

УДК 338.45

ББК 65.30

ИНДУСТРИЯ 4.0 – НОВАЯ ПРОМЫШЛЕННАЯ ПОЛИТИКА ГЕРМАНИИ:  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОСНОВА И ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Ю. В. МЕЛЕШКО

*meleshkojv@gmail.com*

кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономика и право»  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь

*В статье анализируется промышленная политика Германии, получившая название Индустрия 4.0, в основе которой лежит создание нового типа промышленного производства благодаря внедрению кибер-физических систем. Рассмотрены теоретические основы Индустрии 4.0, показана трансформация целей и методов реализации проекта Индустрии 4.0, произошедшая за пять лет, дана характеристика полученным практическим результатам. Это позволило выявить теоретико-методологические особенности Индустрии 4.0 как промышленной политики Германии, обусловленные специфическими политическими и социально-экономическими факторами, сложившимися в стране, а также показать последствия невозможности согласования интересов конкурирующих хозяйствующих субъектов без политической воли.*

Ключевые слова: Индустрия 4.0, кибер-физические системы, промышленная политика.

INDUSTRY 4.0 – NEW INDUSTRIAL POLICY OF GERMANY: THEORETICAL BASIS  
AND PRACTICAL RESULTS

Yu. V. MELESHKO

PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Law  
Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus

*The article analyzes the industrial policy of Germany, called Industry 4.0, which is based on the creation of a new type of industrial production thanks to cyber-physical systems. The theoretical foundations of Industry 4.0 are reviewed, the transformation of the goals and methods of implementation of the project Industry 4.0 over five years is shown, and the practical results obtained are characterized. This made it possible to identify the theoretical and methodological properties of Industry 4.0 as the industrial policy of Germany, due to the specific political and socio-economic factors prevailing in the country, and also to show the consequences of the impossibility of reconciling the interests of competing economic entities without political will.*

Keywords: Industry 4.0, cyber-physical systems, industrial policy.

ВВЕДЕНИЕ

Термин «Индустрия 4.0» был введен в научный оборот в 2011 г., когда на Ганноверской выставке был озвучен доклад «Индустрия 4.0: с Интернетом вещей на пути к 4-й промышленной революции» [1]. Авторами доклада являются Х. Кагерман (экономист),

В.-Д. Лукас (политик), В. Вальстер (информатик). К этому времени Научно-исследовательским союзом «Экономика-наука» федерального правительства уже был представлен проект стратегии «Индустрия 4.0», в разработке которого участвовали в том числе и названные авторы. Констатируя происходящие в сфере производства изменения, авторы доклада делают выводы о том, что в ближайшем будущем на основе кибер-физических систем сформируются новые бизнес-модели. «Сегодня сохранить у себя производство означает готовиться к 4-й промышленной революции, основанной на Интернете» [1], – утверждают Х. Кагерман, В.-Д. Лукас и В. Вальстер.

С 2011 г. в рамках рабочего плана реализации Стратегии развития высоких технологий до 2020 г. был принят проект «Индустрия 4.0», совместно с еще 9 «будущими проектами», среди которых «Не содержащий углекислого газа, энергоэффективный и экологически чистый город»; «Возобновляемые ресурсы в качестве альтернативы нефти»; «Умное энергоснабжение»; «Лечить болезни лучше с помощью индивидуализированной медицины»; «Больше здоровья посредством целенаправленной профилактики и питания»; «Даже в старости вести самостоятельную жизнь»; «Устойчивая мобильность»; «Интернет-услуги для экономики»; «Гарантированная идентификация личности» [2]. Важность Индустрии 4.0 подчеркивалась на высшем политическом уровне: «В коалиционном соглашении правительства ХДС-ХСС-СПД на законодательный период 2013 года I40 (*Индустрия 4.0 – примечание Ю.М.*) считалось жизненно важным в обеспечении технологического лидерства» [3].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования рабочей группы Индустрии 4.0 Научно-исследовательского союза «Экономика-наука» федерального правительства ФРГ выполнялись под руководством Немецкой академии наук и инженерии (Acatech) и финансировались Федеральным министерством образования и научных исследований. В 2013 г. был опубликован заключительный отчет о стратегии развития Индустрии 4.0, получивший название: «Обеспечить будущее Германии как места производства. Рекомендации по внедрению проекта Индустрия 4.0». В подготовке отчета приняли участие специалисты из различных областей: представители университетов (Технологический университет Дармштадта, Институт инженерии и автоматизации Фраунгофера, Технологический институт Карлсруэ, Мюнхенский технический университет, Университет Пассау и др.); представители исследовательских организаций и объединений (Центральное объединение электронной промышленности, Ассоциация немецкой машиностроительной и заводской инженерии, БИТКОМ - Цифровая ассоциация Германии и др.); представители крупнейших предприятий промышленности (Robert Bosch GmbH, Siemens AG, SAP AG, ThyssenKrupp AG, Deutsche Telekom AG, BMW AG, Deutsche Post DHL AG, TRUMPF GmbH & Co. KG и др.). Такой состав участников обеспечил широту подхода с точки зрения согласованности научного и технического потенциалов при разработке проекта Индустрия 4.0. Участие в исследованиях представителей бизнеса позволило довольно подробно описать практический опыт использования технологий Индустрии 4.0 и указать на возникающие при этом проблемы, в том числе юридические, что позволило выявить препятствия развития Индустрии 4.0 в Германии.

Яром Индустрии 4.0 определены кибер-физические системы. «В Индустрии 4.0 благодаря кибер-физическим системам обеспечивается модельное, архитектурное, коммуникационное и интеракционное сквозное сопровождение продукции, средств производства и производственных систем с учетом меняющихся и изменившихся процессов.

Таким образом, кибер-физические системы становятся кибер-физическими производственными системами (CPPS) и находят применение в интеллектуальных производственных системах» [4, S.89]. Основной функцией кибер-физических производственных систем является согласование разрозненных производственных процессов. Так, рабочей группой отмечается: «В прошлом из-за отсутствия в производстве возможности сетевого объединения и подходящей базовой информационно-коммуникационной технологии концепция компьютерно-интегрированного производства технически не могла быть индустриализована. Более короткие жизненные циклы продукции и сети, зачастую имеющиеся у отдельных предприятий, во всей цепочке поставок приводят все же снова к несбалансированным получением заказов, запасам или к производству, которое не синхронизируется. В результате попытка достичь общего оптимума за пределами границ компании сегодня связана со многими неопределенностями из-за отсутствия технологических решений и стандартизации. Кроме того, такие производственные требования как межфирменные сетевые взаимодействия, маневренность и гибкость из-за отсутствия совместимости информации и процессов разных уровней производства могут быть выполнены только в дорогостоящих проектах, управляемых вручную. Это приводит к длительным простоям в производстве и высоким затратам при перестройке производства для выпуска другой продукции. Именно здесь появляется потенциал CPPS в контексте Индустрии 4.0» [4, P.101]. В этом контексте преимущества Индустрии 4.0 описываются следующим образом: «Промышленность 4.0 позволяет повысить гибкость и надежность на самом высоком уровне качества в области проектирования, планирования, производства, эксплуатации и логистики. Результатом является прослеживаемая в реальном времени и самоорганизующаяся динамическая цепочка создания добавленной стоимости, которая может быть оптимизирована в соответствии с различными критериями, такими как затраты, доступность и потребление ресурсов» [4, P. 24].

Концепция кибер-физических производственных систем реализуется с помощью множества информационно-коммуникационных технологий, которые, следует отметить, могут и наверняка будут постоянно меняться, что, однако, не влечет распад самой системы. «Компьютерные науки предлагают множество базовых технологий, которые должны быть концептуально пересмотрены и усовершенствованы для непосредственного использования в технологиях автоматизации или производства. Однако особое значение для индустрии 4.0 имеет общая интеграция и синтез этих технологий, обеспечивающих, например, организацию многокомпонентных ИТ- и производственных систем с помощью интеллектуальной сенсорики и информационных технологий» [4, P.101]. Для Индустрии 4.0 центральной технологией стал Интернет, позволяющий объединить компьютеризированные еще в результате третьей промышленной революции производства, в том числе на межотраслевом, межрегиональном или международном уровнях. «... Интернет вещей, межмашинное взаимодействие и производство, которое становится все умнее, ознаменовали новую эпоху – четвертую индустриальную революцию, Индустрия 4.0» [5]. Однако для полноценного функционирования интернета вещей требуется также и соответствующее развитие сопутствующих услуг (услуг связи, услуг по сбору и обработке данных и т. д.). Так, в докладе отмечается: «Внедрению будущих сценариев Индустрии 4.0 способствует дальнейшее развитие соответствующей сетевой инфраструктуры и дифференциация сетевых услуг посредством соглашений об обслуживании» [4, P. 26]. Подчеркивая взаимозависимость развития сетевой инфраструктуры и услуг, в докладе широко используется термин «интернет вещей и услуг».

Кибер-физические производственные системы становятся основой для создания умных заводов, которые «в сочетании с умной мобильностью, умной логистикой и ум-

ной сетью энергоснабжения» являются «важнейшей составляющей будущей умной инфраструктуры» [4, Р. 23]. Сама промышленная продукция также становится «умной», что означает возможность отследить ее в любой момент времени, автоматизированный контроль и автоматизированное управление. Авторы доклада отмечают, что «возрастающая интеллектуальность продукции и систем с их вертикальными сетевыми взаимодействиями, соединёнными сквозным инжинирингом, и горизонтальной интеграцией в рамках цепочки создания добавленной стоимости приводят к четвертому этапу индустриализации – Индустрии 4.0» [4, Р. 23]. Создаваемая система умного производства, в рамках которой устанавливается постоянное взаимодействие человека, машин и ресурсов, что позволяет обеспечить максимальную эффективность производства, обладает тремя основными отличительными чертами: 1) горизонтальная интеграция в рамках цепочки создания добавленной стоимости, 2) цифровая интеграция инжиниринга по всей цепочке создания добавленной стоимости, 3) вертикальная интеграция и сетевые производственные системы [4, Р. 6]. Таким образом, основной содержательной характеристикой Индустрии 4.0 выступает цифровая интеграция всех производственных процессов на горизонтальном и вертикальном уровнях, достигающаяся за счет внедрения киберфизических производственных систем. При этом Индустрия 4.0 предполагает интеграцию, а значит и оптимизацию производственных процессов, на глобальном уровне, то есть по всей цепочке создания добавленной стоимости вне зависимости от разнообразия участников, их масштабов и национальной принадлежности. В частности, авторы отчета пишут: «Индустрия 4.0 означает не только оптимизацию существующих процессов, поддерживаемых информационными технологиями, но и раскрытие потенциала еще более дифференцированного сопровождения детализированных процессов и совместных эффектов на глобальном уровне, недоступном ранее» [4, Р. 18].

Особый интерес представляет трактовка вертикальной и горизонтальной интеграции в Индустрии 4.0, которой придерживаются участники рабочей группы. В частности, «под горизонтальной интеграцией в сфере технологий производства и автоматизации, а также информационных технологий понимается интеграция различных информационных систем для различных этапов процесса производства и корпоративного планирования, между которыми осуществляется поток материала, энергии и информации как внутри одной компании (например, входящая логистика, производство, исходящая логистика, маркетинг), так и между несколькими компаниями (в рамках сети создания добавленной стоимости), в общее решение» [4, Р. 24]. Под вертикальной интеграцией в сфере технологий производства и автоматизации, а также информационных технологий понимается «интеграция различных информационных систем разных уровней иерархии (например, уровень исполнительного механизма и датчиков, уровень управления, уровень управления производством, уровень производства и исполнения, уровень корпоративного планирования) в общее решение» [4, Р. 24]. При этом в качестве «рамок действия» вертикальной интеграции определена фабрика [4, Р. 36], то есть одно предприятие.

Данные определения изначально ограничиваются авторами доклада областью применения – «сферой производства и автоматизации, а также информационных технологий» [4, Р. 36]. Интеграция, как горизонтальная, так и вертикальная, рассматривается исключительно как процесс взаимодействия информационных систем с целью обмена информацией и выработки общего (согласованного) решения. Однако характер производства Индустрии 4.0 предполагает гораздо более глубокий уровень взаимодействия всех участников цепочки создания добавленной стоимости, а также и конечных потребителей промышленной продукции, нежели в рамках информационных систем. При этом необходимость взаимодействия между участниками хозяйственной деятельности не раз

отмечается в отчете: «Индустрия 4.0 означает в то же время еще более интенсивную кооперацию между контрагентами (например, поставщиками и потребителями), а также между сотрудниками, в результате чего появляются новые возможности для получения взаимной выгоды» [4, Р. 18]. Такая ограничительная трактовка вертикальной и горизонтальной интеграции может быть объяснена специфическим характером рассматриваемого документа, который направлен на выявления и поиск решений технических препятствий распространения Индустрии 4.0 в Германии, однако, на наш взгляд, недостаточна для содержательной характеристики Индустрии 4.0.

Нельзя согласиться и с рассмотрением взаимодействия между участниками цепочки создания добавленной стоимости исключительно на горизонтальном уровне. По мнению авторов доклада, вертикальная интеграция, предполагающая субординационные отношения, возможна только в рамках одного предприятия. В то же время сами авторы выделяют в качестве особенности Индустрии 4.0 множественность участников в рамках одной цепочки создания добавленной стоимости: «Сценарии Индустрии 4.0, как например, "сетевое производство", "самоорганизующаяся адаптивная логистика" и "интегрированный с заказчиком инжиниринг" <...>, требуют бизнес-моделей, которые, как правило, могут быть реализованы не одной фирмой, а в рамках (возможно) высоко динамичной бизнес-сети» [4, Р. 26]. Игнорирование вертикальной интеграции между контрагентами является отражением теоретического подхода о равенстве в рыночной экономике всех хозяйствующих субъектов, господствующего в ФРГ. В то же время, крупные промышленные предприятия имеют возможность контролировать мелкие и средние предприятия практически во всех сферах, в том числе регулировать их доходность, поскольку в случае прекращения сотрудничества первые найдут новых партнеров в кратчайшие сроки, в отличие от мелких и средних предприятий, которые критически зависимы от их заказов. В результате, будучи формально (с юридической точки зрения) независимыми, крупный и средний и малый бизнес выстраиваются в вертикально и горизонтально интегрированную цепочку создания добавленной стоимости. Таким образом, узкая трактовка вертикальной интеграции как интеграции производственных процессов в рамках одного предприятия является результатом методологической ошибки – идеологизации объекта.

Благодаря организации производства на основе кибер-физических производственных систем становится возможным:

- индивидуализация продукции и переход к мелкосерийному производству при сохранении (или повышении) рентабельности. «Благодаря Индустрии 4.0 производство единичной продукции и небольших партий становится рентабельным» [4, Р. 19];

- флексибилизация производства. «Основанная на CPS сеть позволяет динамически разрабатывать бизнес-процессы в зависимости от: объема, времени, риска, надежности, цены, экологичности и т. д.» [4, Р. 20];

- оптимизированное принятие решений. «Имеющая в Индустрии 4.0 всеохватывающая прозрачность в режиме реального времени позволяет обеспечить заблаговременную гарантию проектного решения в рамках инжиниринга, более гибкие реакции на сбои в производстве, глобальную оптимизацию, выходящую за рамки места производства» [4, Р. 20];

- производительность и эффективность ресурсов. «... система может быть оптимизирована относительно использования ресурсов и энергии или снижения выпуска не только после, но и во время производства» [4, Р. 20];

- создание добавленной стоимости с помощью новых услуг. «В Индустрии 4.0 создаются новые формы добавленной стоимости и новые формы занятости, например, бла-

годаря последующим услугам. Полученные от интеллектуальных устройств разнообразные и обширные данные (Big Data) могут быть использованы с помощью интеллектуальных алгоритмов для инновационных услуг» [4, Р. 20];

- организация занятости с учетом демографических особенностей. «В условиях нехватки квалифицированной рабочей силы и возрастающего многообразия занятых (по возрасту, полу, культурному фону) Индустрия 4.0 обеспечивает многообразные и гибкие модели карьеры и тем самым сохраняет продуктивность работы» [4, Р. 20];

- сбалансированность трудовой жизни. «CPS-предприятия, обладающие большей гибкостью в организации работы, способны лучше всего удовлетворить растущие потребности работников в комбинировании работы и личной жизни, а также личного и профессионального развития» [4, Р. 20];

- высокий уровень добавленной стоимости. «В контексте двойной стратегии Германия с помощью Индустрии 4.0 сможет развить свои позиции ведущего поставщика и одновременно стать передовым рынком для решений Индустрии 4.0» [4, Р. 20].

Именно благодаря использованию кибер-физических систем Индустрия 4.0 приобретает свои отличительные характеристики (сетевое взаимодействие, гибкость, транспарентность, клиентоориентированность) и становится частью « сетевого интеллектуального мира » [4, Р. 22]. По мнению авторов доклада, Индустрию 4.0 следует рассматривать шире, нежели производственные системы нового типа (умная фабрика, умная логистика и т. д.): «Индустрию 4.0 не следует рассматривать изолированно <...>. Создание Индустрии 4.0 должно осуществлять междисциплинарно и при тесном взаимодействии с иными сферами (*исследовательской группой выделены 5 основных сфер – климат/энергия, мобильность, здравоохранение, безопасность и коммуникация – примечание Ю.М.*)» [4, Р. 23].

Большое значение уделяется также и социальной сфере: «...технологические инновации не должны быть оторваны от их социокультурного фона; в то же время сами культурные и общественные изменения являются сильным инновационным драйвером. Это относится, например, к демографическим изменениям, которые могут привести к изменениям во всех основных общественных сферах: в организации обучения, работы и здравоохранения в условиях увеличивающейся продолжительности жизни, а также в муниципальной инфраструктуре, что, в свою очередь, оказывает непосредственное влияние на производительность в Германии. Оптимизация взаимного обмена между техническими и социальными инновационными процессами внесет важный вклад в конкурентоспособность и производительность Германии» [4, Р. 18]. Специалистами рабочей группы отмечается изменения социальной инфраструктуры в сфере занятости, обусловленные активной «интеракцией человека и техники». «В центре будущей системы умного производства стоит человек и техника должна способствовать его когнитивной и физической работоспособности путем установления баланса между помощью и требованиями, в особенности в отношении индустриальных систем управления, кооперации человека и техники, а также в отношении аспекта квалификации» [4, Р. 99]. Производство становится более занятоориентированным, что выражается, в том числе, в изменении внешнего вида рабочего места и трудового режима, организация которых все в большей степени обуславливается индивидуальными потребностями работников (здравоохранение, комфорт, возможность дальнейшего обучения и т. д.).

Однако на наш взгляд, такие изменения связаны, в первую очередь, с изменениями потребностей производства. В условиях гибкого и все более зависящего от ситуации производства возрастает спрос на квалифицированных работников, обладающих междисциплинарными компетенциями. «Работа в постоянно меняющейся среде со все более усложняющимися инструментами и системами управления ведет к чрезвычайно высоким требованиям к способностям, знаниям задействованных производственных ресурсов,

а также к трудоспособности работников» [4, Р. 100]. А углубляющаяся автоматизация способствует тому, что «работник может сфокусироваться на креативной, создающей добавленную стоимость деятельности» [4, Р. 25]. Это обуславливает и возрастание значения образования (как с точки зрения подготовки кадров, так и получения последующего образования на протяжении всей жизни) и взаимодействия с университетами. Таким образом, в рассматриваемом отчете авторы акцентируют внимание на формировании «новой социальной инфраструктуры» и изменении характера труда в Индустрии 4.0 от рутинного к творческому, однако оговариваются, что «внедрение и расширение современных систем взаимодействия человека с технологией, по всей вероятности, приведет к значительным изменениям в будущей промышленной работе, которые пока не могут быть спрогнозированы с точки зрения их масштабов и последствий для производственной деятельности и деятельности в сфере услуг промышленного характера» [4, Р. 25].

Для решения проблемы взаимодействия различных участников производственной цепочки рабочей группой было предложено создание сервисной Интернет-платформы для инженерных систем, с помощью которой будут разрабатываться «стандартизированные, динамичные и самоуправляющиеся приложения, которые совместно с менеджментом обеспечат все функции, необходимые для организации умной производственной системы» [4, Р. 102]. В 2013 г. о создании такой платформы под названием «Индустрия 4.0» было объявлено на Ганноверской выставке. Инициаторами создания Платформы «Индустрия 4.0» выступили Центральное объединение электронной промышленности, Ассоциация немецкой машиностроительной и заводской инженерии и Цифровая ассоциация Германии, представляющие более 6 000 компаний [6].

Платформа играет роль интегратора для представителей политики, бизнеса, науки, профсоюзов, ассоциаций и «мультипликатора в социально-политической дискуссии о влиянии Индустрии 4.0» [7], организуя самостоятельно и принимая участие в диалоговых мероприятиях национального и международного уровня, посвященных Индустрии 4.0. Одной из основных функций Платформы Индустрия 4.0 является информационная: «Она (*Платформа Индустрия 4.0 – примечание Ю.М.*) также направлена на разработку согласованного общего понимания Индустрии 4.0 посредством диалога с заинтересованными сторонами, выработке рекомендации и демонстрации, как промышленное производство может быть оцифровано» [3]. В рамках Платформы Индустрия 4.0 созданы рабочие группы, к которым от рабочей группы Индустрия 4.0, закончившей свою деятельность в 2013 г., перешли функции разработки основных концепций решения проблем на пути Германии к Индустрии 4.0. Функционируют 6 рабочих групп по следующим тематическим направлениям: эталонные архитектуры, стандартизация и нормирование; технологии и сценарии применения; безопасность сетевых систем; правовые основы; занятость, образование и дальнейшее обучение; цифровые бизнес-модели в промышленности 4.0.

Также перед платформой ставится задача выработки практических рекомендаций для всех заинтересованных: «Благодаря онлайн-библиотеке, карте и компасу платформа создала службы ориентации и поддержки, которые помогают компаниям, особенно малым и средним предприятиям, осуществить цифровую трансформацию их производства» [8]. Для апробирования новых технологий на практике создана сеть испытательных центров, в которую входит более 70 вузов и исследовательских учреждений. На Интернет-сайте Платформы представлена информация о более чем 350 примерах внедрения технологий Индустрии 4.0 в практическую деятельность предприятий на территории Германии (для сравнения: более 150 примеров – на территории Франции, и более 150 примеров – на территории Японии).

Почти половина внедренных проектов Индустрии 4.0 приходится на долю малых и средних предприятий (до 250 сотрудников) – 64 %; 29 % составляют предприятия с численностью работников от 250 до 5 000, 23 % – предприятия с численностью работников от 5 000 до 15 000, 25 % – предприятия с численностью работников более 15 000. Основной областью внедрения технологий Индустрии 4.0 стало непосредственно производство (67 %). Около 10 % внедрений Индустрии 4.0 приходится на логистические предприятия, по 7 % – на предприятия образования и инфраструктурные предприятия. Только 8 предприятий сельского хозяйства, что составляет около 3 % представленных примеров, стали участниками Платформы Индустрия 4.0. Что касается технологий, относящихся к Индустрии 4.0, внедренных на практике, то в большинстве случаев это программное обеспечение (49%) и автоматизированные компоненты (33 %). Более сложные технологии, фактически отличающие Индустрию 4.0 от Индустрии 3.0, не нашли такого широкого применения: 33 предприятия (12%) начали использовать услуги промышленного характера, 30 предприятий (11%) – мехатронные устройства (*устройства, основанные на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, электротехническими и компьютерными компонентами – примечание Ю.М.*), 21 предприятие – консультационные услуги [9].

Оценка деятельности Платформы 4.0 была представлена в 2017 г. на Ганноверской выставке. В качестве основных достижений Платформы 4.0 было названо, во-первых, содействие малому и среднему бизнесу. Во-вторых, рабочими группами выработаны рекомендации для политики и бизнеса по тематическим направлениям. В частности, рабочая группа «Эталонные архитектуры, стандартизация и нормирование» разработала «модель, которая составляет основу для взаимодействия компонентов Индустрии 4.0». Группой «Исследования и инновации» были «определены и выстроены по приоритетам тематические области, которые в будущем должны исследоваться более интенсивно в исследовательских подразделениях предприятий и, при необходимости, через целевое финансирование». Рабочая группа «Безопасность сетевых систем» «со своим "Руководством по безопасности ИТ" помогает осуществлять безопасное цифровое производство, в особенности малым и средним предприятиям». Группа «Правовые рамочные условия» «адресуют законодателю необходимые правовые действия». В рабочей группе «Занятость, образование и дальнейшее обучение» рассматривается «вопрос о том, какие новые требования к компетенциям порождают диджитализация и Индустрия 4.0 и какую форму в Индустрии 4.0 примут квалификация и образование» [10].

В-третьих, результатами деятельности платформы в сфере стандартизации стала разработка модели эталонной архитектуры «RAMI 4.0», представляющей «систему координат, в которой сложные отношения промышленности 4.0 делятся на три измерения: ИТ, жизненный цикл и иерархия автоматизации» [10]. Обсуждение данной модели проходит на международном уровне, а именно в Международная организация по стандартизации (ИСО) и в Международной электротехнической комиссии. И наконец, в четвертых, Платформа 4.0 «проводит интенсивные диалоги с национальными и международными альянсами в целях содействия обмену и стандартизации и позиционирования Германии как ведущего рынка для индустрии 4.0» [10].

В целом, результаты реализации Индустрия 4.0 как проекта в рамках Стратегии развития высоких технологий до 2020 г. в Германии оценивают положительно. В 2017 г. в отчете Европейской комиссии «Мониторинг цифровой трансформации. Германия: Индустрия 4.0» отмечается: «Индустрии 4.0 удалось ограничить сегрегацию среди отраслевых секторов, быстро перевести исследования в основную практику за довольно короткий период и расширить масштабы на национальном уровне, чтобы стать одной из крупнейших промышленных сетей такого рода. <...> Хотя прошло еще мало времени,

инициатива стала успешной трансформацией исследований в практику, например, при поддержке тестовых стендов и эталонной архитектуры (RAMI 4.0)» [3]. Вместе с тем наблюдаются и некоторые отклонения от первоначально определенных направлений, что видно из анализа результатов деятельности Платформы Индустрия 4.0 как основного национального (и международного) координатора по вопросам, касающимся Индустрии 4.0. Рабочая группа Индустрии 4.0 Научно-исследовательского союза «Экономика-наука» федерального правительства ФРГ, в рамках реализации рекомендаций которой и была создана Платформа Индустрия 4.0, видела в этой платформе основной инструмент межотраслевого взаимодействия и, следовательно, ключевой фактор становления Индустрии 4.0. «У Германии есть потенциал стать ведущим рынком и главными производителями Индустрии 4.0. Главная предпосылка для этого, наряду с выполнением технических требований, – объединение отраслей и рабочей силы. Платформа Индустрия 4.0 является решающим шагом на пути использования инновационной силы Индустрии 4.0 во всех отраслях» [4, Р. 79]. Для достижения этих результатов было затрачено 200 миллионов евро, предоставленных Федеральным министерством экономики и энергетики и Федеральным министерством образования и научных исследований, «которые дополняются финансовыми и натуральными взносами от промышленности» [3].

Однако сегодня акцент в развитии Индустрии 4.0 сместился с проблем установления межотраслевого взаимодействия в сторону поддержки инновационности малого и среднего предпринимательства. «Первоначально ключевая задача заключалась в объединении всех заинтересованных сторон. Различные цели между компаниями и профсоюзами и среди конкурирующих немецких промышленных групп вначале ограничивали влияние платформы в более широком производственном ландшафте. <...> Подчеркнув особое значение продвижению идей и стандартов, с точки зрения успешной интеграции новых цифровых и промышленных процессов и адаптации организации работы Индустрия 4.0 необходимо в большей степени ориентироваться на малое и среднее предпринимательство и уровень цеха, где происходит значительная часть фактической трансформации» [3]. На сегодняшний день в качестве своего главного достижения руководство платформы называет содействие малому и среднему бизнесу во внедрении технологий Индустрии 4.0, потом уже говорится о конкретных успехах рабочих групп, о разработке эталонной архитектуры и международном сотрудничестве. Вместе с тем, значение Индустрии 4.0 оценивается как помощь малым и средним предприятиям «стать *временными* (выделено Ю.М.) производственными сетями с точными оценками их вкладов» [3].

На наш взгляд, такая трансформация приоритетов при условии признания крупных промышленных предприятий основной промышленности свидетельствует о неуспехе в решении одной из ключевых проблем внедрения Индустрии 4.0 – стандартизации. Причиной этому, помимо сложности решения самой задачи, является конкуренция между ведущими игроками в области информационно-коммуникационных технологий. Как отмечает С. Ю. Солодовников «... социум не является чем-то монолитным и далее не дифференцируемым, а напротив, распадается на огромное количество социальных субъектов, различающихся различной степенью агрегированности. Все эти социальные группы и индивиды стремятся к реализации своих социально-экономических интересов, посредством оптимизации которых они могут упрочить свою жизненность» [11, с. 47]. Это порождает дискуссии о функциях государства. «Дж. Кейнс прямо указывал на то, что рикардианская теория использовалась для оправдания имущими классами проявлений социальной несправедливости и очевидной жестокости сложившейся рыночной системы хозяйствования, т. е. социальная парадигма саморегулирующего рынка направлена на апологетику преимущественной реализации вполне конкретных классовых интересов, – пишет С. Ю. Солодовников. – Он также рассматривал национальную экономику

как живой организм. Казалось бы, надо сложить эти два тезисы и получится очевидный вывод, что роль государства в экономике не ограничивается макроэкономическими целями и задачами, но и направлена на реализацию интересов определенных классов и иных социальных групп» [12, с. 301]. Логическими выводами таких рассуждений стали следующие: «Для эффективного функционирования национальной экономики необходимы агрегированные субъекты, выступающие носителями государственных, уравнивающих, эгональных, экологических (природосберегающих) и других интересов» [13, с. 61].

Платформа Индустрия 4.0 изначально создавалась тремя промышленными ассоциациями Германии, однако позже в состав руководства вошли представители Федерального министерства экономики и энергетики Германии, Федерального министерства образования и научных исследований, Канцелярии федерального канцлера, федеральных земель. «Один из основных извлеченных уроков касается необходимости расширения модели платформы Индустрия 4.0 с большим количеством участников и обеспечения ее более сильной политической поддержкой для преодоления конкуренции между промышленными группами путем коллаборации по вопросам общих норм, стандартов, а также интеграции промышленных доменов» [3]. Кроме того, на практике основная часть проектов внедрения Индустрии 4.0 основывается на использовании информационных технологий и автоматизированных компонентов, то есть технологий, относящихся к Индустрии 3.0. Существующие примеры внедрения мехатронных устройств или услуг промышленного характера все же не позволяют говорить о создании кибер-физических производственных систем, являющихся основным признаком Индустрии 4.0. Таким образом, можно заключить, что становление Индустрии 4.0 в Германии находится на своих начальных этапах и потребует еще много усилий как со стороны бизнеса, науки, так и со стороны политики.

## ВЫВОДЫ

Несмотря на широкое распространение термина в научной литературе, Индустрия 4.0, как новый тип промышленного производства не является четко сформулированной и логически завершенной концепцией, а находится в разработке. Зародившись как подпрограмма Стратегии развития высоких технологий до 2010 г. в Германии, понятие Индустрия 4.0 изначально применялось для описания новой промышленности, формирующейся на основе информационных технологий (в первую очередь, Интернет). В результате проведенных исследований специально созданной рабочей группой была дана общая характеристика Индустрии 4.0, а также описаны предпосылки и условия ее становления в Германии и выработаны рекомендации по дальнейшему развитию Индустрии 4.0 в Германии. Основной же задачей рабочей группы, исходя из содержания рекомендаций, была разработка рекомендаций устранения препятствий (технических, юридических, кадровых и др.) распространения Индустрии 4.0 на всей территории Германии с целью обеспечения конкурентоспособности предприятий промышленности. В целом Индустрия 4.0 рассматривается как инструмент сохранения за Германией лидирующих позиций на мировом рынке промышленности: «... С Индустрией 4.0 Германия сможет усилить свою международную конкурентоспособность и сохранить на своей территории объем производства» [4, Р. 7].

Теоретическая основа становления Индустрии 4.0 разработана лишь частично. В качестве основной содержательной характеристики Индустрии 4.0 была выделена цифровая интеграция всех производственных процессов на горизонтальном и вертикальном уровнях, достигающаяся за счет внедрения кибер-физических производственных систем. Результатом формирования Индустрии 4.0 должна стать прослеживаемая в реальном

времени и самоорганизующаяся динамическая цепочка создания добавленной стоимости, которая может быть оптимизирована в соответствии с различными критериями, такими как затраты, доступность и потребление ресурсов. Ожидается, что это позволит повысить гибкость и надежность на самом высоком уровне качества в области проектирования, планирования, производства, эксплуатации и логистики. Благодаря организации производства на основе кибер-физических производственных систем становится возможным: – индивидуализация продукции и переход к мелкосерийному производству при сохранении (или повышении) рентабельности; – флексибилизация производства; – оптимизированное принятие решений; – производительность и эффективность ресурсов; – создание добавленной стоимости с помощью новых услуг; – организация занятости с учетом демографических особенностей; – сбалансированность трудовой жизни; – высокий уровень добавленной стоимости.

Были рассмотрены некоторые социально-экономические проблемы, связанные с внедрением Индустрии 4.0 – необходимость развития разноплановых компетенций у персонала, внедрения системы образования на протяжении всей жизни, создания благоприятной рабочей среды в условиях повышения творческой составляющей рабочего процесса и т. д. Однако социально-экономические последствия становления Индустрии 4.0 в Германии, как, например, перестройка цепочек создания добавленной стоимости, изменение взаимодействия ее участников, в том числе малых и средних предприятий с крупными промышленными корпорациями, изменение производственного процесса в виду кастомизации продукции, переход к рентабельному производству единичной продукции, возникновение новых форм создания добавленной стоимости и новых бизнес-моделей, описаны лишь в самых общих чертах.

Основное внимание рабочей группы Индустрии 4.0. было уделено именно технической стороне взаимодействия человека, машин и ресурсов в рамках умного производства (в частности проблемам стандартизации, безопасности, созданию эталонной архитектуры, внедрению комплексных систем, оснащению рабочих мест). Выработанные рекомендации определяют основные направления приложения усилий (как со стороны правительства, например, в области правового регулирования или масштабной поддержки научных исследований и разработок, так и со стороны предприятий промышленности, университетов, отраслевых исследовательских организаций), что должно позволить преодолеть возникающие препятствия на пути становления в Германии Индустрии 4.0. В частности, в отчете отмечается: «С будущим проектом Индустрия 4.0 исследовательский союз взял на себя инициативу в межотраслевом масштабе. Платформа Индустрия 4.0 (*запуск которой был объявлен на Ганноверской выставке в 2013 г. – примечание Ю.М.*) совместно с объединенным офисом промышленных ассоциаций ВITКОМ (Цифровая ассоциация Германии – *примечание Ю.М.*), VDMA (Ассоциация немецкой машиностроительной и заводской инженерии – *примечание Ю.М.*) и ZVEI (Центральное объединение электронной промышленности – *примечание Ю.М.*) является последовательным шагом по реализации. В настоящее время необходимо разработать дорожные карты исследований и развития в центральных областях деятельности» [4, Р. 21]. В докладе неоднократно подчеркивается важность междисциплинарного взаимодействия в рамках Индустрии 4.0, в особенности с социокультурной и демографической сферами («взаимодействия технических и социальных инноваций»). Вместе с тем рекомендации не затрагивают проблематику занятости, образования и дальнейшего обучения, отмечается лишь сложность прогнозов влияния Индустрии 4.0 на социальную сферу и необходимость формирования новой социальной инфраструктуры, способной обеспечить согласованность человека и техники.

К успехам развития проекта Индустрии 4.0 относят запуск Интернет-платформы Индустрия 4.0, выполняющей информационную, консультационную и координирующую функции, предложенные рекомендации для политики и бизнеса по тематическим направлениям, модель эталонной архитектуры «RAMI 4.0». В целом же практические результаты проведения мероприятий по внедрению Индустрии 4.0 оказались несколько ниже ожидаемых. Анализ опубликованных примеров показал, что почти половина внедренных проектов Индустрии 4.0 приходится на долю малых и средних предприятий (до 250 сотрудников). Основная часть проектов внедрения Индустрии 4.0 основывается на использовании информационных технологий и автоматизированных компонентов, то есть технологий, относящихся к Индустрии 3.0. Более сложные технологии, фактически отличающие Индустрию 4.0 от Индустрии 3.0 (услуги промышленного характера, мехатронные устройства, консультационные услуги) не нашли такого широкого применения. Существующие примеры внедрения мехатронных устройств или услуг промышленного характера все же не позволяют говорить о создании кибер-физических производственных систем, являющихся основным признаком Индустрии 4.0.

На наш взгляд, такое положение вещей обусловлено явно выраженной лоббирующей позицией крупнейших промышленных предприятий, имеющей место в политике и экономике Германии. Это отразилось как на уровне теоретических исследований Индустрии 4.0 (узкая трактовка горизонтальной и вертикальной интеграции исключительно как процесса взаимодействия информационных систем с целью обмена информацией и выработки согласованного решения), так и на практике. Интернет-платформа Индустрия 4.0 как основной инструмент межотраслевого взаимодействия, создаваемый с целью преодоления отраслевой изолированности, в том числе, объединения производства и рабочей силы, а также содействия трансформации исследований в практику, не оправдала себя. Акцент в развитии Индустрии 4.0 сместился с проблем установления межотраслевого взаимодействия в сторону поддержки инновационности малого и среднего предпринимательство. Такая трансформация приоритетов при условии признания крупных предприятий основной промышленностью свидетельствует о неуспехе в решении одной из ключевых проблем внедрения Индустрии 4.0 – стандартизации. Причиной этому, помимо сложности решения самой задачи, является конкуренция между ведущими игроками в области информационно-коммуникационных технологий. Решение этой проблемы видится в сильной политической поддержке, направленной на преодоление конкуренции между промышленными группами.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kagermann, H. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution [Elektronische Quelle] / H. Kagermann, W.-D. Lukas, W. Wahlster // VDI Nachrichten. – Zugriffsmodus: <https://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>. – Zugriffsdatum: 25.07.2018.
2. Zukunftsprojekte der Bundesregierung [Elektronische Quelle] // Die neue Hightech Strategie Innovationen fuer Deutschland. – Zugriffsmodus: <https://www.hightech-strategie.de/de/Zukunftsprojekte-der-Bundesregierung-972.php>. – Zugriffsdatum: 15.08.2018.
3. Digital transformation monitor. Germany: Industrie 4.0 // Europäische Kommission. – P. 3. – Access mode: [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM\\_Industrie%204.0.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf). - Access date: 15.08.2018.
4. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 [Elektro-

nische Quelle] / Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft // Bundesministerium für Bildung und Forschung. – 116 s. – S. 89. – Zugriffsmodus: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf). – Zugriffsdatum: 08.08.2018.

5. Was ist Industrie 4.0? [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

6. Die Geschichte der Plattform Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html/>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

7. Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

8. In der Praxis [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/in-der-praxis.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

9. Landkarte Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

10. Konsequente Fokussierung auf Bedarf des Mittelstandes [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Ergebnisse/ergebnisse.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

11. Солодовников, С. Ю. Теоретико-методологические основы исследования социального капитала как политико-экономического феномена / С. Ю. Солодовников // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2017. – Вып. 5. – С. 6–56.

12. Солодовников, С. Ю. Код Джона Кейнса или о допустимых интерпретациях экономических текстов / С. Ю. Солодовников // Экономическая наука сегодня : сб. науч. ст. / БНТУ. – Минск, 2017. – Вып. 6. – С. 293–303.

13. Солодовников, С. Ю. Экономический рост и истинные инвестиции: сущность и взаимообусловленность / С. Ю. Солодовников // Вестник КРАГСиУ. Серия «Теория и практика управления». – 2017. – № 18 (23). – С. 56–63.

## REFERENCES

1. Kagermann, H. Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution [Elektronische Quelle] / H. Kagermann, W.-D. Lukas, W. Wahlster // VDI Nachrichten. – Zugriffsmodus: <https://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriellen-Revolution>. – Zugriffsdatum: 25.07.2018.

2. Zukunftsprojekte der Bundesregierung [Elektronische Quelle] // Die neue Hightech Strategie Innovationen fuer Deutschland. – Zugriffsmodus: <https://www.hightech-strategie.de/de/Zukunftsprojekte-der-Bundesregierung-972.php>. – Zugriffsdatum: 15.08.2018.

3. Digital transformation monitor. Germany: Industrie 4.0 // Europäische Kommission. – P. 3. – Access mode: [https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM\\_Industrie%204.0.pdf](https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/dem/monitor/sites/default/files/DTM_Industrie%204.0.pdf). – Access date: 15.08.2018.

4. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] / Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft // Bundesministerium für Bildung und Forschung. – 116 s. – S. 89. – Zugriffsmodus:

[https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf). – Zugriffsdatum: 08.08.2018.

5. Was ist Industrie 4.0? [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/WasIndustrie40/was-ist-industrie-40.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

6. Die Geschichte der Plattform Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html/>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

7. Hintergrund zur Plattform Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Plattform-Industrie-40/plattform-industrie-40.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

8. In der Praxis [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/in-der-praxis.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

9. Landkarte Industrie 4.0 [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/karte-anwendungsbeispiele-formular.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

10. Konsequente Fokussierung auf Bedarf des Mittelstandes [Elektronische Quelle] // Plattform Industrie 4.0. – Zugriffsmodus: <https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Plattform/Ergebnisse/ergebnisse.html>. – Zugriffsdatum: 17.08.2018.

11. Solodovnikov, S. Ju. Teoretiko-metodologičeskie osnovy issledovanija social'nogo kapitala kak politiko-jekonomičeskogo fenomena / S. Ju. Solodovnikov // Jekonomičeskaja nauka segodnja : sb. nauch. st. / BNTU. – Minsk, 2017. – Vyp. 5. – S. 6–56.

12. Solodovnikov, S. Ju. Kod Dzhona Kejnса ili o dopustimyh interpretacijah jekonomičeskikh tekstov / S. Ju. Solodovnikov // Jekonomičeskaja nauka segodnja : sb. nauch. st. / BNTU. – Minsk, 2017. – Vyp. 6. – S. 293–303.

13. Solodovnikov, S. Ju. Jekonomičeskij rost i istinnye investicii: sushh-nost' i vzaimoobuslovlennost' / S. Ju. Solodovnikov // Vestnik KRAGSiU. Serija «Teorija i praktika upravlenija». – 2017. – № 18 (23). – S. 56–63.

*Статья поступила в редакцию 20 сентября 2018 года.*