

© 2020

Олег Сухарев

доктор экономических наук, профессор,
главный научный сотрудник Института экономики
Российской академии наук
(e-mail: o_sukharev@list.ru)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ: СОВРЕМЕННОСТЬ И НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ

В статье проводится сопоставительный анализ особенностей реализации доктрины «Индустрия 4.0.» в странах лидерах технологического развития с целью выявления характерных особенностей — общих и отличающихся по этим странам, что позволяет выделить технологическую компоненту изменений в современной промышленности и экономики как центральное звено происходящих изменений. Этот опыт и проводимые исследования в рамках «индустрии 4.0.» полезны для российской экономики, где остра проблема преодоления технологического отставания и создания нового режима инновационной динамики, обеспечивающей экономический рост нового качества. Применение компаративных методов сравнения по вводимым критериям, а также анализ предварительных результатов многочисленных исследований, посвящённых развёртыванию «индустрии 4.0.», совместно с элементами эконометрического моделирования и регрессионного анализа позволили установить, что технологические изменения в российской экономике происходили при сокращении числа агентов-новаторов и фирм-новаторов, характеризовались относительно невысоким и неустойчивым уровнем технологичности по базисным секторам экономики.

Ключевые слова: технологичность, индустриализация, новые и старые технологии, экономический рост, новаторы, консерваторы, инновационная динамика.

DOI: 10.31857/S020736760010587-4

Экономическая динамика в наиболее развитых странах во многом определяется интенсивностью внедрения новых технологий. Это относится и к индустрии, но также и к другим экономическим секторам — транзакционным и сырьевым, эффективность которых определяется уровнем их технологичности. Однако индустрия, создающая средства производства, приборы, аппаратную базу, информационно-коммуникационные системы в значительной степени предопределяет возможности повышения уровня технологичности всех видов деятельности и свой собственный технологический уровень. Технологичность определяется сочетанием уже применяемых (старых) и вновь созданных технологий. Фактически, соотношение производства на новых и старых технологиях определяет технологический уровень экономики.

Современная индустриализация: старые и новые технологии. Сегодня в наиболее развитых странах сформировалась парадигма развития под общим названием «Индустрия 4.0.», которая обозначает интенсивное развитие новых технологий, включая цифровые технологии. Новые технологии внедряются неравномерно в различных экономиках и, более того, создают неравные конкурентные преимущества. Они по-разному взаимодействуют с уже сложившимся в конкретной экономике технологическим базисом. Рядом исследователей предпринимаются попытки

измерить факторы сопротивления внедрению новых технологий «индустрии 4.0.», относимых к классу цифровых технологий¹, причём утверждается, что информации по продвижению «индустрии 4.0.» на текущий момент недостаточно, чтобы реализовать стратегию создания единого цифрового рынка, например, для стран Европейского Союза. Оцениваются барьеры при внедрении новых технологий в производстве² для разных групп стран — развитых и развивающихся. При этом как дефицит ресурсов для внедрения технологий, так и отсутствие стратегического плана выступают наиболее релевантными барьерами на пути внедрения новых технологий. Для развивающихся стран стимулирование внедрения новых технологий предполагает государственное регулирование и создание институтов (включая стандарты). Для развитых стран — эффективную технологическую инфраструктуру, слабость которой ограничивает возможности даже этих стран. Обратим внимание, что наличие стратегии в развитых странах (см. табл. 1) может не перевесить данный барьер, значимость которого обычно особо подчёркивается.

Учитывая, что информация об изменении факторов сопротивления внедрению новых технологий изменяется, соразмерно с самими факторами, предложить единые способы их преодоления с тем, чтобы стимулировать новые технологии не представляется возможным для разных стран. Это создаёт специфику и уникальность развёртывания парадигмы «Индустрия 4.0.» в различных странах. Одновременно, следует отметить, что доля индустрии в объёме ВВП обычно снижается, а уровень технологичности экономики в целом возрастает, что и говорит о технологической индустриализации, составляя её основное содержание на современном этапе.

Таблица 1

Сравнительная характеристика стратегий индустриального развития

Параметр	«Индустрия 4.0.» (Германия) (Stockab T., Seligerab G., 2016; Santos K. et al., 2017)	Консорциум промышленного интернета (США)	«Интернет плюс» и «Произведено в Китае — 2025» (Китай) (Zhao J., Tang J., 2018)
Субъекты управления стратегией — агенты спроса и предложения	Федеральное правительство, научные круги, частный сектор	Федеральное правительство, научные круги, частный сектор	Федеральное правительство, научные круги, частный сектор
Модель стимулирования и регулирования	Государственная промышленная политика	Частные компании и некоммерческие организации	Государственная промышленная политика

¹ Castelo-Branco, I., F. Cruz-Jesus, T. Oliveira. Assessing Industry 4.0 readiness in manufacturing: Evidence for the European Union// Computers in Industry, 2019. Vol. 107, pp. 22–32.

² Raj, A., G. Dwivedi, A. Sharma, A.B.S. Jabbour, and S. Rajak. Barriers to the adoption of industry 4.0 technologies in the manufacturing sector: An inter-country comparative perspective// International Journal of Production Economics, 2019 In press.

Отраслевая направленность	Производственные системы, машиностроение	Промышленный Интернет	Интернет, производство, электронные системы розничной торговли
Технологические приоритеты	Встроенные системы, автоматизация, робототехника	Создание новых сфер и практических приложений	Технологическая модернизация традиционных отраслей, разработка и внедрение новых технологий для роста экономики
Индустриальные приоритеты	Развитие аппаратных средств (роботы, производственное оборудование, автоматизация)	Расширение доступа к базам данных и создание цифровой среды (интеграция с физической средой)	Структурная трансформация промышленности (акцент на человеческий потенциал, методы управления)
Эффективность	Снижение трудоёмкости, материалоёмкости и энергоёмкости производств, управление поставками и качеством	Рост доходности активов	Выполнение всех нормативов эффективности по труду, капиталу, ресурсам, информации
Стандартизация (Jiang H., Zhao S., 2017) и бизнес-подход	Направлена на организацию труда, упорядочение операций и функций, обеспечение доступа к продукции, посредством цифровизации промышленности	Разработка нормативов (платформ) – будущих стандартов, использование интернет-приложений	Унификация (Jiang H. et al., 2017) показательных промышленных установок, передача передового опыта, интернет как способ продвижения товаров на разных рынках, обеспечение конкурентоспособности

Источник: Сухарев О.С., Ворончихина Е.Н. Факторы экономического роста: эмпирический анализ индустриализации и инвестиции в технологическое обновление // Вопросы экономики, 2018, № 6; Сухарев О.С., Ворончихина Е.Н. Стратегия индустриализации экономики // М.: Ленанд, 2019. С. 51–52.

Таким образом, современная модель индустриальных изменений выражается в снижении доли промышленности в ВВП, однако роль технологий резко возрастает. При этом реализуется программный принцип развития цифровых технологий – основного блока в «Индустрии 4.0.»³. Поэтому данный процесс и обозначают как «технологическую индустриализацию», полагая, что это особый тип индустриального развития, требующий изменений и в инновационной политике каждой страны. Акценты этой политики (на образование, экологию, либо государственное регулирование и предоставление услуг, науку и научно-технические

³ Kuo, C-C, Shyu J.Z., K. Ding. Industrial revitalization via industry 4.0. /A comparative policy analysis among China, Germany and the USA // Global Transitions, 2019. № 1, pp. 3–14.

факторы) могут определить тот или иной результат реализации указанных программ. Кроме того инновации требуют ещё и соответствующей подготовки кадров, причём, перемещение трудового ресурса во многом, помимо состояния фондовой базы, определяет инновационную динамику.

Тем самым здесь соревнуются два процесса — отвлечение кадров, занятых в старых производствах и соответственно обслуживающих старые технологии, и подготовка новых кадров для новых производств и технологий. Первый процесс следует обозначить как отвечающий принципу «созидательного разрушения», когда ресурс отвлекается от старого в пользу нового, но применительно к кадрам требуется переобучение. Второй процесс — это подготовка сразу новых кадров. Его можно обозначить как «комбинаторное наращивание», когда технологические знания суммируются, и отвлечения ресурсов в значительном объёме не требуется. Конечно, оба процесса некоторым образом соседствуют и влияют друг на друга, зависят от многих параметров: состояния фондов, научной и технической базы, уровня образования и состояния образовательной системы и проведения исследовательских и опытно-конструкторских разработок, инвестиций, спроса на новые технологии и кадры, и т.д. При «комбинаторном наращивании», когда по идее должны готовиться кадры под новые технологии, возможны два варианта. Во-первых, кадры готовятся под уже известные новые технологии. Во-вторых, идёт подготовка кадров, которые способны сами создавать новые технологии. Это два принципиально разных вектора ориентации образовательной и научной системы, конечно, они присутствуют оба в реальной жизни, но значение имеет соотношение между ними и качество подготовки новых кадров. Вместе с тем, следует отметить, что будущее, особенно технологическое, несмотря на известность канонов развития науки и техники и определённую инерцию в этой сфере, тем не менее, зачастую неизвестно тем, кто обучает. Да и научить будущему знанию невозможно, если это знание не открыто, неизвестно. В связи с чем, не более чем риторическим приёмом необходимо считать требование обучения будущему знанию. В таком случае может быть провалена текущая подготовка, потеряны компетенции по освоению знаний как таковых. Поэтому процесс обучения и подготовки будет всецело определять итоговый результат в рамках данного аспекта проблемы.

Таким образом, перемещение кадров от старых производств и технологий к новым производствам и технологиям, создание кадров под новые типы производств и современные технологии определяют процесс технологического обновления и развития.

Модная терминология типа конвергенции и дивергенции технологий, на мой взгляд, копирует методы конвергенции, дивергенции, трансформации, используемые при решении проектировочных задач⁴. Аналогом выступают и NBIC-технологии, где в самом термине предполагается конвергенция. Однако конвергенция в виде взаимодействия и связи технологий — это не то же самое, что принцип «комбинаторного

⁴ Джонс Дж. К. Методы проектирования // М.: Мир, 1986. 326 с.

наращивания», когда формируется принципиально новый усиленный эффект при одновременном использовании или дополнении технологий. К тому же обозначение данного эффекта в определённом смысле противопоставляется эффекту «созидательного разрушения», согласно которому технологическая эволюция описывается посредством отвлечения ресурса (и не только труда) от старых технологических возможностей в пользу новых.

Однако, подобное представление уже не отражает реальности, когда без добавочного ресурса в условиях значительной «технологической аккумуляции» становится возможным технологический прорыв, если верно определить технологическое усиление — взаимодействие, то есть связать технологии. Нужно отметить, что такое «технологическое решение» может не потребовать значительного инвестиционного ресурса, добавочного капитала или трудового ресурса, однако оно может состояться только при соответствующей подготовке и квалификации труда, то есть за счёт накопленного и развитого так называемого интерспецифического ресурса.

Следовательно, фирмы и экономика в целом должны обладать таким ресурсом, то есть интеллектуальным потенциалом, с помощью которого реализовать принцип «комбинаторного наращивания». Таким образом, технологическое развитие привязывается не только к капиталу (инвестициям), но и к исходному интеллектуальному ресурсу, который должен быть накоплен и без которого вряд ли возможно реализовать принцип «комбинаторного наращивания» в области технологического развития.

При этом возникает проблема, сводимая к тому, какое отвлечение возможно и какую величину финансового ресурса оно потребует. От способности обучить новому зависит итоговый результат. Однако оценка величины потребности в этих вновь подготавливаемых кадрах также является актуальной. Она связана с масштабом развития новых производств и технологий, причём последние зависят от новых знаний и новых кадров, а также от накопленного ранее и до сего момента невостребованного по разным причинам технологического задела.

Именно эти новые кадры вместе с теми, кто проходит переобучение, по идее должны освоить этот накопленный задел и предпринять усилия по его наращиванию — развитию. В этом состоит технологическая индустриализация, которую без соответствующих кадров представить невозможно, поскольку только люди являются носителем технологического знания и создателем этого знания. Может изменяться как доля промышленности в ВВП, так и технологический уровень производства, тем самым, задавая два базовых параметра индустриализации — общий (по величине доли и уровню доминирования промышленности в экономике страны) и специальный — по уровню технологичности.

Технологичность в техническом смысле означает получение некоего результата — увеличения объема одного и того же (продукта, услуги) с использованием меньшего объёма материальных ресурсов (материалов, энергии) либо большего результата при той же величине ресурсов. Такое представление о технологичности используется в экономике, так

как оно исходит из задачи экономии (но и в технике при выборе технических решений используют принцип экономичности изделия). Однако возможны варианты оценки, например, по числу новых технологий в общем объёме применяемых технологий, либо по соотношению объёма производства на новых технологиях и объёма производства на старых технологиях.

Учитывая, что новые технологии появляются на базе НИОКР, возможна оценка величины затрат на НИОКР в общем объёме производственных расходов или добавленной стоимости либо расходов на технологические инновации, что также может служить делу оценки сложившегося режима инновационной динамики и технологического обновления. Когда речь заходит о новых и старых технологиях, необходимой становится классификация технологий, то есть, разделение их на новые и старые технологии — уже используемые. Обычно вновь созданные передовые технологии относят к новым технологиям, а уже используемые более двух лет — к старым технологиям.

Данные подтверждают необходимость оценки уровня индустриализации не только с точки зрения величины доли индустрии в ВВП, но и её технологичности. В частности, в Европейском Союзе около 17% ВВП создаёт промышленность, в которой занято порядка 32 миллионов человек⁵. Значительная доля производств расположена в развивающихся странах, что своеобразно вытесняет производства из передовых стран⁶. Однако, важно отметить, что, если страны БРИКС, а именно Китай, Индия и Бразилия, повысили долю своего производства, то страны Европейского Союза за период 1990–2000 гг. понизили долю промышленности в ВВП с 36 до 25%⁷, одновременно повышая скорость ввода новых технологий, то есть, увеличивая интенсивность процесса технологического обновления⁸.

Тем самым сокращение доли производства в ВВП происходило для многих стран одновременно с повышением уровня технологичности, причём различных секторов экономики. Это расширяло возможности промышленности по насыщению рынка товарами, при относительном уменьшении доли по причине опережающего роста иных секторов. В ряде стран были приняты программы «Индустрия 4.0.», причём неверно сводить их только к цифровизации промышленности и экономики. Они много шире и затрагивают коренную основу технологического обновления этих стран.

Лидируют в реализации программ «Индустрия 4.0.» Германия, США, Китай, Япония, где приоритетны такие технологические направления

⁵ Tsai, D.A. The effects of dynamic industrial transition on sustainable development // *Structural Change and Economic Dynamics*, 2017.

⁶ Andergassen, R., F. Nardini and M. Ricottilli. Innovation diffusion, general purpose technologies and economic growth // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2017. Vol. 40, pp. 72–80.

⁷ Fu, X., C. Pietrobelli, and L. Soete. 2011. The Role of Foreign Technology and Indigenous Innovation in the Emerging Economies: Technological Change and Catching-up. // *World Development*, 2011. Vol. 39, pp. 1204–1212.

⁸ Сухарев О.С., Ворончихина Е.Н. Факторы экономического роста: эмпирический анализ индустриализации и инвестиции в технологическое обновление // *Вопросы экономики*, 2018. № 6.

как нанотехнологии, робототехника, биоинженерия, искусственный интеллект и др.⁹.

Вместе с тем, стратегия цифровизации является стержневой программой в рамках реализации доктрины «Индустрия 4.0.», притом, что эта доктрина не ограничивается только переходом на цифровые технологии. Так, в Германии «Индустрия 4.0.»¹⁰ охватывает почти все секторы средств производства, в США — создан консорциум промышленного интернета, а в Китае — программа «Интернет плюс»¹¹ и программа «Произведено в Китае — 2025».

Таким образом, вопросы внедрения цифровых технологий рассматриваются совместно с развёртыванием новых средств производства в этих странах. Тем самым они в определённом смысле подчинены более значимым задачам развития производства, содержательной его стороны, а не только совершенствованию или развёртыванию информационной и коммуникационной инфраструктуры, которые, безусловно, также важны и состояние которых определяют конкурентные преимущества для производителей этих стран.

Конечно, в стратегии «Индустрия 4.0.» в ряде передовых стран общим местом является цифровизация производства (табл. 1). Причём приведенные в таблице 1 страны оказывают сильное влияние на распространение цифровых технологий в мире, а характеристика их программ развития цифровых технологий дана по следующим параметрам: субъекты управления, модель регулирования, отраслевые, технологические и промышленные приоритеты, эффективность и разработка нормативов.

Наличие различий в реализации доктрины «Индустрии 4.0.» обусловлено, по всей видимости, не только тем, что отличаются сложившиеся модели экономического роста и технологических изменений по этим странам, но и отличиями в исходных условиях функционирования индустриально-технологической базы — институтах, ресурсах, системе образования и науки, экономических структурах и т.д.

Более того, отсутствие должной координации национальных политик, учитывая эффекты глобального распространения технологий, будет в определённой степени тормозить это распространение. Сравнительные исследования, например, китайского и немецкого подхода в рамках доктрины «Индустрия 4.0.» подтверждают, что возможности решения поставленных в программах задач (увеличения промышленно-технологического потенциала) упираются в быстро изменяющуюся реальность, когда китайский труд уже не является самым дешёвым, а в мире появляются

⁹ Luo, J., A.L. Olechowski, C.L. Magee. Technology-based design and sustainable economic growth // *Technovation*, 2014. Vol. 34, pp. 663–677; Carvalho, N., Omar, C., Edson, C., and G. Mateus. Manufacturing in the fourth industrial revolution: A positive prospect in Sustainable Manufacturing // *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 21, pp. 671–678.

¹⁰ Lu, Ya. Industry 4.0: A survey on technologies, applications and open research issues // *Journal of Industrial Information Integration*. 2017. № 6, pp. 1–10.

¹¹ Liu, S.M., Yu. Kim. Special issue on internet plus government: New opportunities to solve public problems? // *Government Information Quarterly*. 2018. Vol. 35, pp. 88–97.

новые конкуренты по этому направлению¹². Относительно цифровых технологий лидерство обеспечивают США, Германия и Япония, прибегая, в том числе, к нестандартным методам борьбы в виде торговых противодействий и сдерживания развития (эффект санкций).

«Индустрия 4.0.» сводится к таким направлениям как «интернет вещей»¹³, информационно-коммуникационные технологии, промышленный интернет, облачные производства¹⁴, затрагивает архитектуру предприятий и процессы интеграции производства. Новые технологии делают производство высокоинтеллектуальным, и создают аппарат управления именно такой промышленностью. Однако, новые технологии внедряются на разных уровнях организации и синхронность ввода обеспечить проблематично, что порождает эффект нестыковки, с увеличением затрат и сопротивлением внедрению этих технологий. Использование значительного объёма новой информации и данных предполагает развитие аналитических центров предприятий и особые требования к аналитической работе и принятию решений, причём не только имеющих стратегическую, так и тактическую перспективу. Таким образом, речь идёт о возникновении «умных фирм»¹⁵, которые могут возникнуть только при соответствующей величине открытости вводу новых технологий, что увеличит их производительность. Остаётся без ответа проблема устаревания инноваций, технологий и перевода занятых в их обслуживании работников на новые виды производства, переходящего на новые технологии. Этот процесс характеризуется как созидательным разрушением, но и одновременно «комбинаторным наращиванием» — эффектом, в рамках которого создаётся новый персонал под новые технологии, что снижает издержки на переподготовку кадров.

Измерение не только факторов развития индустрии 4.0. или барьеров, но и степени готовности к внедрению новых технологий¹⁶ составляет ещё одно направление анализа. Таким образом, речь идёт о следующих направлениях исследований:

- измерение уровня индустриализации экономики в общем (по доле индустриальных секторов в ВВП) и специальном смысле — по технологической структуре, что позволяет получить оценку исходного уровня индустриализации 4.0. и текущей динамики развития, а также осуществить страновые сопоставления;

- измерение факторов развития «индустрии 4.0»;

¹² Li, L. China's manufacturing locus in 2025: With a comparison of «Made-in-China 2025» and «Industry 4.0. // *Technological Forecasting & Social Change*. 2018. Vol. 135, pp. 66–74.

¹³ Имеются исследования, в которых отмечается, что данные термины являются синонимами (Kamble, et al., 2018).

¹⁴ Franka, A.G., L.S. Dalenogareb, and N.F. Ayala. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies // *International Journal of Production Economics*. 2019. Vol. 210, pp. 15–26.

¹⁵ G. Büchi, M. Cugno and R. Castagnoli. Smart factory performance and Industry 4.0. // *Technological Forecasting & Social Change*, 2020. Vol. 150. In press.

¹⁶ Pacchini, A.P.T., W.C., Lucato, F. Facchini, and G. Mummolo. The degree of readiness for the implementation of Industry 4.0. // *Computers in Industry*. 2019. Vol. 113.

- измерение барьеров и механизмов сопротивления вводу новых технологий по программам «Индустрия 4.0.»;
- оценка готовности к вводу новых технологий;
- расчёт чувствительности уровня технологичности компании или страны к инвестициям в новые технологии и в старые технологии, что даёт дополнительную информацию о готовности к технологическому обновлению и реакции на него, а также может корректировать методы инвестиционной и инновационной политики;
- оценка эффективности новых технологий («Индустрии 4.0.»), например, на основе расчёта и сопоставления отраслевых параметров¹⁷, сводимых к агрегированному индексу эффективности (большие данные, безопасность коммуникации и компьютеров, киберфизические системы).

Четвёртую промышленную революцию можно связывать с новыми технологиями получения знаний¹⁸, затем их переработки и применения на практике. Расширение такой сферы деятельности и применяемых в ней новых технологий приводит к тому, что фактически возникает новая социальная ценность, связанная с продлением жизни, постоянным совершенствованием человеческих знаний и возможностей и т.д. Экология, информация, знание, занятость образованного населения — это и составляет тематику и направления четвёртой промышленной революции. Если экологические проблемы, горизонтальные связи, энергетика составляли тематику третьей революции, то эти акценты преобразовались, технологически усилились и по-новому предстают в рамках четвёртой промышленной революции.

Однако сложность развёртываемых процессов и всеохватность настолько высока, что научно-аналитические усилия по измерению, оценке, выявлению закономерностей и связей между наблюдаемыми явлениями сохраняют высокую актуальность и перспективу научных исследований в рамках экономического анализа условий и движущих факторов четвёртой индустриальной революции.

Некоторые аспекты оценки уровня технологичности и инновационной динамики. Уровень индустриализации экономики и сложившаяся модель технологического развития создают возможности расширения инноваций по всем направлениям и определяют вклад инноваций в темп экономического роста. Инновационная динамика зависит от изменения числа новаторов, поскольку именно они реализуют новые комбинации (создают новые продукты, технологии, организационные формы, осваивают новые рынки, реорганизуют производство,

¹⁷ H. Atika and F. Ünlüa. The Measurement of Industry 4.0 Performance through Industry Index: An Empirical Investigation for Turkey and European Countries. // 3rd World Conference on Technology, Innovation and Entrepreneurship, Procedia Computer Science? 2019. Vol. 158, pp. 852–860.

¹⁸ S. Vaidyaa, P. Ambadb, and S. Bhosle. Industry 4.0 – A Glimpse.// 2nd International Conference on Materials Manufacturing and Design Engineering, Procedia Manufacturing. 2018, Vol. 20, pp. 233–238; Su, H.-N., and I.M. Moaniba. Investigating the dynamics of interdisciplinary evolution in technology developments // Technological Forecasting and Social Change. 2017. Vol. 122, pp. 12–23; Pereira, A.C., and F. Romero. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept // Procedia Manufacturing. 2017. Vol.13, pp. 1206–1214.

открывают новые ресурсы развития) в отличие от агентов-консерваторов, ориентирующихся на сохранении своих позиций на рынке, в производстве каких-то продуктов и услуг, поддерживающих уже освоенные технологии в рамках сложившихся организационных форм. При этом они, как правило, не имеют сильных мотивов для реорганизации производства. Это две принципиально полярные модели агентского поведения. Причём новаторы генерируют новизну и соответственно новую экономическую динамику, связанную с отвлечением ресурсов от существующих комбинаций (технологий) в пользу новых комбинаций. Кроме этого, они также создают новые ресурсы под новые генерируемые возможности развития. Следовательно, появление новизны связано с деятельностью исследователей-новаторов. Согласно Всемирному банку, исследователи – это агенты, занимающиеся профессиональной деятельностью в сфере разработки концепции или создания новых знаний, продуктов, процессов, методов и систем, а также управления проектами¹⁹. Безусловно, такой вид деятельности является новаторским. Будем считать таких агентов новаторами, разницу между общей величиной занятых и числом новаторов будем считать агентами-консерваторами. Можно определить фирму-новатора как такое инновационное предприятие, продукты (услуги) которого являются новыми, по меньшей мере, для некоторых потребителей и данные продукты (услуги) не производятся (не предоставляются) другими фирмами, либо крайне небольшим количеством фирм²⁰. Фирмы-консерваторы можно определить как разницу между общим числом фирм и фирм-новаторов.

Как видим, в отличие от учёта инноваций в российской системе статистического учёта (форма 4–4а), тиражированию инноваций придаётся меньшее значение, если не сказать, что подобный учёт старается исключить тиражирование. Тем самым удаётся дать оценку условно чистого влияния фирм-новаторов на экономическое развитие. Исследование этой проблемы требует развёртывания изысканий по определению следующих возможных связей и взаимного влияния между такими параметрами:

- числом агентов новаторов (фирм-новаторов) и числом новых технологий²¹, а также числом агентов-консерваторов (фирм-консерваторов) и числом старых технологий;

- технологичностью экономики, под которой можно понимать отношение объёма производства на новых к объёму производства на старых технологиях, числом новаторов, консерваторов, а также числом новых и старых технологий;

- технологичностью и инвестициями в новые и старые технологии, что позволит установить модель технологического развития экономики

¹⁹ Источник: Всемирный банк <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>

²⁰ Данное представление даётся согласно Мировому атласу данных: <https://knoema.ru/GEMAP2019/global-entrepreneurial-behaviour-monitor?country=1000240&indicator=1000250> и Глобальному мониторингу, предпринимательства (Global Entrepreneurship Monitor), Всемирному банку: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?view=chart>

²¹ Под новыми технологиями понимаются вновь созданные передовые технологии, под старыми технологиями – уже используемые технологии.

по параметру чувствительности технологичности к инвестициям в различные виды технологий;

- инвестициями в новые и старые технологии и риском осуществления деятельности в области новых и старых технологий, что позволит в дальнейшем построить модели риска и, влияя на него, изменять соотношение в структуре инвестиций, распределяемых на новые и старые технологии;

- числа новаторов, консерваторов (фирм-новаторов и консерваторов) от инвестиций в новые и старые технологии, а также вновь подготовленных в области новых технологий кадров и персонала, перемещаемого из производств на старых технологиях в производства на новых технологиях за счёт переобучения от величины вложений в новые и старые технологии.

Можно представить создаваемый в экономике продукт как сумму продукта, созданного на новых и старых технологиях. Темп роста производства на новых технологиях, можно предположить, наверняка зависит от темпа роста числа новаторов, а темп роста производства на старых технологиях — от темпа роста числа консерваторов. Тогда, определяя связь числа новаторов и консерваторов в экономике, а также, моделируя процесс отвлечения трудового ресурса от старых производств, в пользу новых производств и подготовку кадров под новые производства, можно установить влияние процесса «созидательного разрушения» и «комбинаторного наращивания» на темп экономического роста.

Темп роста экономики ($g = (1/Y) dY/dt$), состоящей из производства на новых (Y_n) и старых (Y_s) технологиях ($Y = Y_n + Y_s$), будет равен $g = dn g_{Y_n} + ds g_{Y_s}$, где: $dn = Y_n/Y$, $ds = Y_s/Y$, $g_{Y_n} = (1/Y_n) dY_n/dt$, $g_{Y_s} = (1/Y_s) dY_s/dt$. Если темп роста новаторов g_{L_n} , консерваторов g_{L_s} , тогда, предполагая, что $g_{Y_n} = f_1(g_{L_n})$, $g_{L_s} = f_2(g_{L_s})$, получим: $g = dn f_1(g_{L_n}) + ds f_2(g_{L_s})$. Имея связь $L_n = a L_s + b L_n$ или $L_n = a L_s / (1 - b)$, где a — доля отвлечения трудового ресурса, занятого в старых производствах (на старых технологиях), в пользу новых производств (на новых технологиях); b — доля созданных новых кадров от величины занятых в новых производствах, подготовленных специально для этих производств (вновь созданный ресурс), удастся оценить влияние процесса отвлечения и создания ресурса на динамику экономической системы. Более того, возможно исследовать то, как именно переобучение влияет на рост и развитие новых технологий и как система образования, готовящая новые кадры под новые производства, влияет на экономическую динамику и модель технологического обновления.

Данный подход позволяет исследовать влияние технологической структуры (старые-новые технологи) на темп экономического роста. Если предположить, что структура инвестиций $I = I_n + I_s$ и ввести эту структуру в формулу для расчёта темпа роста ВВП $g = g_c c + g_I n + g_G u + g_{N_x} n x^{22}$, не сложно получить: $g = h g_{I_n} i_s + g_{I_s} i_s + g_c c + g_G u + g_{N_x} n x$, где: $h = I_n/I_s$, $i_s = I_s/Y$, g_{I_n} , g_{I_s} — темп роста инвестиций

²² Структурная формула для оценки темпа экономического роста по компонентам ВВП по расходам ($Y = C + I + G + N_x$) подробно даётся: Сухарев О.С. Экономический рост в России: проблема управления // Экономист. 2016. № 7.

в новые и старые технологии соответственно. Таким образом, первое слагаемое — вклад новых технологий в общий темп роста, второе — вклад старых технологий в темп экономического роста.

Темп роста новаторов и консерваторов связан через соотношение числа новаторов и консерваторов, записанное через параметры отвлечения (а) и ввода (b) вновь подготовленных кадров. На появление новаторов и консерваторов влияет структура, источники инвестирования — из собственных средств, привлечённых ресурсов кредитного и фондового рынка. Снижение ключевой ставки процента (рост монетизации экономики) при прочих равных действует в направлении увеличения капитализации фондового рынка, следовательно, действует не только в направлении понижения риска инвестиций в новые технологии, но и увеличивает возможности по источнику инвестиций — за счёт роста биржевых котировок акций компаний. При этом и кредитные возможности обеспечения инвестиций явно возрастут. Ограничителем может стать отсутствие мотивов инвестирования, перекапитализация фирм, либо, наоборот значительная доля свободных производственных мощностей, либо зависимое их состояние от внешних центров принятия решений. Кроме того, осуществляемые институциональные коррекции, а также созданная система институтов в стране могут не мотивировать к появлению новаторов, так как блокировать новизну, её появление, восприятие и тиражирование. Монетизация будет способствовать росту инфляции, что в условиях неэффективных олигопольных структур будет действовать в виде торможения инновационной динамики.

Показав в теоретическом плане возможности и алгоритм исследования, дадим оценку на основе доступных эмпирических данных сложившемуся режиму технологического развития и инновационной динамики в российской экономике.

Эмпирический анализ технологичности и инновационной динамики российской экономики. Уровень технологичности, измеряемый отношением объёма производства на новых технологиях к объёму производства на старых технологиях (берётся объём отгруженной инновационной продукции к объёму отгруженной неинновационной продукции), показан на рисунках 1–2 для экономики России в целом, а также отдельно для машиностроения и сырьевого сектора²³ и как вариант для обрабатывающего и транзакционно-сырьевого сектора²⁴.

²³ Сектор машиностроения включает производство машин и оборудования, производство электрооборудования, электронного и оптического оборудования, производство транспортных средств и оборудования; Сырьевой сектор включает добычу топливно-энергетических полезных ископаемых и производство кокса и нефтепродуктов по ОКВЭД.

²⁴ Обрабатывающий сектор охватывают следующие виды деятельности (по ОКВЭД): раздел D – Обрабатывающие производства; раздел F – Строительство. Транзакционно-сырьевой сектор представлен такими видами деятельности (по ОКВЭД): раздел A – Сельское хозяйство, охота и лесное хозяйство; раздел B – Рыболовство, рыбоводство; раздел C – Добыча полезных ископаемых; раздел E – Производство и распределение электроэнергии, газа и воды; раздел G – Оптовая и розничная торговля; ремонт автотранспортных средств, мотоциклов, бытовых изделий и предметов личного пользования; раздел H – Гостиницы и рестораны; раздел I – Транспорт

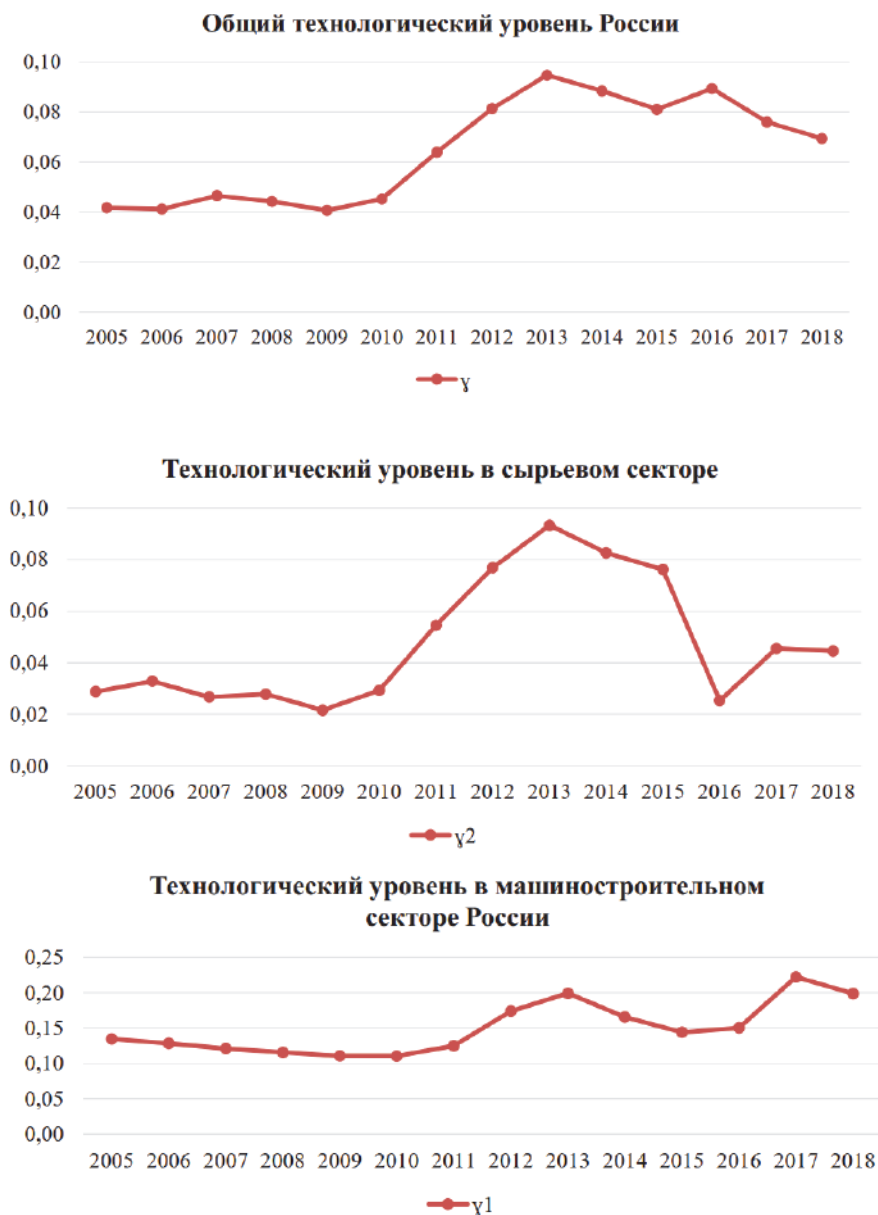


Рис. 1. Технологичность экономики России, сырьевого сектора, машиностроения, 2005–2018 гг.

Источник: www.fedstat.ru/indicator/59210, www.fedstat.ru/indicator/31278

и связь; раздел J – Финансовая деятельность; раздел K – Операции с недвижимым имуществом, аренда и предоставление услуг; раздел L – Государственное управление и обеспечение военной безопасности; социальное обеспечение; раздел M – Образование; раздел N – Здравоохранение и предоставление социальных услуг; раздел O – Предоставление прочих коммунальных, социальных и персональных услуг.

Как видим (на рис. 1), в период 2005–2011 гг. уровень технологичности российской экономики не растёт, в машиностроении даже понижается, как и в сырьевом секторе. Нужно отметить, что в сырьевом секторе в этот период технологичность в 3–5 раз ниже, чем в машиностроении. С 2010–2011 гг. начинается существенный рост технологичности, который продолжился примерно три года до 2013 года. С 2014 года наблюдается снижение технологического уровня как для российской экономики в целом, так и для машиностроения и сырьевого сектора. Только в 2017 году наблюдается существенный рост этого показателя, который в 2018 году опять не обнаруживает существенного роста. Таким образом, на довольно длительном интервале времени показатель общей технологичности для российской экономики не превосходит величину в 0,1, в то время как отдельные страны Европейского союза показывают этот показатель в 0,3–0,4, а ряд стран – ещё выше.

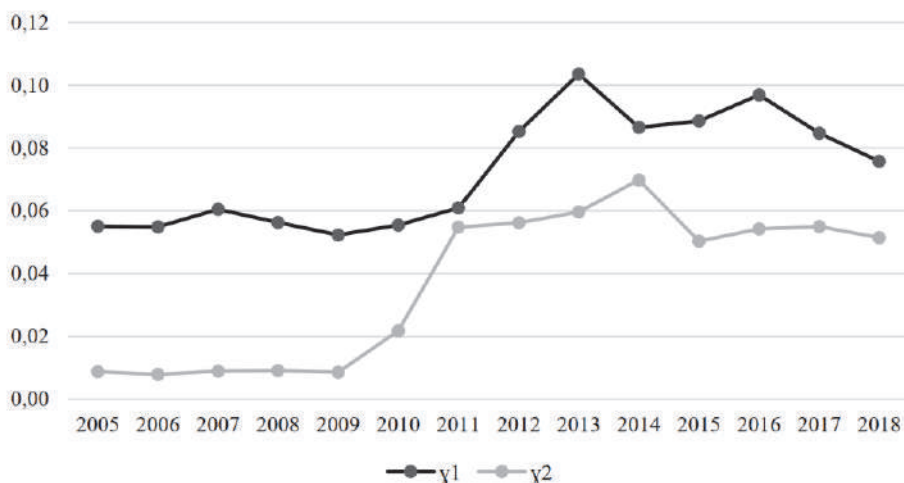


Рис. 2. Технологичность обрабатывающего (γ_1) и транзакционно-сырьевого (γ_2) секторов России, 2005–2018 гг.

Источник: данные для расчёта: www.fedstat.ru/indicator/59210, www.fedstat.ru/indicator/31278

На рисунке 2 видно, что уровень технологичности возрастает только в 2010–2013 гг. для обрабатывающего и в 2010–2014 гг. для транзакционно-сырьевого сектора. Этот рост происходит на довольно невысоких значениях технологичности, существенно ниже 0,1. К 2018 году этот уровень снижается до величины 2011 года в обработке и в транзакционно-сырьевом секторе. Тем самым можно сделать предварительный вывод о том, что российская экономика и её базисные секторы имеют значительные проблемы технологического развития, причём положительная динамика охватывает весьма малый промежуток времени, и сменяется понижением уровня технологичности. По этому показателю экономика возвращается примерно к 2011 году. Следовательно, можно вести речь

о неустойчивой динамике инновационного развития, когда экономика не может поддержать некоторый свой уровень технологичности²⁵.

Более того, предпринимаемые усилия по повышению этого уровня не дают ожидаемого или планируемого результата, поскольку если и приводят сначала к повышению уровня технологичности и улучшению инновационной динамики, то затем эти показатели возвращаются к прежним значениям. Инвестиции в старые технологии значительно превосходят инвестиции в новые технологии для российской экономики. Чувствительность технологического уровня к доле инвестиций в новые технологии такова, что с ростом доли этих инвестиций технологический уровень повышается, а при повышении доли инвестиции в старые технологии — понижается²⁶. На менее продолжительных периодах такая чувствительность была обратной, что позволяло говорить о невосприимчивости российской экономики к инновационному обновлению. В рамках данного анализа получено условие, которое выступает позитивной предпосылкой для проведения политики технологического обновления и повышения технологического уровня в России. Остаётся вопрос распределения инвестиций под новые и старые производства, так, чтобы новые получали нарастающую величину инвестиций. Такой исход зависит от соотношения спроса, а также рисков осуществления производства на новых и старых технологиях, что выдвигает задачу демпфирования рисков при инвестировании новых технологий.

На рисунке 3 отражена доля фирм-новаторов в общем числе фирм (вверху) и относительно фирм-консерваторов (внизу), весьма низкая в российской экономике и в среднем сокращающаяся с 2011 по 2018 год.

Из рисунка 4 следует, что темп роста ВВП России определяется долей числа фирм-новаторов в общем числе фирм в отличие, например, от Китая, где темп роста был выше для меньшей доли числа фирм-новаторов, и стал ниже при более высокой доле таких фирм. Это говорит о том, что инновационная модель поведения фирм может в целом тормозить общую экономическую динамику (темп ВВП). Такой исход имеет основания, так как фирмам-новаторам нужна большая ликвидность, в конкуренции за которую темп роста может несколько понизиться, с ростом числа фирм-новаторов. Бóльшее число фирм-новаторов нуждаются в бóльшем объёме ресурсов, конкуренция за которые может действовать в направлении понижения темпа роста.

Можно отметить, что снижение числа новаторов и фирм-новаторов может сопровождаться ростом технологичности экономики. Однако,

²⁵ Причём данная оценка справедлива не только при оценке технологического уровня по объёму производства на новых и старых технологиях, но и по соотношению числа введённых новых и используемых старых технологий. Ввод вновь созданных передовых технологий согласно данным Росстата исчисляется несколькими сотнями штук в год, рост этого показателя также весьма скромный.

²⁶ Этот результат теоретически обоснован и эмпирически подтверждён в ряде работ автора, в частности см.: Сухарев О.С. Экономическая динамика. Институциональные и структурные факторы // М.: Ленанд, 2015. С.217–221; Теория реструктуризации экономики // М.: Ленанд, 2016. С. 104–107.

фактически это означает, что рост технологичности сопровождается понижением инновационной активности и представляет собой консервативную модель развития, поскольку с ростом числа консерваторов технологичность увеличивается.

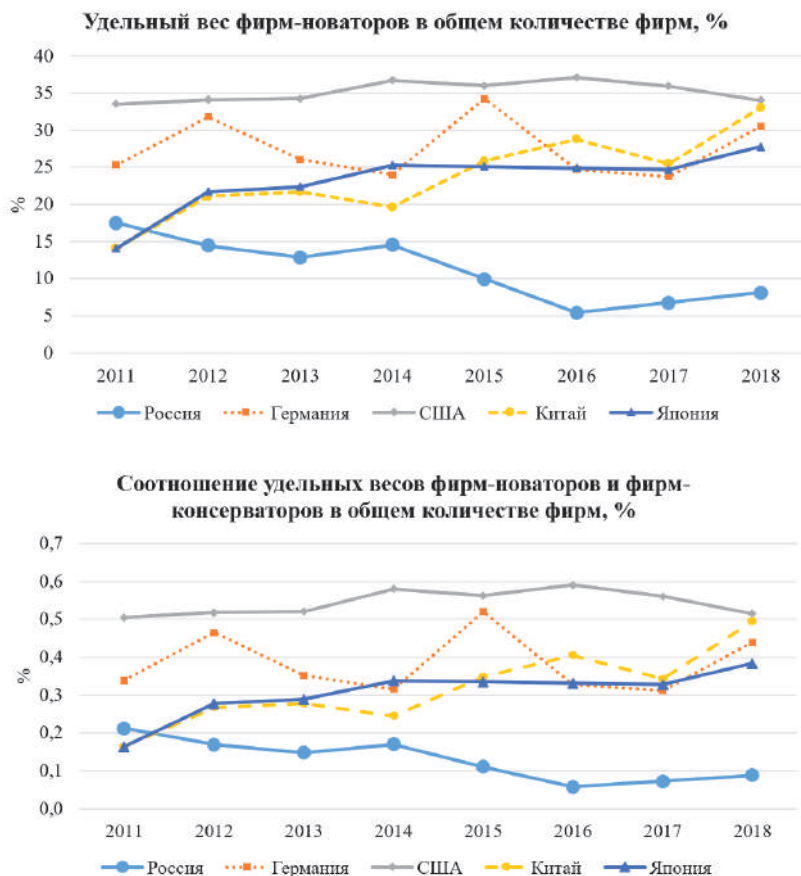


Рис. 3. Вес фирм-новаторов в экономике некоторых стран, 2011–2018 гг.

Источник: Мировой атлас данных: <https://knoema.ru/GEMAP2019/global-entrepreneurial-behaviour-monitor?country=1000240&indicator=1000250> на основе данных Глобального мониторинга предпринимательства (Global Entrepreneurship Monitor), Всемирный банк: <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD.ZG?view=chart>.

Те же источники и для рис. 2.

Следовательно, развитие российской экономики происходит не за счёт активности новаторов, а за счёт преобладания и ведущей роли консервативной модели поведения агентов и фирм-консерваторов. Таким образом, в российской экономике на рассматриваемом интервале времени наблюдалось уменьшение числа новаторов и увеличение числа

консерваторов. Число новых технологий возросло в штучном измерении, но действовало в направлении повышения общей технологичности экономики, число старых технологий увеличивалось десятками тысяч штук, причём с некоторой величины их увеличение тормозило рост технологичности.

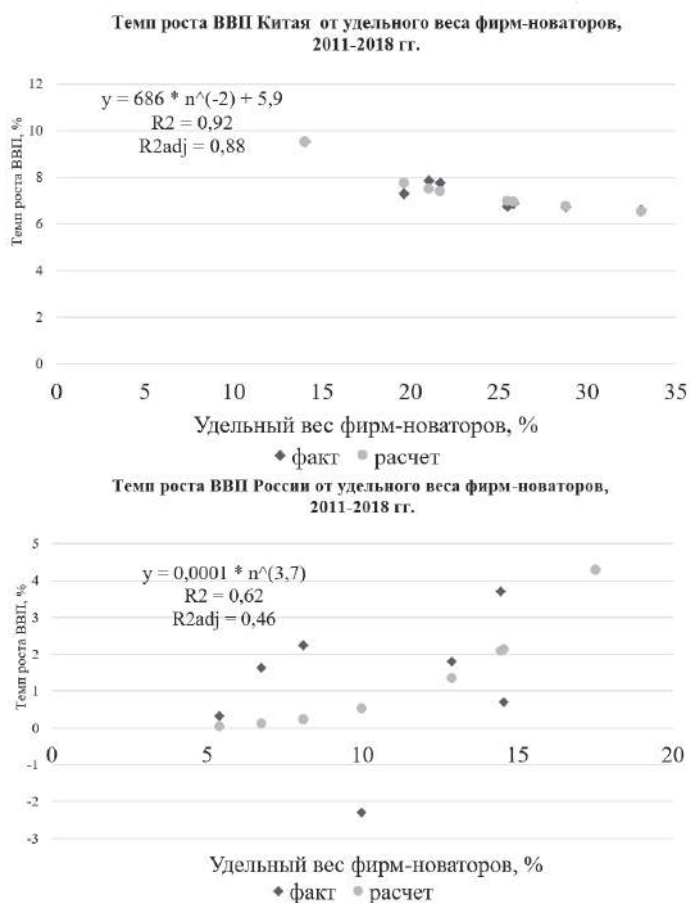


Рис. 4. Темп роста ВВП и удельный вес фирм-новаторов в общем числе фирм, России²⁷, Китая²⁸, 2011–2018 гг.

Это говорит в пользу того, что сложившаяся модель технологического развития в России отнюдь не способствует широкомасштабному обновлению технологий и технологической индустриализации (локальные изменения возможны и хорошо наблюдаются, особенно там, где невозможен эффект тиражирования, а спрос сразу задан, причём условия

²⁷ Статистики: F-критерий = 6,8, D-Wрасчет. = 1,97 ∈ [1,91; 2,20], Тест Уайта: χ^2 расчет. = 3,79, χ^2 крит. = 3,84

²⁸ Статистики: F-критерий = 59,8, D-Wрасчет. = 2,05 ∈ [1,91; 2,20], Тест Уайта: χ^2 расчет. = 2,58, χ^2 крит. = 3,84

выживания существуют в военно-оборонной сфере). Таким образом, необходимо создание системных условий для организации новой модели экономического роста и внедрения новых технологий в России. Взаимоувязанные шаги в этом направлении предполагают, на взгляд автора, координацию различных видов политики в направлении технологической индустриализации, на первом этапе которой, по всей видимости, в России придётся восстанавливать и отдельные высокотехнологичные гражданские секторы или производства двойного назначения (в области специальной технологии для микроэлектроники). Одновременно понадобится искать возможности создания серийных производств «электронного ширпотреба» (компьютеры, мобильные телефоны и т.д.), так как, не замкнув производственную цепочку, вряд ли удастся добиться больших успехов в развитии микроэлектронных и нанотехнологий.

Подводя итог проведенному исследованию, сформулируем некоторые выводы:

Во-первых, российская экономика имеет ряд весьма сильных структурных и институциональных ограничений (исходное состояние фондов, диспропорции в структуре спроса и рынков средств производства, зависимость от импорта и многие иные), препятствующих интенсивному технологическому обновлению²⁹ и проведению целенаправленной политики «технологической индустриализации». Хотя элементы такой политики очевидны, судя по программе ввода цифровых технологий и заявленным национальным проектам.

Во-вторых, число новаторов неуклонно сокращается, консерваторов возрастает, как по агентам, так и по фирмам, причём это происходило при увеличении ВВП. Увеличение темпа роста ВВП зависело от доли фирм-новаторов положительно, чем выше эта доля, тем выше темп роста. Технологичность повышалась при сокращении числа новаторов и росте числа консерваторов, что говорит о консервативной (не инновационной) модели развития российской экономики.

В-третьих, страны, реализующие доктрину «Индустрия 4.0.», в частности Китай (а также Германия и США), не только имеют программы ввода цифровых технологий (такую программу имеет и Россия), но создают согласованные с ними программы развёртывания новых средств производства. Именно такая, широкая трактовка технологического обновления индустрии приводит к серьёзному обновлению производственно-аппаратной базы промышленности и использованию создаваемых новых технологий, дающих значительную экономию ресурсов и низкий уровень загрязнения окружающей среды. Цифровые технологии позволяют изменить систему управления многими техническими устройствами и производства, применить роботизированные комплексы и т.д.

²⁹ Они же фактически фиксируют довольно низкий технологический уровень экономики, если и увеличивающийся, то в диапазоне низких значений, и возвращающийся к прежней величине. Тем самым поддержать определённый уровень внедрения и использования новых технологий и объёма производства на них не удаётся, несмотря на увеличение вновь созданных передовых технологий, правда, буквально в шутном выражении.

Следовательно, так называемая технологическая индустриализация, которая связана не с увеличением доли индустрии в ВВП, а с масштабным внедрением новых технологий в обрабатывающих секторах, возможна исключительно за счёт системных изменений, охватывающих макроуровень управления, институты, регулирующие инновационный процесс, секторальные и отраслевые воздействия. Причём она возможна соразмерно формируемой потребности и наличию потенциальных возможностей перехода на новые технологии. По этой причине логику «технологического рывка» без подготовки на уровне спроса и соответствующих рыночных структур, учёта исходного состояния фондов и качества трудовых отношений, реализовать будет весьма проблематично. В развитии технологий имеет очень сильные позиции комбинаторный эффект, когда наращение в области технологического знания кумулятивно выливается в значительный экономический эффект от внедрения новых технологий. Таким образом, необходимо, применительно к российской экономике двигаться по трём основным направлениям:

во-первых, обеспечить переобучение кадров, работающих на старых технологиях, под новые вводимые технологии (разумеется, соразмерно вводу новых технологий) и одновременно готовить новые кадры под создаваемую новую технику и технологии, тем самым сочетая реализацию принципа «созидательного разрушения» и «комбинаторного наращивания»;

во-вторых, различными видами воздействий понижать риски ввода новых технологий и стимулировать возникновение спроса на обновление производства, следовательно, поощрять развитие различных видов производства как такового, как базы для технологической индустриализации, ликвидируя производственно-технологические разрывы, имеющие место в российской экономике;

в-третьих, осуществить согласованное развёртывание программ развития новых технологий (не только цифровых) по различным приоритетным направлениям индустриального развития, с восстановлением отдельных видов производственной деятельности в области высоких технологий, ранее утерянных.

Движение по этим трём направлениям, на сегодня отсутствующим, по крайней мере, в явном виде, в плановых документах разработчиков экономической политики и стратегии развития России, позволит существенно продвинуться в реализации доктрины «Индустрия 4.0.», целью которой во многих странах является переход на новый в технологическом отношении базис развития.

O. Sukharev (e-mail: o_sukharev@list.ru)

Grand Ph.D. in Economics, Full Professor,
Chief Researcher, Institute of Economics
Russian Academy of Sciences

TECHNOLOGICAL INDUSTRIALIZATION: MODERN AND NEW OPPORTUNITIES

The article provides a comparative analysis of the implementation features of the "Industry 4.0" doctrine in the countries which are now leading the way in technological development. The author identifies the unique characteristic features as well as those that are common for these countries, which allows him to highlight the technological component of changes in modern industry and economy, the latter being the focal point of the changes.

This experience and the ongoing research within the framework of "Industry 4.0." are useful for the Russian economy, where the problem of overcoming technological lag and creating a new regime of innovative dynamics, providing economic growth of a new quality, is acute. Using comparative methods according to the introduced criteria, as well as the analysis of preliminary results of numerous studies devoted to the deployment of "industry 4.0.", together with some elements of econometric modeling and regression analysis, the author draws the conclusion that technological changes in Russian economy occurred while reducing the number of innovative agents and firms, characterized by a relatively low and unstable level of manufacturability in the basic sectors of the economy.

Keywords: manufacturability, industrialization, new and old technologies, economic growth, innovators, conservatives, innovative dynamics.

DOI: 10.31857/S020736760010587-4