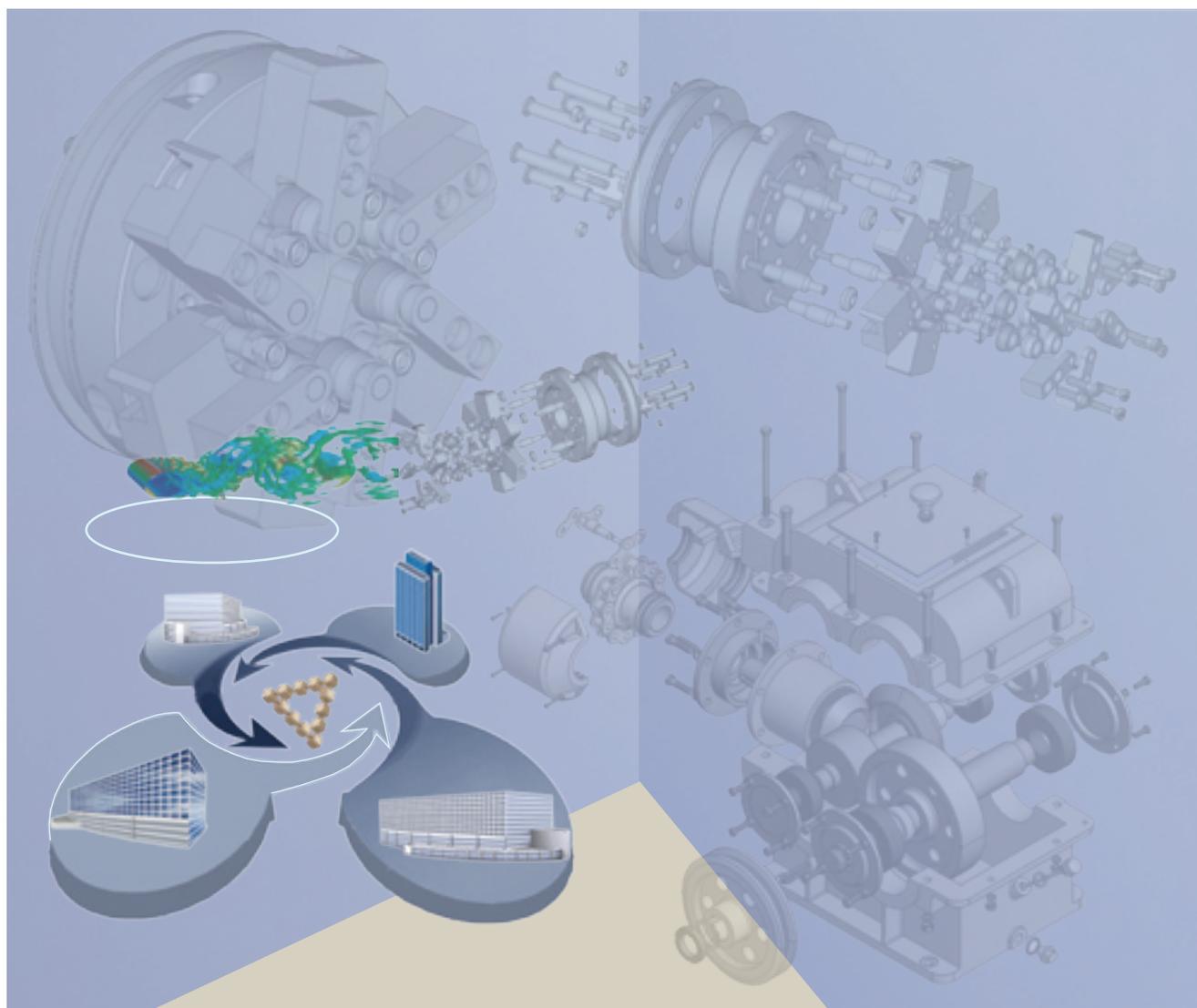


Перспективные производственные технологии: новые акценты в развитии промышленности

Ирина Дежина, Алексей Пономарев



Развитие прорывных производственных технологий производит ощутимые социально-экономические эффекты и имеет стратегическое значение для укрепления конкурентоспособности национальных экономик.

В статье сопоставляются позиции России и ведущих стран мира в сфере передовых технологий, описываются инструменты их поддержки.

Особое внимание уделено научно-промышленным консорциумам, создаваемым с целью поддержки перспективных разработок на доконкурентной стадии.

Ирина Дежина — руководитель группы по научной и промышленной политике, Сколковский институт науки и технологий; заведующая сектором экономики науки и инноваций, Институт мировой экономики и международных отношений (ИМЭМО) РАН. Адрес: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, 23. E-mail: dezhdina@imemo.ru

Алексей Пономарев — вице-президент по государственным программам и кооперации с промышленностью, Сколковский институт науки и технологий; профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». Адрес: 143025, Московская область, Одинцовский район, Сколково, ул. Новая, 100. E-mail: ponomarev@skolkovotech.ru

Ключевые слова

перспективные производственные технологии; государственная политика; промышленность; консорциумы; новая индустриализация; диагностический мониторинг; инструменты политики

Цитирование: Dezhina I., Ponomarev A. (2014) Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 2, pp. 16–29

Понятие перспективных производственных технологий

В последние несколько лет в развитых и новых индустриальных странах активно обсуждается развитие перспективных производственных технологий (которые иногда также называют «подрывными» или «прорывными», подчеркивая их революционизирующее воздействие на структуру производства). Такое внимание неслучайно: перспективные технологии создают новые рынки и отрасли, способствуют росту производительности труда, повышению конкурентоспособности отдельных секторов и национальных экономик в целом. Нередко эти технологии выступают драйверами смены экономического уклада, так как обладают потенциалом качественного обновления производственных процессов, методов их организации и вовлеченных трудовых ресурсов. Новые производственные технологии могут вызвать сворачивание массовых производств, например, в результате перехода к индивидуализации (кастомизации) товаров и снижения зависимости от дешевых трудовых ресурсов, благодаря цифровым технологиям, обеспечивающим связанность производственных процессов. С технической точки зрения новые производственные технологии ассоциируются в первую очередь с 3D-печатью, «Интернетом вещей», новыми материалами и робототехникой [MIT, 2013].

Россия заметно уступает в уровне внедрения новых производственных технологий развитым и некоторым развивающимся странам, однако шансы встроиться в общемировую тренд не упущены, и важно определить те экономические и технологические направления, стимулирование которых позволило бы стране совершить принципиальный прорыв. В этой работе мы анализируем опыт зарубежных стран, правительства которых активно занимаются продвижением новых производственных технологий. Методологической основой исследования стали изучение научных публикаций и документов государственной политики, а также интервью, проведенные в США с лицами, ответственными за разработку и реализацию мер в области развития передовых производственных технологий.

Исследования, посвященные различным вопросам распространения передовых производственных технологий, имеют давнюю историю. Однако лишь недавно на первый план выдвинулись такие аспекты, как кастомизация и локализация, то есть различные формы приближения, адаптации производств к потребностям заказчиков. В середине 1980-х — начале 1990-х гг. стали популярными исследования, посвященные оценке влияния отдельных технологий на продуктивность и производительность предприятий и компаний [Beaton, Bull, 1987; Son, Park, 1987; Gertler, 1993; Lei et al., 1996].

Новый всплеск интереса к перспективным производственным технологиям произошел в начале 2010-х гг., когда в центре внимания и исследователей, и правительств оказались новые характеристики производства, связанные с локализацией и кастомизацией [Tassy, 2010; Gibson et al., 2010], и соответствующие изменения требований к квалификации кадров [Davis et al., 2012]. Одна из недавних серьезных работ на эту

тему посвящена меняющимся подходам к локализации производства в США [Berger, 2013]. Европейские исследователи уделяют большое внимание оценке государственных программ, касающихся развития производственных технологий, в том числе соответствующих тематических направлений Рамочных программ [Arvanitis et al., 2002], а работы последних лет посвящены потенциалу технологических платформ в оценке перспективных технологических направлений и политике их стимулирования [ManuFuture-EU, 2011].

Характерно, что единого определения перспективных (передовых) производственных технологий исследователями пока так и не выработано. Тем не менее существующие формулировки отмечены рядом общих признаков, включающих, в частности, использование инновационных технологий для улучшения продукции и/или производственных процессов, а также новых методов ведения бизнеса. Наибольшую известность получило определение, предложенное Полом Фоулером (Paul Fowler), директором по исследованиям Национальной ассоциации перспективных производственных технологий США (National Association of Advanced Manufacturing, NACFAM) [STPI, 2010]:

Передовые производственные технологии широко используют компьютерные, высокоточные и информационные компоненты, интегрированные с высокопроизводительной рабочей силой, создавая систему, которая сочетает в себе преимущества массового производства и, в то же время, гибко настроена на необходимый в данный момент объем выпуска и обладает высокой степенью кастомизации с целью быстрого реагирования на потребности клиентов.

Позднее Институтом оборонного анализа (Institute for Defense Analyses, IDA) в публичный оборот было введено более широкое понятие «передовое производство» (*advanced manufacturing*), выработанное на основании опросов представителей научного сообщества, сферы государственного управления и промышленности. Под передовым производством понимают как традиционные, так и высокотехнологичные отрасли, в которых происходит улучшение существующих и/или создание новых материалов, изделий и процессов посредством внедрения достижений науки, техники, высокоточных и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), интегрированных с высокопроизводительной рабочей силой, инновационным бизнесом или организационными моделями [Shipp et al., 2012].

Все более заметный интерес со стороны специалистов вызывает такая характеристика перспективных технологий, как массовая кастомизация [Piller, Tseng, 2010; Boër et al., 2013] — масштабное производство индивидуальной продукции (потребительской и промышленной), по эффективности сопоставимой с крупносерийным производством, дифференциация которой несет с собой экономические выгоды для пользователей. Кастомизация предполагает передачу части функций по технологическому дизайну готового продукта поставщикам, в силу чего большое значение приобретает постоянный отклик от постав-

щиков, который учитывается в дальнейшей работе по производству изделий. Поэтому наряду с производственным аспектом кастомизация имеет сервисное измерение.

Попытки создать массовое кастомизированное производство предпринимались на протяжении нескольких десятилетий. Появление аддитивных технологий стимулировало этот процесс, но основной трудностью остается налаживание эффективного взаимодействия вдоль всей цепочки создания стоимости, включая интеграцию в систему поставки.

В России термин «передовые производственные технологии» используется в практике статистического учета, где под ними понимают «технологические процессы, включающие машины, агрегаты, оборудование и приборы, основанные на микроэлектронике или управляемые с помощью компьютера и используемые при проектировании, производстве или обработке продукции» [НИУ ВШЭ, 2014, с. 398]. Это определение со всей очевидностью не отражает особенностей современного этапа развития производственных технологий, таких, например, как массовая кастомизация.

Итак, новое понимание перспективных производственных технологий охватывает следующие аспекты:

- технологическое замещение, ведущее к качественному совершенствованию существующих либо созданию принципиально новых продуктов;
- автоматизация производственного процесса, предъявляющая новые требования к квалификации специалистов;
- кастомизация производства, то есть его гибкая адаптация к нуждам заказчика;
- локализация — снижение издержек за счет экономии на логистике и географической близости к потребителю (заказчику);
- экономическая эффективность, связанная либо со снижением себестоимости в сравнении с массовым производством, либо с экономией ресурсов, повышением производительности труда, инвестиционной привлекательности и конкурентоспособности.

В нашей статье мы попытаемся ограничить круг технологий (в техническом смысле данного термина), являющихся ключевыми для развития производств с определенными экономическими характеристиками (кастомизированная продукция с низкой себестоимостью и возможностями децентрализации ее производства). Для этих целей предлагается следующее определение:

Перспективные производственные технологии — это комплекс процессов проектирования и изготовления на современном технологическом уровне кастомизированных (индивидуализированных) материальных объектов (товаров) различной сложности, стоимость которых сопоставима со стоимостью товаров массового производства, в том числе в странах с дешевой рабочей силой.

Указанная группа технологических процессов позволяет децентрализовать разработку и производство, обеспечивая существенные логистические преимущества в создании и продвижении товаров на рын-

ке, снижение их себестоимости и стоимости доставки до конечного потребителя. Эти процессы зависят, с одной стороны, от эффективного распространения информации, уровня автоматизации и компьютеризации, а с другой — от новых материалов и исследований и разработок (ИиР) в таких областях, как физика, биология и др.

Новые производственные технологии могут быть технически описаны с помощью пяти ключевых направлений концентрации усилий междисциплинарных исследовательских групп. Работа в этих последних требует от своих участников способности оперировать метаязыками каждой из соответствующих областей. На основании различных подходов к определению приоритетных направлений перспективных производственных технологий [MIT, 2013; ARTEMIS, 2013; NIST, 2013, p. 3] мы выделили следующие из них:

1. Системы контроля производственных процессов, включая датчики состояния оборудования, параметров потоков сырья и состояния (размер, состав и т. п.) создаваемых (обрабатываемых, выращиваемых) объектов.

2. Многомерное моделирование сложных изделий, позволяющее оптимизировать различные их параметры (прочность, срок жизни и, возможно, процесс производства). Такие системы моделирования позволяют кастомизировать объект, модифицируя его для индивидуального или мелкосерийного производства.

3. Интеллектуальные системы управления производством (оптимизация внешней и внутренней логистики, режимы технологических процессов), в том числе в робототехнике и в области так называемого «Интернета вещей».

4. Системы создания и преобразования (выращивания) материальных объектов, в том числе: 3D-принтинг; приобретающие все большее значение инфузионные технологии; перспективные методы обработки поверхностей и работы с термопластами. Ключевыми для этого направления являются ростовые технологии в широком смысле.

5. Материалы, эффективные при создании перспективных исполнительных устройств (прежде всего, ростовых технологий): композиционные, а также проявляющие свои свойства в малоразмерных структурах.

Достижения в перечисленных областях могут обеспечить видимый экономический эффект при решении многочисленных производственных задач. Базирующиеся на этих технологиях производственные комплексы регулируются мерами промышленной, инновационной, научной и образовательной политики. При этом последняя все более тесно переплетается с новой промышленной политикой вследствие изменений потребностей самих производителей, исчерпания традиционных средств регулирования, а также определенного разочарования в экспертном прогнозировании усилиями представителей академического сообщества. Исследовательскую и образовательную компоненты обеспечивают ведущие университеты и научные центры, а инновационную — частные промышленные компании различного масштаба [CSST, 2013].

Позитивные ожидания, сформированные новым трендом и обусловленные его влиянием на глобальную экономику, — перенос части перспективных производств в страны с высоким технологическим и образовательным уровнем, позитивный бизнес-климат, растущий спрос — служат важным стимулом для различных инициатив правительств развитых стран в данной сфере.

Побуждая к новой индустриализации

С перспективными производственными технологиями тесно связано понятие локализации, то есть размещения новых производств рядом с центрами разработки и дизайна, научными и проектными подразделениями. Локализацию активно практикуют компании в США, чье правительство озабочено проблемой возвращения производства из-за рубежа. В результате переноса мощностей в другие страны за последнее десятилетие страна потеряла треть промышленного производства. Между тем, в индустрии США заняты 35% инженеров, 60% всех работников

сферы ИиР и лишь 9% от всей рабочей силы [CSST, 2013]. Потеря значительного числа высококвалифицированных кадров вследствие вывода производств за рубеж стала рассматриваться, в том числе, как угроза национальной безопасности, одним из ответов на которую и стала локализация. Одновременно была усилена государственная поддержка новых институтов (региональных «хабов»), занятых разработкой и прототипированием технологий, и приняты меры по их интеграции в единую сеть, которые претворялись в жизнь быстрыми темпами. Приведенная в боксе 1 хронология демонстрирует, насколько оперативно те или иные решения согласовываются и принимаются, но также детализируются и корректируются в ходе работы указанных институтов.

«Партнерство в области перспективных производственных технологий» (Advanced Manufacturing Partnership, AMP) — не первая в ряду американских правительственных инициатив, нацеленных на поддержку «новой индустриализации». Некоторые признанные перспективными технологии поддер-

Бокс 1. Меры государственной политики США в области перспективных производственных технологий

Июнь 2011 г. Президент Барак Обама объявил о запуске Партнерства в области перспективных производственных технологий (Advanced Manufacturing Partnership, AMP). Это межведомственная инициатива, в которой участвуют министерства обороны, энергетики, образования, а также НАСА, Национальный научный фонд и Национальный институт стандартов и технологий (National Institute of Standards and Technology, NIST). В руководящий комитет AMP входят президенты ведущих инженерных вузов (Массачусетского технологического института (Massachusetts Institute of Technology, MIT), Калифорнийского (University of California), Стэнфордского (Stanford University), Мичиганского (University of Michigan) и других университетов) и руководители крупнейших американских компаний (Caterpillar, Corning, Dow Chemicals, Ford, Honeywell, Intel, Johnson&Johnson, Northrop Grumman, Procter&Gamble, United Technologies).

Июль 2012 г. Президенту представлен доклад о наращивании внутренних конкурентных преимуществ в области производственных технологий, содержащий 16 рекомендаций, разбитых на три группы: 1) стимулирование инноваций (включая создание новых консорциумов в сфере ИиР); 2) кадровое обеспечение (новые образовательные программы и стажировки); 3) улучшение бизнес-климата (налоговая реформа, изменение правил технического регулирования, оптимизация политики в сфере торговли и энергетики).

Август 2012 г. Создан первый профильный Национальный инновационный институт аддитив-

ного производства (National Additive Manufacturing Innovation Institute, NAMII)¹ — консорциум, объединивший более 80 производственных предприятий, 9 исследовательских университетов, 6 четырехлетних колледжей и 18 бесприбыльных организаций, входящих в «технологический пояс» Огайо — Пенсильвания — Западная Вирджиния. Финансирование: 40 млн долл. от промышленности, 30 млн долл. от правительства.

Январь 2013 г. Определены основные параметры будущей Национальной сети производственных инноваций (National Network for Manufacturing Innovation, NNMI). Она должна объединить создаваемые в рамках AMP 15 институтов². На финансирование сети из федерального бюджета Президентом запрошен 1 млрд долл.

Май 2013 г. Президент объявил о начале конкурса на создание трех институтов следующего профиля:

- цифровое производство и инновации в дизайне;
- производство легких и современных металлов;
- новое поколение силовой электроники.

Октябрь 2013 г. Обобщение первого опыта, пересмотр 16 рекомендаций, их корректировка и детализация в рамках AMP 2.0.

Январь 2014 г. Утверждены победители конкурса, каждому из которых из федерального бюджета будет ежегодно выделяться по 1.5 млн долл. в течение четырех лет. Анонсировано проведение в течение года конкурса на создание еще четырех институтов, двух — в ведении Министерства энергетики (Department of Energy, DoE) и двух — в структуре Министерства обороны (Department of Defence, DoD).

Источники: [EOP, NSTC, AMNPO, 2013; White House, 2012, 2013a, 2013b].

¹ Режим доступа: http://www.manufacturing.gov/nnmi_pilot_institute.html, дата обращения 20.02.2014.

² В конце 2013 г. обсуждалась возможность расширения сети до 45 институтов. Источник: беседа И. Дежиной с проректором MIT М. Шмидтом (Martin Schmidt) (Бостон, 02.12.2013).

живались на федеральном уровне и раньше, однако без больших прорывов. Так, киберфизические системы и «Интернет вещей» развиваются с 2006 г., но не сформировали новых производственных платформ. Из 108 проектов, получивших финансирование от Национального научного фонда США (National Science Foundation, NSF) в размере от 500 тыс. до 1 млн долл. с 2008 г., лишь один относился к сфере киберфизических систем для промышленности [Forschungsunion, Acatech, 2013].

Новая правительственная инициатива была неоднозначно принята экспертами. Некоторые из них, в частности, отмечают, что возвращение производства в США, скорее всего, увеличит производительность труда, однако не гарантирует снижения издержек крупных компаний и роста котировок их ценных бумаг [Ратников, 2013].

Причины, по которым правительства многих стран включились в разработку мер поддержки новых производственных технологий, различны. Так, Германия считает себя глобальным лидером в производстве промышленного оборудования, и стимулом к развитию для нее служит растущая конкуренция со стороны США, Индии и Китая. Соответственно, акцент в государственной поддержке был сделан не на создании новых структур, а на совершенствовании механизмов (стандартизации процедур, улучшении алгоритмов работы, проведении тренингов) и нормативно-правового регулирования [Forschungsunion, Acatech, 2013]. В качестве стратегических приоритетов выбраны удержание мирового лидерства в области производственного оборудования и создание новых рынков. Для этого предполагалось реализовать два глобальных интеграционных подхода:

- горизонтальный — через сети;
- вертикальный — посредством связанных производственных систем.

Горизонтальная интеграция состоит в связывании ИТ-систем, используемых на различных стадиях производственного процесса и бизнес-планирования. Она подразумевает обмен материалами, энергией и информацией как внутри одной, так и между не-

сколькими компаниями (сетями) [Forschungsunion, Acatech, 2013].

Вертикальная интеграция заключается в соединении ИТ-систем различных уровней иерархии: запуск процесса, контроль, менеджмент, производство, реализация, корпоративное планирование.

Для продвижения проектов ИиР в Европейском Союзе создана технологическая платформа ARTEMIS, охватывающая восемь направлений промышленных технологий. В рамках этой инициативы был разработан дискуссионный документ «Будущее промышленного производства 2.0» («Vision for Manufacturing 2.0») с целью определить приоритеты инвестиций для новой комплексной программы ЕС «Горизонт – 2020» (2014–2020 гг.) [ARTEMIS, 2013].

Перед современным Китаем стоит проблема роста стоимости трудовых ресурсов, и развитие перспективных производственных технологий рассматривается в качестве одного из средств ее решения. Поэтому политика китайского правительства сфокусирована на технологиях, снижающих зависимость от трудовых ресурсов. Кроме того, в 12-м пятилетнем плане (2011–2015 гг.) была сформулирована задача сократить импорт зарубежных технологий. План предусматривает использование субсидий, налоговых льгот и других финансовых инструментов. В 2010 г. был создан первый китайский Центр «Интернета вещей» (Internet of Things Center) с бюджетом в 117 млн долл. на финансирование ИиР и открыта «Зона Интернета вещей» с 300 компаниями, в которых заняты более 70 тыс. чел. [Voigt, 2012].

Приоритеты развития

Перспективные производственные технологии можно рассматривать как совокупность идентифицированных с той или иной точностью областей ИиР (табл. 1). Так, эксперты в США изначально выделили 11 ключевых областей, в дальнейшем детализированных до 135 технологий на основе краудсорсинга, к участию в котором были привлечены исключительно представители частного сектора [NIST, 2013].

Несмотря на заметный рост интереса правительства к новой индустриализации, в России нет даже примерного согласованного перечня приоритетов

Табл. 1. Примерные приоритеты в области перспективных производственных технологий

Европейский Союз	США	Китай
<ul style="list-style-type: none"> • Новые производственные процессы • Адаптивные и «умные» производственные системы • Цифровое, виртуальное и ресурсоэффективное производство • Мобильные и кооперирующиеся предприятия (сетевое производство и динамичные производственные цепочки) • «Человекоцентричное» производство • Производство, ориентированное на потребителя 	<ul style="list-style-type: none"> • Сенсоры, измерение и контроль процессов • Современный дизайн материалов, технологии синтеза и обработки • Технологии визуализации, информатики и цифрового производства • Устойчивое (рациональное) производство • Промышленные нанотехнологии • Производство гибкой электроники • Производственные биотехнологии и биоинформатика • 3D-печать • Современное производство и оборудование для тестирования (контроля качества) • Промышленная робототехника • Современные технологии формообразования и соединения 	<ul style="list-style-type: none"> • ИКТ-индустрия нового поколения • Биоинженерия • Высокопроизводительные технологии и оборудование • Современные материалы • Сенсоры • «Умные технологии»

Источники: [Factories of the Future PPP, 2012; White House, 2012; Княгинин, 2013].

Табл. 2. Перспективы развития производственных технологий: Россия и мир

Горизонт развития технологии	До 2015 г.	До 2020 г.	До 2030 г.
Композитные материалы	Мир, Россия		
Повышение гибкости производственных линий		Мир	Россия
Технологии 3D-проектирования		Мир, Россия	
Интернет вещей			Мир, Россия
Промышленное производство углеродных нанотрубок			Мир, Россия
Роботы-андроиды			Мир

Источник: [ЦМАКП, 2013].

в рассматриваемой сфере, не говоря уже о краудсорсинге промышленных компаний [Горбатова, 2014b]. Корректировка списка приоритетных направлений по-прежнему происходит в рамках обычного цикла³, тогда как отдельные прогнозы подтверждают наличие у страны потенциала в развитии перспективных производственных технологий. В частности, заметные заделы имеются в области математического моделирования и разработки новых материалов. Ряд экспертов называют потенциально выигрышным биомедицинское направление и сферу ИКТ. Согласно оптимистическому прогнозу Центра макроэкономического анализа и краткосрочного прогнозирования (ЦМАКП), по основным направлениям развития перспективных производственных технологий, кроме гибких производственных линий (отставание от мировых трендов на декаду) и роботов-андроидов (Россия не представлена на технологической карте до 2030 г.), горизонт развития страны совпадает с мировым (табл. 2).

Новая политика поддержки: опыт США и Великобритании

Развитие новых производственных технологий за рубежом в значительной мере интегрировано в научную и инновационную политику государств. Важнейшими точками приложения усилий могут стать:

1) Использование технологических приоритетов в качестве ориентира, не предполагающего обязательного финансирования намеченных направлений (технологий). Приоритеты формируются на основе не только специальной экспертизы или прогнозных исследований, но и краудсорсинга и служат скорее для мониторинга дальнейшего развития, чем в качестве структурной основы будущих программ или создаваемых центров.

2) Создание консорциумов как одной из наиболее распространенных форм поддержки новых производственных технологий. В их состав входят компании, университеты, региональные органы власти, сервисные и консалтинговые организации. Финансовые затраты частично покрываются за счет федерального бюджета, но основная нагрузка ложит-

ся на плечи промышленности: софинансирование со стороны компаний, как правило, превышает половину совокупного бюджета консорциумов. К особенностям этого типа объединений относятся:

- прототипирование и расширение производства как приоритетные направления деятельности;
- сетевой тип взаимодействия;
- обязательное партнерство с малым бизнесом, научными и образовательными организациями (в США — вплоть до двухлетних колледжей), связь с «профессионально-техническими» учебными заведениями, которые удовлетворяют спрос на кадры с новыми компетенциями со стороны производства;
- бессрочный характер деятельности, предполагающий автономное существование и переход на самоокупаемость после прекращения бюджетного финансирования.

Примерами подобных форм консорциумов служат институты, создаваемые в рамках Национальной сети производственных инноваций США, финансируемые ЕС на основе государственно-частного партнерства «заводы будущего» [MIT, 2013] и британские «центры катапультирования» (Catapult Centres)⁴.

3) Комбинирование различных инструментов за счет гибкости и многообразия управленческих решений, отказа от жестких схем и алгоритмов.

4) Постоянный мониторинг — диагностический контроль⁵ — хода реализации инициатив с целью выявления затруднений в их осуществлении и выработки мер корректировки. Проблемы могут быть порождены как неверным выбором инструментов развития, так и ошибками исполнителей. Диагностический мониторинг отличается от более популярных методов измерения результативности действия мер, исходящих из оценки степени достижения ранее сформулированных целей.

Структурные особенности консорциумов в США

Перед каждым институтом создаваемой Национальной сети производственных инноваций в США стоит задача превращения в региональный хаб — площадку, где

³ Согласно недавнему поручению Президента России (поручение 8, пп. 2), следует внести изменения в приоритетные направления развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и в перечень критических технологий, утвержденные Указом Президента Российской Федерации № 899 от 07.07.2011. Источник: Президент РФ, Перечень поручений по реализации Послания Федеральному Собранию, 27.12.2013. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/assignments/20004>, дата обращения 14.02.2014.

⁴ Режим доступа: <https://www.innovateuk.org/-/catapult-centres>, дата обращения 14.02.2014.

⁵ Данный термин позаимствован из управленческих практик компаний. Фактически это метод включенного наблюдения, широко используемый в социологических исследованиях, позволяющий идентифицировать проблемные ситуации, которые возникают у всех участников процесса, и определить способы их исправления.

фундаментальные исследования «переплавляются» в новые продукты, а компании, университеты, колледжи и федеральные ведомства совместно инвестируют в развитие перспективных технологических направлений. Такая инфраструктура представляет собой еще и уникальную «обучающую фабрику» как базу подготовки студентов и работников всех уровней, а также сеть центров коллективного пользования оборудованием для мелких производителей, которые создают, тестируют и выпускают опытные образцы новых продуктов и производят пробные пуски промышленных процессов.

Деятельность институтов описанной сети включает следующие виды работ, но не ограничивается ими:

- прикладные исследования;
- демонстрационные проекты, снижающие стоимость и риски коммерциализации новых технологий либо позволяющие решить проблемы, которые встают перед промышленными предприятиями;
- образовательная и тренинговая деятельность на всех уровнях обучения;
- развитие инновационных методов и практик интеграции систем сбыта;
- сотрудничество с малыми и средними производственными предприятиями.

Последнему пункту придают особое значение, поскольку от институтов ожидают разнообразного по форме содействия развитию малого бизнеса, в том числе посредством обеспечения доступа к оборудованию центров коллективного пользования, технических консультаций и помощи фирмам, не имеющим штатных сотрудников с необходимыми компетенциями, предоставления информации о перспективных технологиях. Наконец, институты могут заниматься коммерциализацией собственных стартапов.

Деятельность всех институтов будет носить региональный характер, в то время как сама сеть производственных инноваций останется национальной по масштабу и значимости. Предполагается, что важные технологии должны выявляться именно на локальном уровне и служить интересам региона⁶. Обсуждается возможность использования инструментов, хорошо зарекомендовавших себя ранее, например грантов для решения сложных проблем (*challenge grants*), предоставляемых государством или фондами на конкурсной основе. Механизм гранта предусматривает, что средства перечисляются лишь после достижения поставленных целей, стимулируя достижение грантополучателями конкретного результата и поиск новых решений. Доказали свою эффективность и инновационные ваучеры, впервые опробованные в Голландии. Они дают право на получение определенной суммы средств для выполнения ИиР, разработки бизнес-плана и т. п. Малые инновационные компании, испытывающие дефицит финансовых ресурсов, могут подавать заявки на ваучеры в соответствующее ведомство или фонд. Затем получившие ваучеры фирмы обращаются в университеты или центры, которые могут выполнить требуемую ис-

следовательскую или опытно-конструкторскую работу. Результат оплачивается ваучером, номинальную стоимость которого затем компенсирует агентство-эмитент [Киселев, Яковлева, 2012].

Помимо базовых принципов функционирования консорциумов, тщательной проработке была подвергнута их *организационная структура*. Каждый консорциум должен обладать существенной автономией по отношению к партнерским организациям и иметь независимый совет директоров, состоящий преимущественно из представителей компаний. В той мере, в какой это возможно, консорциумы должны сотрудничать друг с другом, обмениваясь ресурсами, передовым опытом и результатами ИиР. Открытому обсуждению должны быть подвергнуты финансовые модели, результаты прогнозных исследований и механизмы членства в консорциуме. Необходимость такой прозрачности обусловлена тем, что консорциумы не являются прямыми конкурентами и будут преследовать различные цели при единстве миссии содействия росту конкурентоспособности промышленного производства в стране.

Каждому центру определено финансирование из федеральной казны в размере 70–120 млн долл. на период от 5 до 7 лет. В конце 2013 г. обсуждалась возможность продлить этот срок до 10 лет. Не менее половины бюджета создаваемых центров должны составить средства частных инвесторов, и если федеральное финансирование будет более значительным в первые 2–3 года работы, то в дальнейшем запланирован постепенный рост доли негосударственных источников. В течение 7–10 лет все консорциумы должны стать *самоокупаемыми* за счет членских взносов, дохода от лицензирования объектов интеллектуальной собственности, контрактных исследований и других платных услуг.

Идея сети консорциумов развивает модель, использованную при создании консорциума компаний полупроводниковой промышленности SEMATECH (бокс 2). Характерно, что SEMATECH оценивается политиками как успешный опыт «устойчивого» государственно-частного партнерства. Миссия и цели проектов существенно разнятся, хотя их структура в целом едина. Вопрос о том, стоит ли эту модель повторять в новых условиях для развития перспективных производственных технологий, остается открытым. Сравнение одних лишь финансовых характеристик показывает, что нынешняя инициатива президента Обамы с 70-миллионным бюджетом плотного института (см. бокс 1) почти втрое меньше изначального бюджета SEMATECH конца 1980-х гг., когда «вес» доллара был существенно большим. Вряд ли можно ожидать прорывов в условиях подобных бюджетных ограничений, если только создаваемые центры не будут отчасти виртуальными, использующими в основном мощности собственных лабораторий компаний и университетов-участников.

Поскольку мониторинг играет ключевую роль в оценке эффективности консорциумов, возрастает значение критериев, по которым можно судить

⁶ Источник: беседа И. Дежиной с М. Шмидтом, проректором MIT (Бостон, США, 02.12.2013).

Бокс 2. Этапы развития консорциума SEMATECH

Некоммерческий консорциум SEMATECH, в состав которого изначально вошли 14 крупных компаний — производителей полупроводниковой промышленности (AMD, Freescale Semiconductor, Hewlett-Packard, IBM, Infineon Technologies, Intel, Panasonic, Philips, Samsung, Spansion, TSMC, Texas Instruments и др.), был создан в 1986 г. и финансировался на паритетной основе за счет средств Министерства энергетики США и программы DARPA, выделенных на 5-летний срок, с одной стороны, и промышленных компаний — с другой. Ежегодный взнос каждой из сторон составлял 100 млн долл.

Задачами консорциума стали исследование перспективных направлений развития полупроводниковой промышленности, разработка технологий следующего поколения, совершенствование экспертизы, используемой при производстве разнообразных продуктов в этой области, а также повышение конкурентоспособности американской отрасли на фоне успехов японских производителей [SEMATECH, 1988]. SEMATECH располагает как собственными лабораториями, которые были переданы ему правительством, так и использует оборудование компаний-участниц.

Через 9 лет работы (в 1996 г.) консорциум фактически отказался от первоначальных задач и переориентировал свою деятельность на интересы глобальной индустрии полупроводников. Решени-

ем совета директоров компании-участницы отказались от бюджетного финансирования, в частности, из-за проблем с правами на результаты интеллектуальной деятельности [NRC, 2003].

Оценка результатов работы SEMATECH наиболее интенсивно велась в начале 1990-х гг. на волне интереса к эффективности такой формы государственно-частного партнерства. Консенсуса по вопросу результативности работы SEMATECH не сложилось. Негативные оценки исходят, в частности, от средних и малых компаний, для которых консорциум — это закрытый клуб крупных производителей чипов с монополией на разрабатываемые в его недрах технологии [Hoft, 2011]. Представители бизнеса также указывают на отсутствие у SEMATECH прорывов, которые были бы невозможны вне рамок консорциума. Вместе с тем, положительно отзывается об объединении академическое сообщество, признавая его удачной моделью кооперации государства и частного бизнеса [OECD, 2011]. Было подсчитано, что после создания SEMATECH расходы на ИиР нового поколения чипов удалось сократить на 30%.

В дальнейшем эта модель получила распространение в таких секторах, как автомобилестроение, строительство, контрольно-измерительные системы на основе искусственного интеллекта, промышленные технологии, не нарушающие экологического баланса.

о преимуществах и недостатках новых структур. Критерии, обсуждаемые в настоящее время в США в ходе отработки создаваемой сети консорциумов, представлены в табл. 3. В рамках АМР их планируется использовать для (1) подтверждения благотворного влияния созданных центров на развитие промышленности, оценки (2) результативности их работы, (3) эффективности структуры и управления сетью, (4) степени устойчивости центров [NIST, 2013]. Очевидно, что предложенные критерии частично пересекаются (мы отметили эти пункты курсивом) и принципиально новых показателей не содержат. Вместе с тем их сочетание, наряду с комбинированием количественных и экспертных оценок, позволяет получить представление о характере имеющихся проблем и достижений.

Технико-инновационные центры Великобритании

Программа развития сети технико-инновационных Catapult Centres в Великобритании была запущена еще в 2010 г. Инициированная правительственным Советом по стратегическим технологиям, она предусматривает семь направлений, в рамках которых будут создаваться названные «катапульты»: производство с высокой добавленной стоимостью (*high value*

manufacturing), клеточная терапия, офшорная возобновляемая энергетика, программное обеспечение для спутников, взаимосвязанная цифровая экономика, города будущего, транспортные системы⁷. «Катапульта» производств с высокой добавленной стоимостью была первой, в рамках которой в октябре 2011 г. началось создание институтов. В них тестировали новые технологии и системы, прежде чем принять решение о дальнейших инвестициях в инновационные проекты. В структуру «катапульты» вошли семь центров из разных регионов страны со специализацией в различных областях — от композитных материалов до «процессных инноваций»⁸. Организационные принципы работы центров перекликаются с принятыми в США в рамках АМР, а именно:

- множественность источников финансирования (федеральный бюджет, промышленность, средства университетов) с планируемым совокупным бюджетом в 140 млн фунтов стерлингов на 6-летний срок при условии, что промышленность вносит половину совокупного объема финансирования;
- прототипирование и производство новых продуктов и услуг как приоритетные направления деятельности.

⁷ Режим доступа: <https://hvm.catapult.org.uk/history?sessionId=A8D3A67DEB0ADB9955D8CE96E99A972B.2>, дата обращения 17.03.2014.

⁸ Режим доступа: <https://www.catapult.org.uk/high-value-manufacturing-catapult?sessionId=1D85531FC73C5B43AE08089FE0587537.3>, дата обращения 05.04.2014.

Табл. 3. **США: основные показатели для диагностического мониторинга развития центров в рамках АМР**

Положительное влияние на развитие промышленности	Результативность и эффективность центров	Эффективность управления сетью	Устойчивость центров
Число новых рабочих мест	Число новых рабочих мест	Число и качество взаимодействий между институтами	Число новых рабочих мест
Число созданных стартапов	Число созданных стартапов	Доходы институтов от участия промышленности	Прирост числа участников из промышленности, в том числе малых компаний
Партнерства внутри институтов	Партнерства внутри институтов	Число патентов / объектов интеллектуальной собственности во всех институтах сети	Доходы от лицензирования объектов интеллектуальной собственности
Число новых технологий на рынке	Число новых технологий на рынке	Учет уроков и распространение инновационных подходов	Новые продукты и процессы
Применение в институте методов, разработанных промышленностью	Участие малых предприятий в работе институтов		Число неоднократных соинвесторов проектов
	Объем финансирования, полученный от промышленности и из федерального бюджета		Соотношение доходов и расходов
	Число проектов, доведенных от стадии исследования до прототипа		Новый экспорт
	Число работающих в институте студентов и персонала из промышленности		
	Портфель объектов интеллектуальной собственности		
	Число лицензий		
	Торговый баланс		
	Число мероприятий по популяризации		

Источник: [NIST, 2013].

Уже получены и первые результаты работы «катапульты» в области производственных технологий с высокой добавленной стоимостью: созданы 700 новых рабочих мест, почти 2000 малых и средних инновационных компаний, привлеченных к выполнению ИиР⁹.

Потенциал развития перспективных технологий в России

В стратегических документах стран — лидеров в сфере перспективных производственных технологий Россия рассматривается лишь как растущий рынок сбыта новой продукции. Действительно, начиная с 2010 г., Россия расширяет закупки производственного оборудования и предположительно сохранит в ближайшее время статус одного из крупных импортеров. Совокупный спрос Китая, Индии и России на ИТ-технологии составляет 14% от глобального [Forschungsunion, Acatech, 2013].

В современной России развитие перспективных производственных технологий продолжают регулировать в рамках промышленной политики либо локальных инициатив. Так, львиная доля проектов в пользующейся повышенным вниманием сфере ин-

жиниринга [Лобыкин, 2014] связана с созданием профильных центров при вузах¹⁰. Этот подход вряд ли оправдан, учитывая, что вузы не имеют достаточных компетенций для продвижения произведенной продукции. Не обсуждают в России и механизмы, обеспечивающие практическую реализацию научных разработок. Вместе с тем в стране накоплен определенный опыт, применимый к созданию консорциумов в сфере перспективных производственных технологий.

Напомним, что в 2002 г. была запущена программа инновационных мегапроектов государственного значения. К работе над этими масштабными инициативами были привлечены коллективы, объединяющие представителей науки и промышленности. Совместно им предстояло преодолевать наиболее серьезные препятствия на пути к повышению конкурентоспособности, в том числе снижению издержек производства за счет ресурсосбережения. Мегапроекты отбирались преимущественно на основе согласия представителей науки и бизнеса, а их внебюджетное финансирование должно было составлять не менее 60%. Системных итогов их работы не подводили, однако по формальным показателям

⁹ Режим доступа: <http://www.insidegovernment.co.uk/event-details/catapult-centres/202>, дата обращения 12.03.2014.

¹⁰ Отчасти эту ситуацию объясняют данные Министерства промышленности и торговли, согласно которым инжиниринг используют лишь 2% российских компаний [Горбатова, 2014а]. По итогам проведенного в 2013 г. конкурса были определены 11 вузов-победителей, в которых будут созданы инжиниринговые центры (11 проектов отобраны для реализации пилотных проектов по созданию и развитию инжиниринговых центров на базе ведущих технических вузов). Режим доступа: <http://минобрнауки.рф/новости/3719>, дата обращения 18.10.2013.

мегапроекты были признаны бюджетно эффективными. Вместе с тем специалисты НИУ ВШЭ оценивают эффективность получивших поддержку компаний ниже, чем у аналогичных программ в западных странах [Гохберг и др., 2011, с. 54].

Отмеченный опыт, в том числе в части мониторинга проектов, может быть полезен для развития перспективных производственных технологий. К тому же существуют примеры успешного использования диагностического мониторинга для оценки эффектов государственного стимулирования кооперации между компаниями и университетами и мер их оперативной корректировки [Дежина, Симачев, 2013].

Второй потенциальный инструмент — технологические платформы. Они позволяют мобилизовать компании для выявления критических областей, необходимых для развития перспективных производственных технологий. Кроме того, как показывает европейская практика, технологические платформы могут выступать базой для формирования консорциумов с лидирующей ролью крупных компаний.

К сожалению, проблем в рассматриваемой сфере все еще больше, чем достижений, причем это верно как для науки, так и для сферы инноваций. Во-первых, согласно обнародованному в 2013 г. обзору компании Thomson Reuters, Россия не входит ни в одну из групп стран — лидеров в ста наиболее перспективных научно-технологических направлениях [King, Pendlebury, 2013]. Во-вторых, в то время как в мире осуществляется переход к трансдисциплинарным исследованиям, лежащим в основе многих перспективных производственных технологий [Balcerak, 2013], в России лишь обсуждают важность междисциплинарности. Под ней понимают стирание границ между отдельными дисциплинами, соединение различных методологий, возникновение гибридных областей исследований, в частности позволяющих решать сложные технические и технологические задачи.

Серьезной коррекции требуют и принципы бюджетной поддержки технологических ИиР: от распределения средств предстоит перейти к управлению текущими и ожидаемыми результатами, от поддержки выпуска новых образцов к системному обновлению технологий [Княгинин, 2013]. На перспективные направления приходится менее 1.5% средств федеральных целевых программ в области гражданской авиации, морской техники, электронной компонентной базы и фармацевтики¹¹. Наконец, проводимая в настоящее время политика «принуждения к инновациям» в отсутствие экономического спроса на них и инфорсmenta зачастую оказывает лишь негативный эффект. Так, разработка и реализация государственными компаниями программ инновационного развития нередко оборачивается попытками выдать за инновации маркетинговые проекты [Эксперт-РА, 2012]. Вне экономической заинтересованности компании стремятся правильно отчитаться перед государством, не занимаясь серьезной инновационной деятельностью. Как было отмечено на стратегической

сессии Открытого правительства в марте 2014 г., сохраняются и характерные черты «принуждаемых» к инновационной деятельности госкомпаний, равно как и органов, их контролирующих, — информационная закрытость и непрозрачность. Предприятия предпочитают инвестировать в модернизацию производства, а не в разработку новых технологий, что предопределяет их отставание от зарубежных конкурентов и снижает общую эффективность работы.

На наш взгляд, не стоит сбрасывать со счетов накопленный в государственной политике последних лет опыт заимствования западных моделей, позволяющий извлечь немало полезных уроков. Адаптация к внутрироссийским условиям новых форм поддержки поздних стадий разработок, дизайна, промышленных технологий может быть упрощена, благодаря пониманию местной специфики и знанию болевых точек национального хозяйства. Одним из объектов репродуцирования может стать упоминавшийся диагностический мониторинг как часть стратегии создания консорциумов. Потенциал для развития кастомизации можно усмотреть также в том, что уникальные продукты в России производятся более успешно, нежели массовая промышленная продукция [Аузан, 2013].

В развитых и некоторых развивающихся странах применяется широкий арсенал инструментов стимулирования создания и распространения новых производственных технологий — от манипулирования рядом базовых экономических характеристик до поддержки новых форм кооперации науки и промышленности. Это путь выстраивания целостной системы поддержки, тогда как в нашей стране по-прежнему практикуются лишь точечные меры. Время еще не упущено, и зарубежный опыт последних лет в купе со складывающейся в России инфраструктурой инновационного предпринимательства могут позволить встроиться в мировой контекст и занять в нем свою нишу. Здесь возможны два варианта организационных усилий: создание территориально-отраслевых консорциумов и реализация сквозных программ ИиР для обеспечения лидерства в той или иной узкоспециализированной области.

Особенности организации консорциумов. Вместо заключения

По нашему мнению, новые инструменты развития перспективных производственных технологий прежде всего должны быть согласованы с теми инфраструктурными проектами и программами развития отдельных технологических областей, которые уже реализуются в России. Речь идет о выстроенной в стране системе государственной поддержки, охватывающей многие сферы, — от фундаментальных исследований до изготовления опытных образцов и технологического переоснащения промышленности.

Безусловное значение для развития перспективных производственных технологий имеет формирование институционального ядра в виде консорциумов из

¹¹ ФЦП «Развитие гражданской авиационной техники России на 2002–2010 годы и на период до 2015 года», «Развитие гражданской морской техники на 2009–2016 годы», «Развитие электронной компонентной базы и радиоэлектроники на 2008–2015 годы», «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности РФ на период до 2020 года и на дальнейшую перспективу».

научных организаций и компаний. Такие консорциумы могли бы создаваться в рамках специально сформированной программы научно-образовательной поддержки развития перспективных производственных технологий, которая охватывала бы доконкурентный этап исследований. Ее реализацию можно начать с пилотных проектов, скоординированных с подпрограммами Минпромторга по поддержке конкурентоспособности таких технологических областей, как композиционные материалы, станкостроение и робототехника. Большую роль в этом процессе приобретают инжиниринговые центры, обеспечивающие переоснащение производств технологиями нового поколения.

Консорциумы могут создаваться там, где уже сложилась эффективная исследовательская инфраструктура, — на базе вузов, центров коллективного пользования оборудованием, технопарков, в кооперации с территориальными структурами (кластерами, индустриальными парками и т. п.), с привлечением промышленных компаний к оперативному управлению ими. Как было показано, деятельность консорциумов может охватывать анализ исследовательской базы, оценку спроса со стороны компаний; прикладные исследования и прототипирование; участие в исследовательских проектах на основе международной кооперации; подготовку и переподготовку кадров — от краткосрочных курсов до магистерских программ

и аспирантуры по отобраным перспективным направлениям.

В консорциум могут входить несколько лабораторий, во взаимодействии с промышленностью реализующих 3–5-летние программы прикладных исследований и подготовки кадров через вовлечение студентов и аспирантов в научную работу. Важным условием функционирования лабораторий является софинансирование со стороны компаний при постепенном выходе на самоокупаемость. Описанный подход позволит скоординировать государственную кадровую и технологическую политику, чего не удавалось достичь в прежней парадигме. Разумеется, представленная стратегия является не единственной, но лишь одной из возможных.

На наш взгляд, разработка системной стратегии развития новых технологических областей становится одним из решающих направлений российской научной и технологической политики в силу целого комплекса экономических стимулов, порождаемых перспективными технологиями. Их внедрение способствует формированию благоприятных условий для децентрализации производства, снижению барьеров входа на рынок для небольших промышленных компаний, развитию аутсорсинга, активизации малого и среднего бизнеса, созданию высокотехнологичных рабочих мест в регионах. Это усиливает давление на крупные промышленные корпорации, улучшая конкурентную среду. ■

- Аузан А. (2013) Миссия университета: взгляд экономиста // Вопросы образования. № 3. С. 266–286.
- Горбатова А. (2014а) На развитие инжиниринга будет выделено 8 миллиардов рублей. Режим доступа: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=73016#.UwxwkYVo43k, дата обращения 25.02.2014.
- Горбатова А. (2014б) Технологические метаморфозы. Режим доступа: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=73040#.Utl1HSdfIU, дата обращения 20.02.2014.
- Гохберг Л.М., Заиченко С.А., Китова Г.А., Кузнецова Т.Е. (2011) Научная политика: глобальный контекст и российская практика. М.: НИУ ВШЭ.
- Дежина И.Г., Симачев Ю.В. (2013) Связанные гранты для стимулирования партнерства компаний и университетов в инновационной сфере: стартовые эффекты применения в России // Журнал новой экономической ассоциации. № 3. С. 99–122.
- Киселев В.Н., Яковлева М.В. (2012) Инновационные ваучеры — новый инструмент поддержки инновационной деятельности // Инновации. № 4. С. 2–6.
- Княгинин В. (2013) Основные тренды в новом поколении производственных технологий. Материалы к выступлению на расширенном заседании рабочей группы Экономического совета при Президенте РФ по направлению «Отраслевая и инфраструктурная политика». Москва, 10.06.2013 г.
- Лабькин А. (2014) Промышленное послезавтра // Эксперт Online. 17.01. Режим доступа: <http://expert.ru/2014/01/17/promyishlennoe-poslezavtra/>, дата обращения 20.02.2014.
- НИУ ВШЭ (2014) Индикаторы науки: 2014. Статистический сборник. М.: НИУ ВШЭ.
- Ратников А. (2013) Союз труда и капитала. Экономисты заговорили о «новой индустриализации» США. Режим доступа: <http://lenta.ru/articles/2013/12/10/usaindustry/>, дата обращения 13.02.2014.
- ЦМАКП (2013) Мониторинг и анализ технологического развития России и мира. № 3. Октябрь. М.: ЦМАКП. Режим доступа: http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/HT_Mons/2013/2013_q3.pdf, дата обращения 14.02.2014.
- Эксперт-РА (2012) Рейтинг программ инновационного развития госкорпораций и компаний с государственным участием. Аналитические материалы. Форум русских инноваций (27 июня 2012 г.). М.: Эксперт-РА, Фонд «Сколково». Режим доступа: http://www.raexpert.ru/researches/pir_2012/pir_2012.pdf, дата обращения 06.04.2014.
- ARTEMIS (2013) Draft Annual Work Programme 2013 for the ARTEMIS Programs. Режим доступа: <http://www.artemis-ia.eu/call2013>, дата обращения 20.02.2014.
- Arvanitis S., Hollenstein H., Lenz S. (2002) The Effectiveness of Government Promotion of Advanced Manufacturing Technologies (AMT): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data // Small Business Economics. Vol. 19. № 4. P. 321–340.
- Balcerak E. (2013) Report Calls for “Transdisciplinary” Research and Collaboration Between Academia and Industry // Eos, Transactional American Geophysical Union. Vol. 94. № 20. 14 May. P. 183. Режим доступа: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013EO200003/pdf>, дата обращения 20.02.2014.
- Beaton M., Bull R.P. (1987) Justifying Investment in Advanced Manufacturing Technology. New York: Springer Science + Business Media.

- Berger S. (2013) *Making in America: From Innovation to Market*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Boër C., Pedrazzoli P., Bettoni A., Sorlini M. (2013) *Mass Customization and Sustainability: An Assessment Framework and Industrial Implementation*. London: Springer.
- CSST (2013) Subcommittee on Research and Technology Hearing — Examining Federal Advanced Manufacturing Programs. Committee on Science, Space and Technology, September 10. Режим доступа: <http://science.house.gov/hearing/subcommittee-research-and-technology-hearing-examining-federal-advanced-manufacturing>, дата обращения 20.02.2014.
- Davis C., Hogarth T., Gambin L., Breuer Z., Garrett R. (2012) *Sector Skills Insights: Advanced Manufacturing*. Evidence Report 48, July 2012. London: UK Commission for Employment and Skills.
- EOP, NSTC, AMNPO (2013) *National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design*. January. Washington, DC: Executive Office of the President, National Science and Technology Council, Advanced Manufacturing National Program Office.
- Factories of the Future PPP (2012) *FoF 2020 Roadmap*. Consultation document. Режим доступа: http://www.effra.eu/attachments/article/335/FoFRoadmap2020_ConsultationDocument_120706_1.pdf, дата обращения 21.02.2014.
- Forschungsunion, Acatech (2013) *Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0*. Final report of the Industrie 4.0 Working Group (April 2013). Forschungsunion, Acatech.
- Gertler M. (1993) *Implementing Advanced Manufacturing Technologies in Mature Industrial Regions: Towards a Social Model of Technology Production // Regional Issues*. Vol. 27. № 7. P. 665–680.
- Gibson I., Rosen D.W., Stucker B. (2010) *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*. New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer Science.
- Hoft R. (2011) *Lessons from Sematech // MIT Technology Review*, July 25. Режим доступа: <http://www.technologyreview.com/news/424786/lessons-from-sematech/>, дата обращения 20.02.2014.
- King C., Pendlebury D. (2013) *Research Fronts 2013*. 100 top-ranked specialties in the sciences and social sciences. April. Thomson Reuters. Режим доступа: <http://img.en25.com/Web/ThomsonReutersScience/1002571.pdf>, дата обращения 20.02.2014.
- Lei D., Hitt M., Goldar J. (1996) *Advanced Manufacturing Technology: Organizational Design and Strategic Flexibility // Organization Studies*. Vol. 17. № 3. P. 501–523.
- ManuFuture-EU (2011) *Next Generation Manufacturing: Manufacturing 2030*. Режим доступа: <http://www.manufuture2011.eu/presentations/Ps1-Implementation%20of%20ManuFuture%20Strategic%20Research%20Agenda/Engelbert%20Westk%C3%A4mper/Engelbert%20Westkamper.pdf>, дата обращения 19.02.2014.
- MIT (2013) *2013 Emerging Trends Report*. MIT Technology Review Special Issue. Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology. P. 51–60.
- NIST (2013) *Request for Information: Response Summary for the National Network for Manufacturing Innovation / Ed. M. Molnar*. NISTIR G2013-1050 (August). National Institute of Standards and Technology. Режим доступа: http://www.manufacturing.gov/docs/rfi_summary.pdf, дата обращения 20.02.2014.
- NRC (2003) *Securing the Future. Regional and National Programs to Support the Semiconductor Industry*. Washington, DC: National Research Council, National Academies Press.
- OECD (2011) *Competition Assessment Toolkit (in two volumes)*. Paris: OECD.
- Piller F., Tseng M. (2010) *Handbook of research in mass customization and personalization*. Volume 1: Strategies and concepts. New Jersey, London, Singapore, Beijing, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific.
- SEMATECH (1988) *Memorandum of Understanding*. Режим доступа: http://www.dod.mil/pubs/foi/Science_and_Technology/DARPA/10_F_0709Memorandum_ofUnderstandingSEMATECH.pdf, дата обращения 20.02.2014.
- Shipp S., Scott J., Weber C., Finnin M., Thomas S. (2012) *Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing*. Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses. Режим доступа: http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Emerging_Global_Trends_in_Advanced_Manufacturing.pdf, дата обращения 06.04.2014.
- Son Y., Park S. (1987) *Economic measure of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems // Journal of manufacturing systems*. Vol. 6. № 3. P. 193–207.
- STPI (2010) *White Papers on Advanced Manufacturing Questions*. Draft Working Papers Version 040510. April 5. Washington, DC: Science and Technology Policy Institute, P. II–III. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/advanced-manuf-papers.pdf>, дата обращения 06.04.2014.
- Tassy G. (2010) *Rationales and Mechanisms for Revitalizing U.S. Manufacturing R&D Strategies // Journal of Technology Transfer*. Vol. 35. № 3. P. 283–333.
- Voigt K. (2012) *China looks to lead the Internet of Things*. Режим доступа: <http://edition.cnn.com/2012/11/28/business/china-internet-of-things/>, дата обращения 13.03.2014.
- White House (2012) *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing*. Washington, DC: Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology. Режим доступа: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_17_2012.pdf, дата обращения 13.01.2014.
- White House (2013a) *Fact Sheet: The President's Plan to Make America a Magnet for Jobs by Investing in Manufacturing*. Washington, DC: The White House, Office of the Press Secretary. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/13/fact-sheet-president-s-plan-make-america-magnet-jobs-investing-manufactu>, дата обращения 20.02.2014.
- White House (2013b) *Obama Administration Launches Competition for Three New Manufacturing Innovation Institutes*. Режим доступа: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/05/09/obama-administration-launches-competition-three-new-manufacturing-innova>, дата обращения 20.02.2014.

Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development

Irina Dezhina

Head of Research Group on Science and Industrial Policy, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), and Head of Economics of Science and Innovations Division, Institute of World Economy and International Relations, Russian Academy of Sciences (IMEMO RAS). Address: 23 Profsoyuznaya str., Moscow 117997, Russia. E-mail: dezhdina@imemo.ru

Alexey Ponomarev

Vice-president, Industrial Cooperation & Governmental Programmes, Skolkovo Institute of Science and Technology (Skoltech), and Professor at the National Research University – Higher School of Economics. Address: 100 Novaya str., Skolkovo, Odintsovsky District, Moscow Region 143025, Russia. E-mail: ponomarev@skolkovotech.ru

Abstract

The article presents the economic concepts of advanced manufacturing and suggests promising interconnected technologies that could lead to new industrial infrastructures. The authors estimate Russia's standing in popular areas of advanced manufacturing (e.g. 3D-printing, Internet of things, and composite materials). An analysis of government policies for advanced manufacturing in the USA and UK revealed several common elements, which include creation of consortia, dissemination of diagnostic monitoring, and implementation of systemic measures that link training of personnel, support of research and development, and small businesses. The focus on the later pre-competitive stages of product development by the industrial consortia has been shown to be an improvement over their previous practices. We analyse actual practices in Russia in the

context of previous experiences of cooperation between research institutions, universities, and industry, and we consider the major hurdles related to the current state of research, financing, and management in the relevant technological fields.

The article suggests organizational measures to support advanced manufacturing technologies by linking them to existing infrastructural projects and development programs that are currently implemented in Russia. Consortia involving research institutions and industrial companies are identified as the core for the development of advanced manufacturing. These consortia, which can be based at universities, will concentrate on applied research and development and prototyping of new technologies, as well as on personnel training for the new technological fields and industries.

Keywords

advanced manufacturing; government policy; industry; consortia; new industrialization; diagnostic monitoring; policy tools

Citation

Dezhina I., Ponomarev A. (2014) Advanced Manufacturing: New Emphasis in Industrial Development. *Foresight-Russia*, vol. 8, no 2, pp. 16–29

References

- ARTEMIS (2013) *Draft Annual Work Programme 2013 for the ARTEMIS Programs*. Available at: <http://www.artemis-ia.eu/call2013>, accessed 20.02.2014.
- Arvanitis S., Hollenstein H., Lenz S. (2002) The Effectiveness of Government Promotion of Advanced Manufacturing Technologies (AMT): An Economic Analysis Based on Swiss Micro Data. *Small Business Economics*, vol. 19, no 4, pp. 321–340.
- Auzan A. (2013) Missiya universiteta: vzglyad ekonomista [University's Mission: View of Economist. *Voprosy obrazovaniya* [Journal of Educational Studies], no 3, pp. 266–286.
- Balcerak E. (2013) Report Calls for “Transdisciplinary” Research and Collaboration Between Academia and Industry. *Eos, Transactional American Geophysical Union*, vol. 94, no 20 (14 May), p. 183. Available at: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2013EO200003/pdf>, accessed 20.02.2014.
- Beaton M., Bull R.P. (1987) *Justifying Investment in Advanced Manufacturing Technology*, New York: Springer Science + Business Media.
- Berger S. (2013) *Making in America: From Innovation to Market*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Boër C., Pedrazzoli P., Bettoni A., Sorlini M. (2013) *Mass Customization and Sustainability: An Assessment Framework and Industrial Implementation*, London: Springer.
- CMASF (2013) Monitoring i analiz tekhnologicheskogo razvitiya Rossii i mira [Monitoring and Analysis of Technological Development in Russia and Worldwide], no 3 (October), Moscow: CMASF. Available at: http://www.forecast.ru/_ARCHIVE/HT_Mons/2013/2013_q3.pdf, accessed 14.02.2014.
- CSST (2013) *Subcommittee on Research and Technology Hearing — Examining Federal Advanced Manufacturing Programs*, Committee on Science, Space and Technology, September 10. Available at: <http://science.house.gov/hearing/subcommittee-research-and-technology-hearing-examining-federal-advanced-manufacturing>, accessed 20.02.2014.
- Davis C., Hogarth T., Gambin L., Breuer Z., Garrett R. (2012) *Sector Skills Insights: Advanced Manufacturing* (Evidence Report 48, July 2012), London: UK Commission for Employment and Skills.

- Dezhina I., Simachev Yu. (2013) Svyazannye granty dlya stimulirovaniya partnerstva kompanii i universitetov v innovatsionnoi sfere: startovye efekty primeneniya v Rossii [Matching Grants for Stimulating Partnerships between Companies and Universities in Innovation Area: Initial Effects in Russia]. *Zhurnal novoi ekonomicheskoi assotsiatsii* [The Journal of the New Economic Association], no 3, pp. 99–122.
- EOP, NSTC, AMNPO (2013) *National Network for Manufacturing Innovation: A Preliminary Design. January*, Washington, DC: Executive Office of the President, National Science and Technology Council, Advanced Manufacturing National Program Office.
- Expert-RA (2012) *Reiting programm innovatsionnogo razvitiya goskorporatsii i kompanii s gosudarstvennym uchastiem. Analiticheskie materialy. Forum russkikh innovatsii (27 iyunya 2012 g.)* [Rating of Innovation Development Programmes for the State-owned Companies. Analytical Notes to the Russian Innovation Forum (27 June 2012)], Moscow: Expert-RA, Skolkovo Foundation. Available at: http://www.raexpert.ru/researches/pir_2012/pir_2012.pdf, accessed 06.04.2014.
- Factories of the Future PPP (2012) *FoF 2020 Roadmap. Consultation document*, Available at: http://www.effra.eu/attachments/article/335/FoFRoadmap2020_ConsultationDocument_120706_1.pdf, accessed 21.02.2014.
- Forschungsunion, Acatech (2013) *Securing the future of German manufacturing industry. Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group (April 2013)*, Forschungsunion, Acatech.
- Gertler M. (1993) Implementing Advanced Manufacturing Technologies in Mature Industrial Regions: Towards a Social Model of Technology Production. *Regional Issues*, vol. 27, no 7, pp. 665–680.
- Gibson I., Rosen D.W., Stucker B. (2010) *Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing*, New York, Heidelberg, Dordrecht, London: Springer Science.
- Gokhberg L., Zaichenko S., Kitova G., Kuznetsova T. (2011) Nauchnaya politika: global'nyi kontekst i rossiiskaya praktika [Science Policy: Global Context and Russian Practice], Moscow: HSE.
- Gorbatova A. (2014a) *Na razvitie inzhiniringa budet vydeleno 8 milliardov rublei* [8 Billion Roubles Will Be Spent on the University's Development]. Available at: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=221&d_no=73016#.UwxxwYV043k, accessed 25.02.2014.
- Gorbatova A. (2014b) *Tekhnologicheskie metamorfozy* [Technological Metamorphoses]. Available at: http://www.strf.ru/material.aspx?CatalogId=222&d_no=73040#.Ut1iHSdfrIU, accessed 20.02.2014.
- Hoft R. (2011) Lessons from Sematech. *MIT Technology Review*, July 25. Available at: <http://www.technologyreview.com/news/424786/lessons-from-sematech/>, accessed 20.02.2014.
- HSE (2014) *Indikator nauki: 2014. Statisticheskii sbornik* [Science and Technology Indicators in the Russian Federation: 2014. Data Book], Moscow, HSE.
- King C., Pendlebury D. (2013) *Research Fronts 2013. 100 top-ranked specialties in the sciences and social sciences* (April), Thomson Reuters. Available at: <http://img.en25.com/Web/ThomsonReutersScience/1002571.pdf>, accessed 20.02.2014.
- Kiselev V., Yakovleva M. (2012) Innovatsionnye vauchery — novyi instrument podderzhki innovatsionnoi deyatelnosti [Innovation Vouchers — A New Tool of Fostering Innovation]. *Innovatsii*, no 4, pp. 2–6.
- Knyaginina V. (2013) *Osnovnye trendy v novom pokolenii proizvodstvennykh tekhnologii. Materialy k vystupleniyu na rasshirennom zasedanii rabochei gruppy Ekonomicheskogo soveta pri Prezidente RF po napravleniyu «Otraslevaya i infrastruktural'naya politika»* [Main Trends in New Generation of Producing Technologies. Notes to Speech on Extended Meeting of Working Group of Presidential Economic Council on Industrial and Infrastructural Policy], Moscow, 10.06.2013.
- Labykin A. (2014) *Promyshlennoe poslezavtra* [Far Future of Industry]. *Expert Online*, 17.01. Available at: <http://expert.ru/2014/01/17/promyshlennoe-poslezavtra/>, accessed 20.02.2014.
- Lei D., Hitt M., Goldar J. (1996) Advanced Manufacturing Technology: Organizational Design and Strategic Flexibility. *Organization Studies*, vol. 17, no 3, pp. 501–523.
- ManuFuture-EU (2011) *Next Generation Manufacturing: Manufacturing 2030*. Available at: <http://www.manufacture2011.eu/presentations/Ps1-Implementation%20of%20ManuFuture%20Strategic%20Research%20Agenda/Engelbert%20Westk%20Westkamper.pdf>, accessed 19.02.2014.
- MIT (2013) *2013 Emerging Trends Report (MIT Technology Review Special Issue)*, Cambridge, MA: Massachusetts Institute of Technology, pp. 51–60.
- NIST (2013) *Request for Information: Response Summary for the National Network for Manufacturing Innovation* (ed. M. Molnar) (NISTIR G2013-1050, August), National Institute of Standards and Technology. Available at: http://www.manufacturing.gov/docs/rfi_summary.pdf, accessed 20.02.2014.
- NRC (2003) *Securing the Future. Regional and National Programs to Support the Semiconductor Industry*, Washington, DC: National Research Council, National Academies Press.
- OECD (2011) *Competition Assessment Toolkit* (in two volumes), Paris: OECD.
- Piller F., Tseng M. (2010) *Handbook of research in mass customization and personalization. Volume 1: Strategies and concepts*, New Jersey, London, Singapore, Beijing, Shanghai, Hong Kong, Taipei, Chennai: World Scientific.
- Ratnikov A. (2013) *Soyuz truda i kapitala. Ekonomisty zagovorili o «novoi industrializatsii» SShA* [Unit of Labor and Capital. Economists Discuss the “New Industrialisation” in US]. Available at: <http://lenta.ru/articles/2013/12/10/usaindustry/>, accessed 13.02.2014.
- SEMATECH (1988) *Memorandum of Understanding*. Available at: http://www.dod.mil/pubs/foi/Science_and_Technology/DARPA/10_F_0709Memorandum_ofUnderstandingSEMATECH.pdf, accessed 20.02.2014.
- Shipp S., Scott J., Weber C., Finin M., Thomas S. (2012) *Emerging Global Trends in Advanced Manufacturing*, Alexandria, VA: Institute for Defense Analyses. Available at: http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Emerging_Global_Trends_in_Advanced_Manufacturing.pdf, accessed 06.04.2014.
- Son Y., Park S. (1987) Economic measure of productivity, quality and flexibility in advanced manufacturing systems. *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 6, no 3, pp. 193–207.
- STPI (2010) *White Papers on Advanced Manufacturing Questions. Draft Working Papers Version 040510* (April 5), Washington, DC: Science and Technology Policy Institute, p. II–III. Available at: <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/advanced-manuf-papers.pdf>, accessed 06.04.2014.
- Tassy G. (2010) Rationales and Mechanisms for Revitalizing U.S. Manufacturing R&D Strategies. *Journal of Technology Transfer*, vol. 35, no 3, pp. 283–333.
- Voigt K. (2012) *China looks to lead the Internet of Things*. Available at: <http://edition.cnn.com/2012/11/28/business/china-internet-of-things/>, accessed 13.03.2014.
- White House (2012) *Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing*, Washington, DC: Executive Office of the President, President's Council of Advisors on Science and Technology. Available at: http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_17_2012.pdf, accessed 13.01.2014.
- White House (2013a) *Fact Sheet: The President's Plan to Make America a Magnet for Jobs by Investing in Manufacturing*, Washington, DC: The White House, Office of the Press Secretary. Available at: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/02/13/fact-sheet-president-s-plan-make-america-magnet-jobs-investing-manufactu>, accessed 20.02.2014.
- White House (2013b) *Obama Administration Launches Competition for Three New Manufacturing Innovation Institutes*. Available at: <http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/05/09/obama-administration-launches-competition-three-new-manufacturing-innova>, accessed 20.02.2014.