились руководители высокотехнологичных промышленных предприятий города, Союза промышленников и предпринимателей и профильных комитетов Правительства Санкт-Петербурга [25].

На сегодняшний день в реализации проекта по созданию Фабрик Будущего принимают участие более 30 высокотехнологичных предприятий отечественной промышленности.

В сентябре — ноябре 2016 года проект ДК «Технет» прошел согласования в Проектном офисе НТИ и более чем в 10 министерствах, ведомствах и институтах развития, необходимые для последующего направления документа на рассмотрение в Межведомственную рабочую группу по разработке и реализации Национальной технологической инициативы при президиуме Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России (далее — МРГ) в соответствии с планом-графиком

работ по подготовке и реализации дорожных карт.

20 декабря 2016 года, по итогам заседания президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России, соруководителем РГ «Технет» со стороны Минпромторга России был утвержден заместитель Министра промышленности и торговли РФ В.С. Осмаков.

В декабре 2016 — феврале 2017 года участники РГ «Технет» подготовили и согласовали презентационные материалы для вынесения дорожной карты на заседание МРГ, а также внесли изменения в проект ДК «Технет» в связи с поправками, внесенными Постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2016 года № 1406 в Постановление Правительства РФ от 18 апреля 2016 года № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы».

В процессе подготовки к вынесению ДК «Технет» на заседание МРГ в январе — феврале 2017 года была проведена серия рабочих совещаний помощника Президента РФ А.Р. Белоусова с руководством рабочей группы.

14 февраля 2017 года на заседании президиума Совета при Президенте РФ по модернизации экономики и инновационному развитию России под председательством Д.А. Медведева дорожная карта «Технет» (передовые производственные технологии) НТИ была одобрена.

В своем выступлении 14 февраля 2017 года А.И. Боровков подчеркнул, что ключевую роль в цифровой экономике будут играть Цифровые фабрики (см. Рисунок 3), понимаемые как определенный тип системы бизнес-процессов (способ комбинирования бизнес-процессов) и имеющие следующие характеристики:

» создание цифровых платформ, своеобразных экосистем пере-

довых цифровых технологий; именно платформенный подход позволяет объединить территориально распределенных участников процессов проектирования и производства, повысить уровень гибкости и кастомизации с учетом требований потребителей, и всё это на основе предсказательной аналитики и больших данных;

» разработка системы цифровых моделей как новых проектируемых изделий, так и производственных процессов; здесь важно подчеркнуть, что цифровые модели должны обладать высоким уровнем адекватности реальным объектам и реальным процессам (здесь уместно говорить про конвергенцию материального и цифрового миров, порождающих синергетические эффекты);

» цифровизация всего жизненного цикла изделий (от концепт-идеи, проектирования, производства, эксплуатации, сервисного обслуживания и до утилизации); все понимают, что стоимость изменений тем больше, чем позже мы эти изменения вносим, а потому мировая практика показывает, что «центр тяжести» смещается в сторону процессов проектирования, в рамках которых и закладываются характеристики глобальной конкурентоспособности или высокие потребительские требования [26].

Отвечая на вопросы издания «Хайтек» в июне 2017 года, уже после одобрения и начала реализации дорожной карты «Технет», первый заместитель Министра промышленности и торговли РФ Г.С. Никитин отметил важность и своевременность разработки такого документа: «Чтобы сохранить глобальную конкурентоспособность в условиях тотальной цифровизации, а также использовать достижения цифровых технологий

Рисунок 3 — Многоуровневая структура цифровых фабрик



Источник: [27]

для решения своих социально-экономических задач, России требуется в короткие сроки и системно сдвинуть всю экономику в зону цифровизации. <...> Я считаю, мы вовремя приняли все необходимые решения и включились в работу. Существенным шагом в этом направлении стало <...> создание дорожной карты «Технет», направленной на цифровизацию промышленности. Это наш фронт на сегодня» [28].

2. Основные направления реализации дорожной карты «Технет»

В соответствии с одобренным документом [29], основными целями дорожной карты являются:

1. Формирование комплекса ключевых компетенций в Российской Федерации, обеспечивающих интеграцию передовых производственных технологий и бизнес-моделей для их распространения в качестве «Фа-

брик Будущего» первого и последующего поколений.

2. Создание глобально конкурентоспособной кастомизированной/персонализированной продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности.

ДК «Технет» призвана обеспечить удовлетворение спроса технологических потребностей рынков НТИ и высокотехнологичных отраслей промышленности на передовые производственные технологии и модели их внедрения.

В рамках данной деятельности и для реализации поставленных целей в качестве основных задач ДК «Технет» зафиксированы следующие:

1. Создание инфраструктуры для развития комплекса ключевых компетенций для Фабрик Будущего.
2. Реализация комплекса ключевых компетенций путем создания глобально конкурентоспособных

компаний на рынках НТИ и в высокотехнологичных отраслях промышленности.

3. Долгосрочное планирование развития передовых производственных технологий и связанных с ними бизнес-моделей.
4. Формирование экосистемы создания, привлечения, развития и передачи лучших в своем классе технологий.
5. Создание законодательных и институциональных условий для развития передовых производственных технологий.

План реализации дорожной карты предусматривает комплекс мероприятий:

- » по созданию, развитию и продвижению передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках;
- » по совершенствованию нормативной правовой базы в целях

устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения;

- » по совершенствованию системы образования для обеспечения перспективных кадровых потребностей динамично развивающихся компаний, научных и творческих коллективов, участвующих в создании новых глобальных рынков;
- » по развитию системы профессиональных сообществ и популяризации НТИ;
- » по организационно-технической и экспертно-аналитической поддержке, информационному обеспечению Национальной технологической инициативы.

Пунктом 11 Правил разработки и реализации планов мероприятий («дорожных карт») НТИ было установлено, что «реализация «дорожных карт» осуществляется в форме проектов, разработка, отбор и реализация которых осуществляются согласно Положению о разработке, отборе, реализации и мониторинге проектов в целях реализации планов мероприятий («дорожных карт») Национальной технологической инициативы» (соответствующие Правила и Положение были утверждены Постановлением Правительства РФ от 18 апреля 2016 года № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы») [30].

После одобрения ДК «Технет» в феврале 2017 года в соответствии с установленной в НТИ процедурой началась активная работа по рассмотрению рабочей группой проектов Национальной технологической инициативы, понимаемых как «система взаимосвязанных мероприятий, направленных на реализацию направлений «дорожных карт», а также на достижение целей, целевых значений показателей и значи-

мых контрольных результатов реализации «дорожных карт» [30].

За период с марта 2017 по октябрь 2019 года РГ «Технет» рассмотрела более 80 проектов, 25 из них получили поддержку рабочей группы и были рекомендованы к дальнейшей реализации.

Один из ключевых проектов «Технет», который получил финансирование в рамках Постановления Правительства РФ от 18 апреля 2016 года № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы», — «Экспериментально-цифровая платформа сертификации». Проект реализуется технологической компанией «Тесис» совместно с консорциумом участников, включающим, в том числе, Сколковский институт науки и технологий, и направлен на обеспечение разработки и применения методик ускоренной оценки соответствия на основании виртуальных испытаний с применением цифровых моделей изделий из полимерных композиционных материалов, что должно сократить временные и материальные затраты на сертификацию продукции и, как результат, — обеспечить скорейший выход на рынки [31].

Проект осуществляется в рамках реализации направления ДК «Технет» по разворачиванию и работе сети испытательных полигонов (TestBeds), в частности, в целях достижения значимого контрольного результата дорожной карты — запуска испытательного полигона для экспериментально-цифрового центра сертификации.

Проекты «Интегрированная технологическая цепочка производства кастомизированной сверхпроводниковой продукции нового поколения для рынков НТИ и высокотехнологических отраслей промышленности» (ЗАО «СуперОкс», г. Москва) и «Предприятие-агрегатор сетевых распределенных производств» (ООО

«ВПС», г. Пермь) в настоящий момент находятся в стадии подготовки к вынесению на рассмотрение МРГ.

Однако целый ряд проектов, направленных на создание Фабрик Будущего или их элементов, по разным причинам не получил поддержку в рамках Постановления Правительства РФ от 18 апреля 2016 года № 317 «О реализации Национальной технологической инициативы». Это, в частности, проекты «Подводный добычный комплекс» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ») и «Фабрика будущего стрелкового оружия» (ООО «ФОРТ»). Некоторые проекты, не получившие поддержки в рамках вышеуказанного постановления или иных инструментов, реализуются заявителями в инициативном порядке из собственных средств. Среди таких проектов необходимо отметить, в первую очередь, следующие: «Цифровая верфь» (АО «Средне-Невский судостроительный завод»), «Фабрика Будущего «Прецизионные кинематические механизмы» (АО «Диаконт»), и др.

Кроме того, в рамках наиболее важного комплекса мероприятий ДК «Технет» — по созданию, развитию и продвижению передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках — в инициативном порядке за счет собственных средств или с привлечением иных источников финансирования реализуются проекты по созданию испытательного полигона университетского типа для генерации Цифровых, «Умных» и Виртуальных Фабрик Будущего на базе Института передовых производственных технологий СПбПУ с участием ГК CompMechLab® и испытательного полигона производственного типа «Умная» фабрика «Сатурн» на базе ПАО «ОДК-Сатурн» [см. подробнее: 15, 16, 17].

«Без полигона даже самая продвинутая технология окажется бесполезной — к ее внедрению нужно готовить и людей, и инфраструктуру», — отметил заместитель лидера (соруководителя) рабочей группы «Технет», директор по инновационному развитию ПАО «ОДК-Сатурн» Д. С. Иванов по итогам IV Международного технологического форума «Инновации. Технологии. Производство» в Рыбинске [32].

Важность проекта «Испытательный полигон «Умная» фабрика «Сатурн» как точки входа на новые рынки «умной» гражданской продукции подтвердил 28 июня 2017 года генеральный директор ГК «Ростех» С. В. Чemezov, а 18 июля 2017 года на Международном авиационно-космическом салоне «МАКС-2017» Ярославская область, Объединенная двигателестроительная корпорация и банк ВТБ подписали соглашение о сотрудничестве в реализации проекта «Умной» фабрики на базе ПАО «ОДК-Сатурн» [33, 34].

С 2018 года формируется информационный бюллетень «100+ проектов Национальной технологической инициативы» (в 2018 году бюллетень формировался Проектным офисом НТИ, в 2019-м — АНО «Платформа НТИ»). В 2018 году в список вошли 10 проектов направления «Технет» [см. подробнее об этих проектах: 35]. В 2019 году Инфраструктурным центром «Технет» также предложены 10 проектов, которые впоследствии были включены в информационный бюллетень.

Наибольшая активность, связанная с реализацией проектов, развернулась в рамках деятельности Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (далее — Фонд содействия инновациям, Фонд, ФСИ). В 2017–2019 годах ФСИ провел следующие конкурсы, направленные на поддержку реализации дорожных карт НТИ, в том числе ДК «Технет»:

» программа «Развитие-НТИ», направленная на поддержку ком-

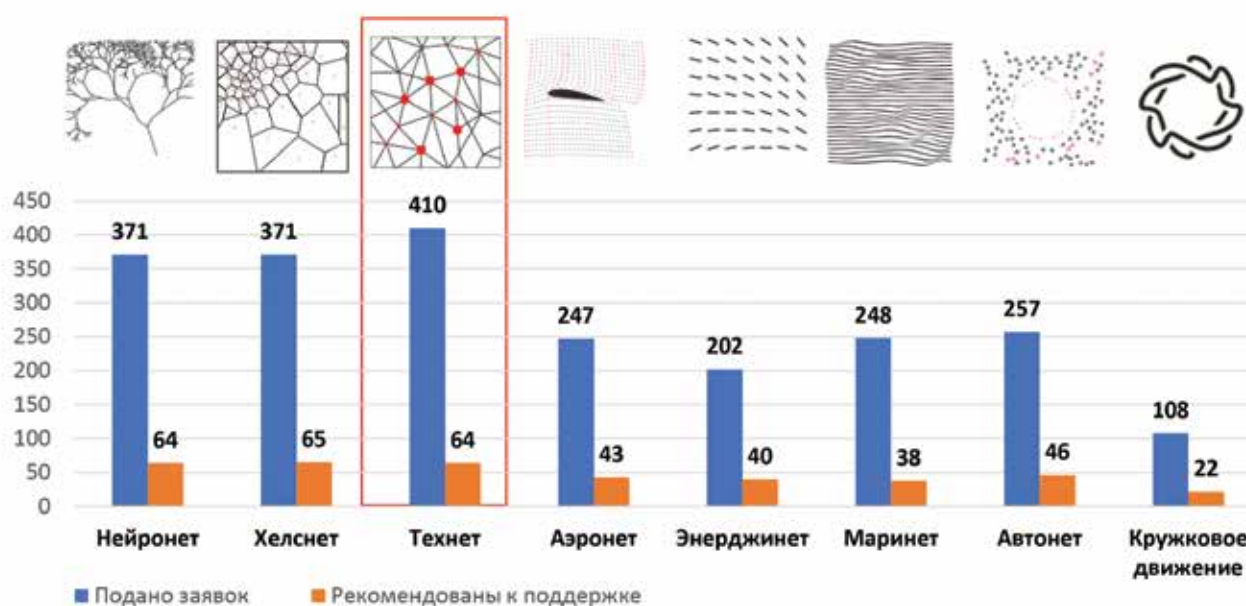
паний, уже имеющих опыт разработки и продаж собственной наукоемкой продукции и планирующих разработку и освоение новых видов продукции. Размер гранта варьируется от 15 до 20 млн рублей;

» программа «Старт-НТИ», направленная на поддержку существующих малых инновационных предприятий. Максимальный размер гранта — 10 млн рублей;

» программа «Умник», направленная на поддержку научно-технических проектов молодых исследователей в виде гранта в размере 500 тыс. рублей [36].

Конкурс «Развитие-НТИ» (II–V очереди) проводился на основе перечня приоритетных тематических направлений, сформулированных совместно с рабочими группами Национальной технологической инициативы по каждой дорожной карте с учетом технологических барьеров, преодоление которых необходимо для достижения целей дорожной карты.

Рисунок 4 — Статистика поданных и поддержанных заявок на конкурс «Развитие-НТИ» (II–V очереди) по 8 дорожным картам Национальной технологической инициативы



Источник: Инфраструктурный центр «Технет» по материалам ФСИ

Впервые перечень технологических барьеров ДК «Технет» был представлен 24 апреля 2017 года в ходе IV Международного технологического форума «Инновации. Технологии. Производство» в Рыбинске [37] и обновлялся под каждую последующую очередь конкурса.

По итогам 2017–2019 годов в рамках конкурса «Развитие-НТИ» (II–V очереди) по лоту «Технет» было профинансировано 64 проекта из 410 заявок на общую сумму 1,13 млрд рублей (см. Рисунок 4).

РГ «Технет» на регулярной основе проводит мероприятия с командами — победителями конкурса «Развитие-НТИ», в ходе которых обсуждаются текущий статус и результаты реализации проектов, дальнейшие перспективы их развития, возможность интеграции с корпорациями и крупными производственными предприятиями. В свою очередь победители конкурса узнают о принципах построения и реализации ДК «Технет», в том числе, в части создания испытательных полигонов (TestBeds) и получают обратную связь относительно целесообразных корректировок результатов проектов для их соответствия целевым показателям ДК «Технет» и конкурентным показателям мирового рынка и/или задачам индустриального партнера [38, 39].

В 2018 году на конкурс «Старт-Технет» было подано 47 заявок, из которых 9 были поддержаны Фондом, а на конкурс «Умник-Технет» в 2017 и 2018 годах было подано 527 заявок, из которых 224 были допущены до финала, а 91 поддержана Фондом и рекомендована к финансированию (43 проекта в 2017 году и 48 — в 2018-м). В 2019 году на конкурс было подано 233 заявки из 38 регионов, на момент написания статьи проходит их полуфинальная экспертиза. Лидером среди учебных заведений по ко-

личеству поданных и поддержанных заявок стал Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, второе место занял СПбПУ.

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 [40].

По итогам двух конкурсных отборов, проведенных в ноябре — декабре 2017 и марте 2018 года, были созданы центры компетенций

НТИ по следующим 14 сквозным технологиям:

1. Искусственный интеллект.
2. Квантовые технологии.
3. Технологии создания новых и портативных источников энергии.
4. Новые производственные технологии.
5. Управление свойствами биологических объектов.
6. Нейротехнологии, технологии виртуальной и дополненной реальности.
7. Технологии хранения и анализа больших данных.
8. Технологии компонентов робототехники и мехатроники.
9. Технологии сенсорики.
10. Технологии распределенных реестров.
11. Технологии квантовой коммуникации.
12. Технологии транспортировки электроэнергии и распределенных интеллектуальных энергосистем.
13. Технологии беспроводной связи и «интернета вещей».
14. Технологии машинного обучения и когнитивные технологии [40].

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» (далее — Центр НТИ СПбПУ). Для реализации программы развития Центра НТИ СПбПУ был сформирован консорциум (62 организации на октябрь 2019 года) с участием ведущих университетов, корпораций и крупных промышленных высокотехнологических предприятий — лидеров отраслей, научных организаций, высокотехнологичных компаний-лидеров («нацио-

нальных чемпионов»), институтов развития и др.

В рамках утвержденной программы развития Центра НТИ СПбПУ ведется активная работа по достижению ряда значимых контрольных результатов ДК «Технет». В частности, запланирован к открытию центр тестирования, верификации и валидации инженерного программного обеспечения (Центр TVV), в пилотном режиме началось сотрудничество в области трансфера технологий с Китаем (на базе представительства СПбПУ в Шанхае), разрабатывается кросс-отраслевая мультидисциплинарная платформа виртуальной разработки и испытаний глобально конкурентоспособных продуктов нового поколения, готов к запуску полигон-демонстратор передовых производственных технологий и т.д.

Кроме того, в целях реализации комплекса мероприятий ДК «Технет» по совершенствованию системы образования для обеспечения перспективных кадровых потребностей динамично развивающихся компаний, научных и творческих коллективов, участвующих в создании новых глобальных рынков, сотрудниками Центра НТИ СПбПУ в 2018 году разработан и запущен на платформе «Открытое образование» онлайн-курс «Технологии Фабрик Будущего»², направленный на формирование у слушателей системы знаний в области новых бизнес-моделей, бизнес-процессов и технологий в высокотехнологичных отраслях промышленности. Лекторы курса формируют у слушателей представление о передовых производственных технологиях, инструментах управления производством, знакомят с основ-

ными понятиями и инструментами, используемыми для цифровой трансформации, а также с ключевыми технологическими и рыночными трендами развивающейся цифровой экономики [41].

Деятельность еще 4 центров компетенций НТИ, созданных по приоритетным для направления «Технет» сквозным технологиям, также направлена на преодоление технологических барьеров ДК «Технет». Это:

- » Центр по направлению «Сенсорика» на базе Московского института электронной техники (МИЭТ);
- » Центр технологий компонентов робототехники и мехатроники на базе Университета Иннополис;
- » Центр по направлению «Большие данные» на базе МГУ им. М.В. Ломоносова;
- » Центр по направлению «Технологии беспроводной связи и интернета вещей» на базе Сколковского института науки и технологий.

Для сближения позиций и координации деятельности центров НТИ и РГ «Технет» 30 ноября 2018 года в рамках Петербургского международного инновационного форума была проведена панельная дискуссия «Центры компетенций НТИ как драйвер реализации дорожной карты «Технет».

В рамках деятельности, направленной на преодоление технологических барьеров, и реализации комплекса мероприятий ДК «Технет» по созданию, развитию и продвижению передовых технологий, продуктов и услуг, обеспечивающих приоритетные позиции российских компаний на формируемых глобальных рынках, рабочая группа дважды

(с июля 2016 по апрель 2017 года и с апреля 2017 по апрель 2018 года) выступила в качестве соорганизатора трека TechNet федерального стартап-акселератора GenerationS от РВК, а ПАО «ОДК-Сатурн» стало индустриальным партнером трека. Участниками акселерационной программы за 2 года стали 27 проектов (15 проектов в 2017 году и 12 в 2018-м), отобранные из 992 заявок. По числу поданных заявок трек TechNet занял второе место среди 8 треков GenerationS-2016, и дважды отобранные проекты (в апреле 2017 года — RCML, в апреле 2018-го — VR Concept) принимали участие в финале GenerationS и занимали третьи места среди всех треков стартап-акселератора [42, 43, 44, 45].

С 2018 года на платформе GenerationS создаются специализированные корпоративные акселераторы, нацеленные на привлечение инноваций в крупнейшие российские и зарубежные технологические компании. Новый формат предполагает, что при экспертной поддержке GenerationS корпорации смогут сформировать индивидуальные критерии отбора, разработать собственную программу развития проектов и подходы к их возможной интеграции в бизнес и технологические цепочки, а по итогам акселерации получить эксклюзивные возможности для сотрудничества с лучшими проектами [46].

В сентябре 2019 года на Международном форуме технологического развития «Технопром» была представлена концепция Корпоративного акселератора АО «ОДК» (центром компетенций по акселерации внутри корпорации было выбрано ПАО «ОДК-Сатурн»), ведется отбор перспективных технологических проектов по следующим направлениям: цифровое проектирование, новые материалы, аддитивные технологии,

² Курс разработан СПбПУ, Центром НТИ СПбПУ совместно с мировым лидером в области ERP-систем SAP, ведущим отечественным Инжиниринговым центром «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ при поддержке Северо-Западного регионального центра компетенций в области онлайн-обучения СПбПУ.

сенсорика, промышленный интернет и робототехника.

Значимые результаты были достигнуты в части комплекса мероприятий ДК «Технет» по совершенствованию нормативной правовой базы в целях устранения барьеров для использования передовых технологических решений и создания системы стимулов для их внедрения.

В соответствии с Постановлением Правительства РФ от 29 сентября 2017 года № 1184, 23 марта 2018 года была утверждена дорожная карта по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (далее — нормативная ДК «Технет», зДК «Технет»). Руководителем рабочей группы по ее разработке и реализации стал вице-президент по стратегии и связям с индустрией Сколковского института науки и технологий А.К. Пономарев.

Целями реализации зДК являются устранение или снижение предусматриваемых законодательством РФ и документами по стандартизации административных барьеров, ограничивающих применение и распространение передовых производственных технологий в России, а также совершенствование законодательства РФ, направленное на создание, развитие и продвижение передовых технологий, в частности:

- » устранение барьеров для использования цифровой проектно-конструкторской и эксплуатационной документации;
- » устранение барьеров применения цифровых моделей и проведения виртуальных испытаний при подтверждении соответствия продукции;
- » адаптация системы технического регулирования и стандарти-

Рисунок 5 — Ректор СПбПУ А.И. Рудской, проректор по перспективным проектам СПбПУ, лидер (соруководитель) РГ «Технет» А.И. Боровков и директор направления «Молодые профессионалы» АСИ Д.Н. Песков на стенде «Технет» на Международной промышленной выставке ИННОПРОМ-2017 после награждения ГК CompMechLab® Национальной промышленной премией РФ «Индустрия» за 2017 год



Источник: [53]

зации к специфике новых производственных технологий;

- » снижение барьеров использования новых материалов (в первую очередь композитных) и изделий из них, инновационной продукции;
- » совершенствование контрактной системы в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд в целях стимулирования использования новых производственных технологий [47].

Мероприятия, предусмотренные дорожной картой, разделены на три этапа, с указанием конкретных нормативных правовых актов и документов по стандартизации, которые необходимо принять в установленном законом порядке или в которые необходимо внести изменения, ожидаемых результатов, сроков и исполнителей мероприятий.

С самого момента одобрения ДК «Технет» велась активная деятельность по развитию системы профессиональных сообществ и по-

пуляризации НТИ, в частности, по популяризации Фабрик Будущего, передовых производственных технологий и продуктов, созданных с их применением. Так, с 2017 года при участии членов РГ «Технет» были проведены тематические деловые мероприятия в рамках значимых российских форумов — ИННОПРОМ, «Технопром», «Открытые инновации», NDExpо и т.д.

Лидер (соруководитель) РГ «Технет» А.И. Боровков неоднократно выступал с лекциями и докладами по тематике развития передовых производственных технологий на региональных площадках: в Новосибирске, Ульяновске, Иркутске, Красноярске, Тобольске, Саранске, Магнитогорске, Омске (всего более 40 городов), в рамках двух образовательных интенсивов «Остров 10–21» (2018 год, Владивосток, ДВФУ) и «Остров 10–22» (2019 год, Москва, «Сколтех»), а также в рамках крупных федеральных форумов и конференций [48, 49].

В 2016 году в рамках экспозиции форума «Открытые инновации»

был организован стенд «Технет», где были представлены разработки, выполненные в парадигме Фабрик Будущего. В 2017 году на Международной промышленной выставке ИННОПРОМ (Екатеринбург) при участии АСИ и АО «РВК» был организован стенд «Технет». Отметим, что во время обхода выставки стенд посетил Президент РФ В.В. Путин. В 2019 году коллективный стенд «Технет» с демонстрацией проектов был подготовлен Ассоциацией «Технет» на форуме «Открытые инновации» [50, 51, 52].

Основной площадкой для обсуждения текущего статуса, технологических трендов и перспектив, а также подходов к реализации мероприятий ДК «Технет» является Международный технологический форум «Инновации. Технологии. Производство», который ежегодно проводит в Рыбинске ПАО «ОДК-Сатурн». Начиная с 2016 года РГ «Технет», а с 2018 года — Ассоциация «Технет», совместно с Центром НТИ СПбПУ и ГК CompMechLab® выступает соорганизатором форума. Модельная архитектура Фабрик Будущего лежит в основе тематической структуры и архитектуры деловой программы форума, а передовые производственные технологии, механизмы и кейсы их развития и внедрения являются главными темами обсуждения. Ежегодно в форуме принимают участие свыше 1000 человек из России, стран Европы и ближнего зарубежья, в основном — представители ведущих мировых и российских компаний — поставщиков технологических решений, научно-исследовательских институтов, вузов, институтов развития и др.

3. Современный этап развития направления «Технет»

В рамках комплекса мероприятий ДК «Технет» по организационно-

технической и экспертно-аналитической поддержке, информационному обеспечению Национальной технологической инициативы в мае 2018 года была создана Ассоциация разработчиков и эксплуатантов передовых производственных технологий — Ассоциация «Технет».

Ассоциация «Технет» является объединением научных, образовательных и промышленных организаций и их представителей, осуществляющих исследования, разработку, производство и эксплуатацию технологических решений в сфере передовых производственных технологий, с целью обеспечения конкурентоспособности отечественных компаний-лидеров на глобальных рынках и в высокотехнологичных отраслях промышленности (в первую очередь технологий цифрового проектирования и моделирования, аддитивных технологий, новых материалов, сенсорики, передовой робототехники, индустриального интернета, Big Data, CNC-технологий). Учредителями Ассоциации выступили лидеры РГ «Технет» [54].

В октябре 2018 года состоялся конкурсный отбор для финансового обеспечения реализации некоммерческими организациями, осуществляющими функции инфраструктурных центров, программ по развитию отдельных направлений Национальной технологической инициативы. По направлению НТИ, обеспечивающему реализацию ДК «Технет», победителем конкурсного отбора была признана Ассоциация «Технет» (наделена функциями Инфраструктурного центра) [55, 56].

В рамках утвержденной программы по развитию направления НТИ «Технет» Инфраструктурный центр выполняет следующие основные функции:

- » аналитическую: заключается в исследовании развития российского и международного

рынков по направлению НТИ «Технет» и направлена, в частности, на анализ мирового и российского инновационного ландшафта и прогнозирование его изменений в области передовых производственных технологий;

- » популяризации передовых производственных технологий: направлена на расширение кооперации профессионального сообщества и создание единого информационного пространства для эффективного обмена передовым производственным опытом, научными достижениями, стимулирование инженерного творчества и т.д., а также способствует развитию человеческого капитала;

- » выработки рекомендаций в сфере административно-правового регулирования: направлена на устранение или снижение предусматриваемых законодательством РФ и документами по стандартизации административных барьеров, ограничивающих применение и распространение передовых производственных технологий в России, а также совершенствование законодательства РФ, направленное на создание, развитие и продвижение передовых технологий;

- » организационно-интегрирующую: обеспечивает координацию функционирования центра и деятельности сообщества экспертов в сфере технологий, административно-правового регулирования, рыночных тенденций в сфере передовых производственных технологий;

- » акселерационную: направлена на увеличение участия инновационных малых компаний в сфере передовых производственных технологий, ориентирующихся на технологические прорывы и повышающих общий

Рисунок 6 —
Инфраструктурный
центр «Технет»
в экосистеме
развития передовых
производственных
технологий



Источник: Ассоциация «Технет»

уровень конкуренции в высокотехнологичных отраслях и др. (см. Рисунок 6).

В рамках реализации программы Инфраструктурного центра «Технет» Ассоциацией в 2018 году был проведен ряд мероприятий, изданы аналитические отчеты по прогнозу развития рынков передовых производственных технологий, а также разработаны три проекта нормативно-правовых актов, соответствующих пунктам зДК «Технет».

Одной из важнейших инициатив Ассоциации «Технет» стало активное вовлечение регионов в реализацию Национальной технологической инициативы посредством подготовки и утверждения решением IV Съезда инженеров Сибири в ноябре 2018 года программы «Технет-Сибирь» [см. подробнее: 57].

Программа «Технет-Сибирь» является подпрограммой ДК «Тех-

нет» и направлена на повышение глобальной конкурентоспособности предприятий-лидеров, базирующихся в Сибирском федеральном округе (СФО) и работающих в высокотехнологичных отраслях, способных в долгосрочной перспективе обеспечить технологический прорыв и выйти на глобальные рынки посредством использования передовых производственных технологий и создания Фабрик Будущего [58]. Программа направлена на стимулирование разработок ППТ в регионах Сибири, а также встраивание уже существующих в рамках «Технет» решений в производственные процессы предприятий СФО.

Важным шагом на пути достижения цели ДК «Технет» по созданию глобально конкурентоспособной кастомизированной/персонализированной продукции нового поколения для

высокотехнологичных отраслей промышленности, в данном случае для двигателестроения, стало подписание в декабре 2018 года между Центром НТИ СПбПУ и Объединенной двигателестроительной корпорацией дорожной карты «Технет НТИ — ОДК» — плана мероприятий по внедрению передовых производственных технологий в производственные процессы Корпорации, а также в дочерние и зависимые общества АО «ОДК» [59].

В соответствии с дорожной картой, стороны договорились осуществлять взаимодействие по созданию «умных» цифровых двойников нескольких моделей двигателей и внедрению инновационных технологий по всему жизненному циклу продуктовых программ. Также в рамках сотрудничества предполагается поэтапное формирование компетенций по разработке циф-

ровых двойников путем создания зеркальных инжиниринговых центров на дочерних предприятиях АО «ОДК». Сроки завершения отдельных мероприятий дорожной карты запланированы на 2025 год.

Одной из стратегических задач Ассоциации «Технет» является поиск относительно небольших и малоизвестных предприятий, но при этом занимающих лидирующие позиции на мировых рынках в своем сегменте и активно внедряющих инновации, устойчивых к экономическим кризисам за счет диверсифицированной клиентской базы («скрытые чемпионы»). «Скрытые чемпионы» играют значимую роль в развитии технологических бизнесов. Однако лишь малой части амбициозных технологических идей в области передовых производственных технологий удастся преодолеть так называемую долину смерти (TRL 4 — TRL 7) [об уровнях готовности технологий см.: 60].

Для реализации задачи по поиску «скрытых чемпионов» с 2018 года Инфраструктурным центром «Технет» совместно с ПАО «ОДК-Сатурн» (в программе принимают участие также и другие индустриальные партнеры) запущена акселерационная программа TechNet Project [61].

Для участия в двух очередях акселерационной программы в 2018–2019 годах в результате очного отбора были отобраны по 15 проектов. По итогам первой очереди программы TechNet Project:

- » 1 проект получил грант от компании Siemens;
- » 1 проект уже стал резидентом Фонда «Сколково», еще один готовится получить статус резидента (по состоянию на октябрь 2019 года);
- » 3 проекта получили поддержку по программе «Старт» Фонда содействия инновациям;

» ОДНОЙ ИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ АССОЦИАЦИИ «ТЕХНЕТ» ЯВЛЯЕТСЯ ПОИСК ОТНОСИТЕЛЬНО НЕБОЛЬШИХ И МАЛОИЗВЕСТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ, НО ПРИ ЭТОМ ЗАНИМАЮЩИХ ЛИДИРУЮЩИЕ ПОЗИЦИИ НА МИРОВЫХ РЫНКАХ В СВОЕМ СЕГМЕНТЕ И АКТИВНО ВНЕДРЯЮЩИХ ИННОВАЦИИ, УСТОЙЧИВЫХ К ЭКОНОМИЧЕСКИМ КРИЗИСАМ ЗА СЧЕТ ДИВЕРСИФИЦИРОВАННОЙ КЛИЕНТСКОЙ БАЗЫ («СКРЫТЫЕ ЧЕМПИОНЫ»)

- » 2 проекта попали в корпоративный акселератор АО «Кировский завод»;
- » 1 проект стал участником корпоративного акселератора ПАО «Северсталь».

Вместе с тем «скрытые чемпионы» есть не только среди создателей технологических решений, но и среди команд, способных применять уже существующие решения для создания продукции мирового уровня. Для расширения сообщества эксплуатантов передовых производственных технологий Ассоциация «Технет», АО «ОДК» и Центр НТИ СПбПУ анонсировали проведение технологического конкурса TechNet Contest. Основными целями организаторов этого технологического конкурса являются:

- » поиск, оценка и отбор лучших технологических команд для решения существующих (реальных) индустриальных задач с целью дальнейшего включения в технологические и производственные цепочки и участие в НИОКР промышленных предприятий и корпораций на регулярной основе;

- » формирование карты инжиниринговых центров, специализирующихся в области передовых производственных технологий;
- » создание сетевого профессионального сообщества, практикующего и развивающегося в области передовых производственных технологий.

На Международном форуме технологического развития «Технопром-2019» проректор по перспективным проектам СПбПУ, руководитель Центра НТИ СПбПУ А.И. Боровков, заместитель генерального директора — генеральный конструктор АО «ОДК» Ю.Н. Шмотин и генеральный директор Ассоциации «Технет» И.С. Метревели подписали соглашение о проведении технологического конкурса TechNet Contest [62]. Подведение итогов первой очереди конкурса планируется провести на Международном технологическом форуме «Инновации. Технологии. Производство» в Рыбинске в апреле 2020 года.

В рамках комплекса мероприятий ДК «Технет» по развитию системы профессиональных сообществ

и популяризации НТИ 3–4 октября 2019 года на площадке СПбПУ состоялся Первый Всероссийский форум «Новые производственные технологии». Соорганизаторами форума выступили СПбПУ, Центр НТИ СПбПУ, Ассоциация «Технет» и ГК ComrMechLab®. Генеральным партнером форума стало АО «РВК», стратегическим партнером — ГК «Росатом». Форум прошел при поддержке ГК «Ростех». Мероприятие собрало более 400 участников — руководителей и специалистов госкорпораций и ведущих высокотехнологических предприятий, лидеров отечественной науки и образования, представителей федеральных и региональных органов власти — со всей страны.

На площадке форума были представлены краткий доклад «Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности», подготовленный специалистами Центра НТИ СПбПУ и Ассоциации «Технет», а также «Руководство по цифровой трансформации производственных предприятий», разработанное компанией Autodesk совместно с Центром НТИ СПбПУ [63].

Кроме того, 19 октября 2019 года на площадке СПбПУ состоялось торжественное открытие университетской «Точки кипения», которая представляет собой формат пространства коллективной работы, разработанный АСИ и используемый с 2013 года. Открытие прошло в ходе «Осеннего навигатора» — мероприятия, посвященного знакомству студентов с НТИ. «Точка кипения Политех» объединит на своей площадке представителей сферы образования, науки и бизнеса, ученых, студентов, технологических предпринимателей, госслужащих, членов общественных организаций и профессиональных сообществ [64].

Всего в этот день по всей России университетские «Точки кипения» открылись в 41 вузе, причем 31 вуз из 27 городов, включая СПбПУ, выбрал в качестве приоритетного направления своей работы «Технет» (передовые производственные технологии).

В 2019 году успешно завершился первый этап реализации зДК «Технет», включивший 19 мероприятий, в том числе 17 мероприятий по разработке нормативных правовых актов и 2 — по мониторингу и актуализации нормативной дорожной карты. Кроме того, в начале 2019 года Минпромторг России и Росстандарт утвердили Перспективный план стандартизации НТИ в области передовых производственных технологий на 2018–2025 годы [65].

3 октября 2019 года в рамках Первого Всероссийского форума «Новые производственные технологии» состоялся круглый стол «Нормативно-правовое регулирование и актуальные вопросы стандартизации на рынке новых производственных технологий» (круглый стол был организован Ассоциацией «Технет» и рабочей группой по разработке и реализации зДК), в ходе которого были обсуждены результаты первого этапа реализации зДК «Технет», а также задачи регулирования и нормотворчества для второго этапа реализации нормативной дорожной карты [66].

Наконец, важное событие произошло 7 ноября 2019 года в ходе баркемпа «Национальная технологическая революция 20.35» — образовательного мероприятия для обсуждения стратегического развития России и Санкт-Петербурга в сфере технологий и инноваций: Ассоциация «Технет» и АНО «Платформа НТИ» подписали соглашение о совместном развитии экосистемы «Технет» и «экосистемы партнеров»

(развивается на основании соглашения между АСИ, АО «РВК», АНО «Университет 2035» и АНО «Платформа НТИ») [67].

Заключение

Таким образом, за период с мая 2015 года, когда в рамках «Форсайт-Флота» в инициативном порядке была создана рабочая группа «Цифровое проектирование и моделирование, новые материалы, аддитивные технологии», направление «Технет» превратилось в неотъемлемую составляющую НТИ, приобрело всероссийский масштаб и достигло значительных результатов в ходе реализации дорожной карты и прочих инициатив по цифровой трансформации промышленности и развитию передовых производственных технологий.

Сформулированные на начальном этапе тезисы, которые определили позиционирование и дифференциацию направления «Технет», в значительной мере доказали как свою жизнеспособность, так и необходимую гибкость в зависимости от меняющихся условий, при этом продемонстрировав все преимущества кросс-рыночного и кросс-отраслевого характера направления «Технет».

В современных условиях инициативы по развитию передовых производственных технологий получают новые возможности для реализации посредством инструментов поддержки в рамках федерального проекта «Цифровые технологии» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации», в особенности — дорожной карты по направлению развития сквозной цифровой технологии «Новые производственные технологии», разработанной Центром НТИ СПбПУ и представляющей собой фактически естественное развитие ДК «Технет». ■

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 9 мая 2017 года № 203. <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201705100002.pdf>
2. Боровков А. И., Рябов Ю. А. О дорожной карте «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы//Трамплин к успеху. — 2017. — № 10. — С. 8–11. http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/04_april/13/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_10_2017_O_TechNet_Nti.pdf
3. Цифровые двойники и цифровая трансформация предприятий ОПК/А. И. Боровков, Ю. А. Рябов, К. В. Кукушкин, В. М. Марусева, В. Ю. Кулемин//Оборонная техника. — 2018. — № 1. — С. 6–33. http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/05_may/17/oboronnaya-technika.pdf
4. Послание Президента РФ Федеральному Собранию. 4 декабря 2014 года. <http://kremlin.ru/events/president/news/47173>
5. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации. Утверждена Указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 года. <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf>
6. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации». Утвержден президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам (протокол от 24 декабря 2018 года № 16). <http://static.government.ru/media/files/urKhM0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf>
7. Заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России. О разработке и реализации Национальной технологической инициативы, об инновационном развитии информационных технологий. <http://government.ru/news/18433/>
8. Бутрин Д. Минпромторг обнародовал апрельские тезисы//Коммерсантъ. — 2017. — 27 апреля. — С. 2. <https://www.kommersant.ru/doc/3283012>
9. Нигматуллин И. «Индустрия 4.0» повысит производительность труда в России на треть. <https://hightech.fm/2017/04/27/industrie-4-0>
10. Передовые производственные технологии (Advanced Manufacturing Technology) станут одним из приоритетных направлений развития науки, техники и технологий в России. <http://fea.ru/news/5977>
11. Форсайт-флот завершен. Национальная технологическая инициатива (НТИ) — на старте. <https://asi.ru/news/36010/>
12. Песков Д. Н. Национальная технологическая инициатива: цели, основные принципы и достигнутые результаты: доклад на заседании Президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России (Москва, 9 июня 2015 года). <http://static.government.ru/media/files/T9Crayp8PsBQU6hdVAL0SsDlu2XvCvYG.pdf>
13. Боровков А. И. О рабочей группе «ТехНет» (Передовые Производственные Технологии) Национальной технологической инициативы//Трамплин к успеху. — 2016. — № 7. — С. 8–10. — http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2016/04_april/6/Tramplin-techNet.pdf
14. Соруководитель рабочей группы ТехНет Национальной технологической инициативы (НТИ), проректор по перспективным проектам, научный руководитель Института передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ Петра Великого А. И. Боровков дал интервью portalу «Экспир»: «НТИ для тех, кто сам конструирует свое будущее». <http://fea.ru/news/6441>
15. Белослудцев Е. В., Марусева В. М. Об испытательном полигоне (TestBed) для генерации Цифровых, «Умных», Виртуальных Фабрик будущего на базе ИППТ СПбПУ//Трамплин к успеху. — 2017. — № 10. — С. 21–22. http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/04_april/13/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_10_2017_TestBed.pdf
16. Иванов Д. С. На пороге создания «испытательного полигона умная фабрика» в АО «ОДК» на базе НПО «Сатурн»//Трамплин к успеху. — 2017. — № 10. — С. 14–15. http://www.npo-saturn.ru/upload/docs/2017/1491985725_1_Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_N10_2017.pdf
17. Бехер П. Г. «Фабрика будущего»: цифровая, виртуальная...//Трамплин к успеху. — 2017. — № 10. — С. 16–17. http://www.npo-saturn.ru/upload/docs/2017/1491985725_1_Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_N10_2017.pdf
18. Технет. <http://nti2035.ru/markets/technet>
19. Председатель Правительства России Дмитрий Медведев провел в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого совещание, посвященное потенциалу высших учебных заведений при реализации Национальной технологической инициативы, и ознакомился с разработками Инжинирингового центра «Центр компьютерного инжиниринга» (CompMechLab®) СПбПУ. <http://fea.ru/news/6429>
20. Проект «Фабрики будущего», представленный президенту России В. В. Путину проректором по перспективным проектам СПбПУ Петра Великого, соруководителем рабочей группы ТехНет НТИ А. И. Боровковым получит поддержку Агентства стратегических инициатив. <http://fea.ru/news/6446>
21. Василий Осьмаков: цифровая революция, в отличие от прошлых революций, проходит у нас осознанно. <https://tass.ru/interviews/4415227>
22. Трактовенко В. Статья мировым КБ. Алексей Боровков: «Учитывая контекст Четвертой промышленной революции, определять образ петербургской промышленности будут высокотехнологичные предприятия»//Эксперт

- Северо-Запад. — 2017. — № 35–38 (754). <https://expert.ru/northwest/2017/35/stat-mirovyim-kb/>
23. Комментарий Д. В. Мантурова о проекте Кортеж и Фабриках будущего. https://www.youtube.com/watch?v=_Z7BZxMRb3A&t=12s
 24. Президент Татарстана Рустам Минниханов посетил Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ) и Инжиниринговый центр (CompMechLab) СПбПУ. <http://fea.ru/news/6600>
 25. 5–6 июля 2017 в Смольном губернатор Санкт-Петербурга Г. С. Полтавченко провел заседания по IT-технологиям, Фабрикам Будущего и развитию новых рынков НТИ. <http://fea.ru/news/6633>
 26. История создания Технет. <https://technet-nti.ru/article/istoriya-tehnet>
 27. Боровков А. И. О дорожной карте «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы/Заседание президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России 14 февраля 2017 года. <https://technet-nti.ru/article/istoriya-tehnet>
 28. Искусственный интеллект займется российской промышленностью. <https://hightech.fm/2017/06/03/nikitin>
 29. План мероприятий («дорожная карта») «Технет» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы. http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/02_february/15/Dorozhnaya_karta_TechNet.pdf
 30. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 апреля 2016 года № 317 (ред. от 20.04.2019) «О реализации Национальной технологической инициативы». <http://www.nti2035.ru/documents/docs/317.pdf>
 31. Экспериментально-цифровая платформа сертификации. <https://technet-nti.ru/article/eksperimentalno-cifrovaya-platforma-sertifikacii2>
 32. «Фабрика Будущего»: стратегия, которая открывает «Сатурну» путь к новому укладу. http://www.npo-saturn.ru/index_old.php?rssid=1492967208&sat=7
 33. Ростех запустит первую в России «Умную фабрику» до конца года. <https://rostec.ru/news/4520584/>
 34. ОДК, Ярославская область и ВТБ совместно создадут «Фабрику Будущего». <http://www.npo-saturn.ru/?rssid=1500391800&sat=6&slang=0>
 35. 100 продуктов компаний — участников экосистемы Национальной технологической инициативы. https://ntinews.ru/in_progress/meaning-storage/karty-nti/100-produktov-nti/
 36. Фонд содействия инновациям. <http://fasie.ru/>
 37. Белослудцев Е. В., Иванов Д. С., Фертман А. Д. Технологические барьеры дорожной карты «Технет». http://assets.fea.ru/uploads/fea/nti/docs/tech_barriers.pdf
 38. 14 июля 2017 года в СПбПУ состоялась проектная сессия РГ «Технет» НТИ с командами проектов-победителей конкурса «Развитие-НТИ» (2-я очередь). <https://technet-nti.ru/news/6638>
 39. «Остров 10–22»: Стратегическая сессия рабочей группы «Технет» НТИ с командами проектов-победителей конкурса «Развитие-НТИ» по направлению «Технет». <https://technet-nti.ru/album/1759>
 40. Центры компетенций НТИ. <http://www.nti2035.ru/technology/competence>
 41. Технологии «Фабрик Будущего». <https://openedu.ru/course/spbstu/FUTFACT/>
 42. В Институте передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ завершился финальный этап трека TechNet стартап-акселератора GenerationS. Финальная презентация проектов и объявление победителей прошло в ИППТ СПбПУ 5 февраля. <https://technet-nti.ru/news/6551>
 43. В Институте передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ Петра Великого прошел финальный этап трека TechNet стартап-акселератора GenerationS от АО «РВК». <https://technet-nti.ru/news/6709>
 44. Володин С. Разработчики универсального языка программирования роботов (RCML) оказались в тройке победителей акселератора GenerationS. <https://robonews.su/19618-Razrobotchiki-universal-nogo-yazyka-programmirovaniya-robotov-RCML-okazalis-v-troiye-pobediteley-akseleratora-GenerationS.html>
 45. Как прошел финал GenerationS 2017. <https://rb.ru/longread/gens-final/>
 46. Корпоративные акселераторы для технологических стартапов GenerationS. https://www.rvc.ru/eco/support_and_acceleration/generations/
 47. План мероприятий («дорожная карта») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации Национальной технологической инициативы по направлению «Технет» (передовые производственные технологии). Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 23 марта 2018 года № 482-п. http://www.nti2035.ru/documents/docs/NDK_technet.pdf
 48. Алексей Боровков. Лекция «Формирование цифровой промышленности на основе цифровых двойников». <https://www.youtube.com/watch?v=mpIIP4fcP-I>
 49. Лекция Алексея Боровкова «Новые парадигмы проектирования. Фабрики будущего, цифровые двойники». <https://www.youtube.com/watch?v=vCpmqyrho0E&t=3326s>
 50. Форум «Открытые инновации»-2016: участие Института передовых производственных технологий (ИППТ) СПбПУ Петра Великого и ГК CompMechLab в выставочной и деловой программе. <http://fea.ru/news/6492>

51. Проекты для производственных площадок нового поколения представлены Владимиру Путину на выставке ИННОПРОМ-2017. <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/108198/>
52. Форум «Открытые инновации»: Выставочный стенд Ассоциации «Технет». <https://technet-nti.ru/news/7096>
53. ИННОПРОМ — 2017. Эпизоды. <http://fea.ru/album/529>
54. Ассоциация Технет. <https://technet-nti.ru/article/association>
55. Инфраструктурные центры НТИ. https://www.rvc.ru/eco/development_nti/infra_centers/
56. На базе Ассоциации «Технет» начал работу Инфраструктурный центр «Технет». <https://technet-nti.ru/news/6807>
57. Технет-Сибирь: в Томске состоялся IV Съезд инженеров СФО. <https://technet-nti.ru/news/6822>
58. Программа «Технет-Сибирь». http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/12_december/07/tehnnet-sibir.pdf
59. ОДК и Центр НТИ СПбПУ подписали дорожную карту «Технет НТИ — ОДК». <http://fea.ru/album/1376>
60. Методика по определению уровней готовности технологий в рамках проектов федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». Утверждена заместителем Министра образования и науки Российской Федерации. http://fcpir.ru/upload/medialibrary/955/gt_57_14vn_metodika-ugt_002_.pdf
61. Акселератор технологических проектов TechNet Project. <https://technet-nti.ru/article/akselerator-technet-project>
62. Технопром-2019: Ассоциация «Технет» и Объединенная двигателестроительная корпорации презентовали технологический конкурс TechNet Contest. <https://technet-nti.ru/album/1889>
63. В СПбПУ прошел Первый Всероссийский форум «Новые производственные технологии». <https://technet-nti.ru/news/7085>
64. В СПбПУ официально открылась ключевая для рынка «Технет» НТИ университетская «Точка кипения». <https://technet-nti.ru/news/7092>
65. Минпромторг и Росстандарт утвердили Перспективный план стандартизации НТИ в области передовых производственных технологий на 2018–2025 гг. <https://technet-nti.ru/news/6861>
66. Первый Всероссийский форум «Новые производственные технологии»: Круглый стол «Нормативно-правовое регулирование и актуальные вопросы стандартизации на рынке новых производственных технологий». <https://technet-nti.ru/news/7078>
67. Ассоциация «Технет» и АНО «Платформа НТИ» стали официальными партнерами по развитию Экосистемы НТИ. <https://technet-nti.ru/album/2031>

REFERENCES

1. Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030 enacted by Decree of the President of the Russian Federation of 9 May 2017 No. 203. Available at: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201705100002.pdf>
2. Borovkov A. I., Ryabov Yu. A. On the Technet Roadmap (Advanced Manufacturing Technology) of the National Technology Initiative. *Tramplin k uspehu [Springboard to success]*, 2017, no. 10, pp. 8–11 (in Russian). Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/04_april/13/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_10_2017_O_Technet_Nti.pdf
3. Borovkov A. I., Ryabov Yu. A., Kukushkin K. V., Maruseva V. M., Kulemin V. Yu. Digital twins and digital transformation of defense industry companies. *Oboronnaya tekhnika [Defense Technology]*, 2018, no. 1, pp. 6–33. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/05_may/17/oboronnaya-tekhnika.pdf
4. Presidential Address to the Federal Assembly. 4 December 2014. Available at: <http://kremlin.ru/events/president/news/47173>
5. Strategy for Science and Technology Development of the Russian Federation enacted by Decree of the President of the Russian Federation of 1 December 2016 No. 642. Available at: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf>
6. Program identification summary of the “Digital Economy of the Russian Federation” federal program approved by the Council for Strategic Development and National Projects under the President of the Russian Federation on 24 December 2018. Available at: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf>
7. Meeting of the Presidium of the Russian President’s Council for Economic Modernization and Innovation-Based Development. On the development and implementation of the National Technology Initiative and innovation-based development of information technologies. Available at: <http://government.ru/news/18433/>
8. Butrin D. Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation published the April theses. *Kommersant*, 2017, no 74. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/3283012>
9. Nigmatullin I. Industry 4.0 set to increase labor productivity in Russia by a third. Available at: <https://hightech.fm/2017/04/27/industrie-4-0>
10. Advanced Manufacturing Technology set to become one of the priorities for the development of science, engineering and technology in Russia. Available at: <http://fea.ru/news/5977>
11. Foresight Fleet is completed. National Technology Initiative is at the start. Available at: <https://asi.ru/news/36010/>
12. Peskov D. N. National Technology Initiative: goals, main principles and results achieved. A report at the meeting of the Presidium of the Russian President’s Council for Economic

- Modernization and Innovation-Based Development (Moscow, 9 June 2015). Available at: <http://static.government.ru/media/files/T9Crayp8PsBQU6hdVAI0SsDlu2XvCvYG.pdf>
13. Borovkov A.I. On the Technet (Advanced Manufacturing Technology) Working Group of the National Technology Initiative. *Tramplin k uspehu* [Springboard to success], 2016, no.7, pp. 8–10 (in Russian). Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2016/04_april/6/Tramplin-technet.pdf
 14. Alexey Borovkov, Co-Head of the National Technology Initiative's TechNet Working Group, SPbPU Vice-Rector for Advanced Projects, Research Advisor of the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies, gave an interview with the "Expir" portal: National Technology Initiative is for those who construct their own future. Available at: <http://fea.ru/news/6441>
 15. Belosludtsev E. V., Maruseva V.M. On the TestBed for the generation of Digital, Smart and Virtual Factories of the Future hosted by the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies. *Tramplin k uspehu* [Springboard to success], 2017, no. 10, pp. 21–22 (in Russian). Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/04_april/13/Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_10_2017_TestBed.pdf
 16. Ivanov D.S. Potential start of a Smart Factories TestBed at UEC hosted by NPO Saturn. *Tramplin k uspehu* [Springboard to success], 2017, no. 10, pp. 14–15 (in Russian). Available at: http://www.nposaturn.ru/upload/docs/2017/1491985725_1_Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_N10_2017.pdf
 17. Bekher P.G. Factory of the Future: Digital, Virtual... *Tramplin k uspehu* [Springboard to success], 2017, no. 10, pp. 16–17 (in Russian). Available at: http://www.npo-saturn.ru/upload/docs/2017/1491985725_1_Korporativnyy_jurnal_Tramplin_k_uspehu_N10_2017.pdf
 18. Technet. Available at: <http://nti2035.ru/markets/technet>
 19. Prime Minister Dmitry Medvedev held a meeting on the potential of higher education institutions in the implementation of the National Technology Initiative and got information on R&D projects carried out by the SPbPU Computer-Aided Engineering Centre of Excellence (CompMechLab®). Available at: <http://fea.ru/news/6429>
 20. The Factories of the Future project, presented to Russian President V.V. Putin by Alexey Borovkov, SPbPU Vice-Rector for Advanced Projects, Co-Head of the NTI TechNet Working Group, will get support from the Agency for Strategic Initiatives. Available at: <http://fea.ru/news/6446>
 21. Osmakov V. Unlike other revolutions, the digital revolution in Russia is unfolding in a more conscious way. Available at: <https://tass.ru/interviews/4415227>
 22. Traktovenko V. Become the world's design department. *Expert Severo-Zapad* [Expert North-West], 2017, no. 35–38 (754). Available at: <https://expert.ru/northwest/2017/35/stat-mirovyim-kb/>
 23. Manturov D.V. The commentary on the Kortezh ("Motorcade") project and Factories of the Future. Available at: https://www.youtube.com/watch?v=_Z7BZxMRb3A&t=12s
 24. President of Tatarstan Rustam Minnikhanov visited Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University and the SPbPU Computer-Aided Engineering Centre of Excellence (CompMechLab®). Available at: <http://fea.ru/news/6600>
 25. St. Petersburg Governor G.S. Poltavchenko held meetings on information technologies, Factories of the Future and development of new NTI markets at Smolny on 5–6 July 2017. Available at: <http://fea.ru/news/6633>
 26. History of Technet. Available at: <https://technet-nti.ru/article/istoriya-tehnet>
 27. Borovkov A.I. On the Technet Roadmap (Advanced Manufacturing Technology) of the National Technology Initiative. Meeting of the Presidium of the Russian President's Council for Economic Modernization and Innovation-Based Development, 14 February 2017. Available at: <https://technet-nti.ru/article/istoriya-tehnet>
 28. Artificial intelligence will take care of Russian industry. Available at: <https://hightech.fm/2017/06/03/nikitin>
 29. The Technet (Advanced Manufacturing Technology) Roadmap of the National Technology Initiative. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2017/02_february/15/Dorozhnaya_karta_TechNet.pdf
 30. Regulation of the Government of the Russian Federation No. 317 "On the Implementation of the National Technology Initiative" approved on 18 April 2016. Available at: <https://www.nti2035.ru/documents/docs/317.pdf>
 31. The experimental digital certification platform. Available at: <https://technet-nti.ru/article/eksperimentalno-cifrovaya-platforma-sertifikacii2>
 32. The Factory of the Future is a strategy that opens up a new way for NPO Saturn. Available at: http://www.npo-saturn.ru/index_old.php?rssid=1492967208&sat=7
 33. Rostec State Corporation to create the first Smart Factory of the Future in Russia before the end of the year. Available at: <https://rostec.ru/news/4520584/>
 34. UEC, the Yaroslavl region and VTB join efforts to create the Factory of the Future. Available at: <http://www.npo-saturn.ru/?rssid=1500391800&sat=6&slang=0>
 35. 100 products of companies participating in the ecosystem of the National Technology Initiative. Available at: https://ntinews.ru/in_progress/meaning-storage/karty-nti/100-produktov-nti/
 36. The Foundation for Assistance to Small Innovative Enterprises in Science and Technology (The Foundation for Assistance to Innovations). Available at: <http://fasie.ru/>
 37. Belosludtsev E. V., Ivanov D. S., Fertman A. D. Technological barriers of the Technet Roadmap. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/nti/docs/tech_barriers.pdf
 38. A project session organized by the Technet Working Group of the National Technology Initiative with winning teams of

- the Development-NTI contest (2nd stage) on 14 July 2017 at SPbPU. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6638>
39. Island 10–22: a strategic session of the NTI Technet Working Group with winning teams of the Development-NTI contest in the Technet track. Available at: <https://technet-nti.ru/album/1759>
 40. National Technology Initiative centers of competence. Available at: <http://www.nti2035.ru/technology/competence>
 41. Technologies of Factories of the Future. Available at: <https://openedu.ru/course/spbstu/FUTFACT/>
 42. Final stage of the TechNet track of the GenerationS startup accelerator finished at the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies. Final presentation of the projects and the announcement of winners held at the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies on 5 February. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6551>
 43. Final stage of the TechNet track of the RVC's GenerationS startup accelerator organized at the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6709>
 44. Volodin S. Developers of a universal robot programming language (RCML) among the three winners of the GenerationS accelerator. Available at: <https://robonews.su/19618-Razrabotchiki-universal-nogo-yazyka-programmirovaniya-robotov-RCML-okazalis-v-troiye-pobediteley-akseleratora-GenerationS.html>
 45. How the final of GenerationS 2017 was like. Available at: <https://rb.ru/longread/gens-final/>
 46. Corporate accelerators for the GenerationS technological start-ups. Available at: https://www.rvc.ru/eco/support_and_acceleration/generations/
 47. Roadmap to enhance legislation and reduce administrative barriers in order to ensure the implementation of the Technet (Advanced Manufacturing Technologies) focus area activities approved by the Government of the Russian Federation Executive Order of 23 March 2018 no. 482-p. Available at: http://www.nti2035.ru/documents/docs/NDK_technet.pdf
 48. Borovkov A.I. Lecture on the development of digital industry based on digital twins. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=mpIIP4fcP-I>
 49. Borovkov A.I. Lecture on the new paradigm of digital design, Factories of the Future, and digital twins. Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=vCpmqyrho0E&t=3326s>
 50. The Open Innovations Forum — 2016: of the SPbPU Institute of Advanced Manufacturing Technologies and CompMechLab participation in the exhibition and business program. Available at: <http://fea.ru/news/6492>
 51. Projects of a new generation of production sites presented to Vladimir Putin at INNOPROM-2017. Available at: <https://www.rvc.ru/press-service/news/company/108198/>
 52. The Open Innovations Forum: exhibition booth of the Technet Association. Available at: <https://technet-nti.ru/news/7096>
 53. INNOPROM-2017. Episodes. Available at: <http://fea.ru/album/529>
 54. The Technet Association. Available at: <https://technet-nti.ru/article/association>
 55. The infrastructure centers of the National Technology Initiative. Available at: https://www.rvc.ru/eco/development_nti/infra_centers/
 56. Technet Infrastructure Center based the Technet Association now operational. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6807>
 57. Technet-Siberia: the 4th Congress of Engineers of the Siberian Federal District held in Tomsk. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6822>
 58. The “Technet-Siberia” Program. Available at: http://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2018/12_december/07/tehnetsibir.pdf
 59. UEC and SPbPU Advanced Manufacturing Technologies Center of NTI signed the “Technet NTI — UEC” Roadmap. Available at: <http://fea.ru/album/1376>
 60. The Methodology for evaluating technology readiness for the projects of the Federal Targeted Program for Research and Development in Priority Areas of Development of the Russian Scientific and Technological Complex for 2014–2020 approved by the Deputy Minister of Education and Science of the Russian Federation. Available at: http://fcpir.ru/upload/medialibrary/955/gt_57_14vn_metodika-ugt_002_.pdf
 61. The “TechNet Project” accelerator of technology projects. Available at: <https://technet-nti.ru/article/akselerator-technet-project>
 62. Technoprom-2019: the Technet Association and the United Engine Corporation presented the technology contest named “TechNet Contest”. Available at: <https://technet-nti.ru/album/1889>
 63. First Russian nationwide forum on new manufacturing technologies held at SPbPU. Available at: <https://technet-nti.ru/news/7085>
 64. University Boiling Point Technet officially opened at SPbPU. <https://technet-nti.ru/news/7092>
 65. Russian Ministry of Industry and Trade and Federal Technical Regulation and Metrology Agency adopted the Future Standardization Plan for NTI in the field of Advanced Manufacturing Technologies for 2018–2025. Available at: <https://technet-nti.ru/news/6861>
 66. First Russian nationwide forum on new manufacturing technologies: round table “Regulation and pressing issues of the standardization in the field of Advanced Manufacturing Technologies”. Available at: <https://technet-nti.ru/news/7078>
 67. Technet Association and “NTI Platform” partner to develop the NTI ecosystem. Available at: <https://technet-nti.ru/album/2031>