

Потенциал кластеров по формированию востребованных компетенций и развитию гибкости компаний

Марта Гётц

Доцент, m.gotz@vistula.edu.pl

Университет Вистула (Vistula University), Польша, ul. Stokłosy 3, 02-787 Warsaw, Poland

Аннотация

Под влиянием четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0) глобальные цепочки создания стоимости преобразуются в адаптивные сети предприятий. Для того чтобы оставаться конкурентоспособными, компаниям необходимо встраиваться в них, что требует повышенной гибкости в плане реорганизации структуры бизнеса и портфеля компетенций. В статье предпринята попытка провести связь между концепциями Индустрии 4.0 и кластеров. Это оригинальный взгляд,

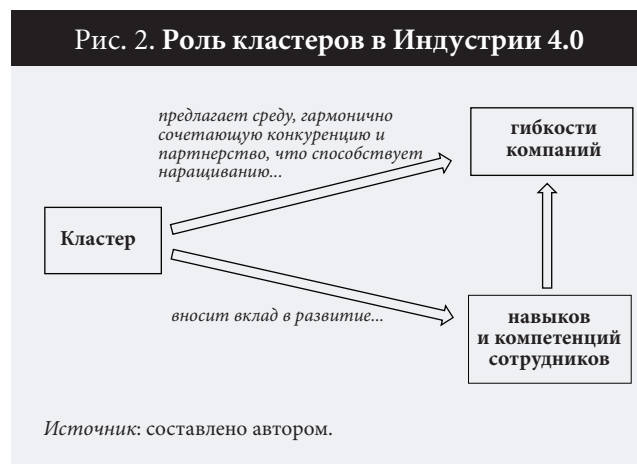
который поможет увидеть роль кластеров в формировании компетенций, востребованных в новом контексте. Показано, что фактор пространственной близости предоставляет уникальные возможности для взаимодействия, которые не могут быть обеспечены цифровыми технологиями дистанционной коммуникации. Как следствие, кластеры при соблюдении определенных требований не утратят актуальности в контексте Индустрии 4.0, а, напротив, способны стать ее драйверами.

Ключевые слова: четвертая промышленная революция; Индустрия 4.0; кластеры; сети; глобальные цепочки создания стоимости; гибкость; компетенции

Цитирование: Götz M. (2019) The Industry 4.0 Induced Agility and New Skills in Clusters. *Foresight and STI Governance*, vol. 13, no 2, pp. 72–83. DOI: 10.17323/2500-2597.2019.2.72.83

Четвертая промышленная революция (*Industry 4.0*, далее — Индустрия 4.0) становится объектом внимания политиков, деловых кругов и ученых ввиду ее глобального охвата, прежде всего в развитых странах [Schuh et al., 2014; Hermann et al., 2015]. Эксперты сходятся во мнении относительно масштабов перемен, к которым приведет цифровая трансформация. Необходимость адаптации к ним побуждает к серьезной корректировке национальных программ развития, отраслевых стратегий, бизнес-моделей, методов производства, управления цепочками создания стоимости и критериев оценки привлекательности территорий [UNCTAD, 2017]. Однако у специалистов нет консенсуса — считать ли происходящие процессы четвертой волной революции или очередной стадией третьей волны [Alcácer et al., 2016]. Большинство исследователей фокусируются на технологических, инжиниринговых, управленческих и рыночных аспектах трансформации [Kagermann et al., 2013; Drath, Horch, 2014; Brettel et al., 2014; Lydon, 2016]. Связь между Индустрией 4.0 и кластерами в научных работах практически не освещена [Götz, Jankowska, 2017]. Системный подход к оценке Индустрии 4.0 только формируется [Liao et al., 2017]. Под влиянием этого процесса радикально трансформируются международные цепочки создания стоимости и производственные системы [Folkerts-Landau, Schneider, 2016; Alcácer et al., 2016; Strange, Zucchella, 2016; UNCTAD, 2017], возникают высокоадаптивные сети интегрированных предприятий [Kagermann et al., 2013]. Для того чтобы оперативно встраиваться в них, компаниям следует гибко менять производственные процессы и обогащать компетенции персонала (рис. 1). Кластеры как гибридный организационный формат, сочетающий кооперацию и конкуренцию, могут обеспечить благоприятные условия для цифровой трансформации бизнеса и приобретения необходимых компетенций (рис. 2) [Alcácer et al., 2016; Sajdak, 2014; UNCTAD, 2017; ASTOR, 2017].

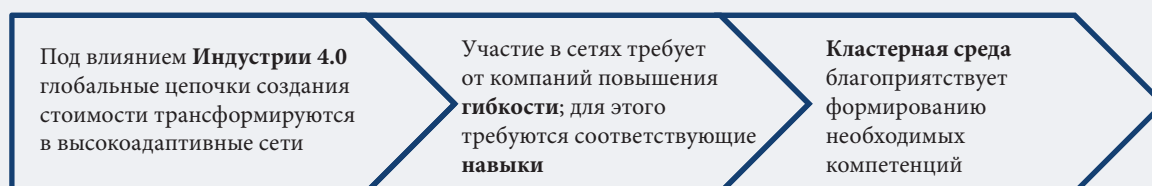
В статье предпринята попытка выявить связи между концепциями Индустрии 4.0 и кластеров, углубить по-



нимание роли последних в цифровизации производства. Связи оцениваются с позиций сетевого взаимодействия, глобальных цепочек создания стоимости и адаптивности компаний. Источниками данных послужили академическая литература, посвященная развитию информационных технологий (ИТ) и отдельных секторов¹, комментарии отраслевых специалистов в польских² и международных СМИ³, а также результаты личных бесед автора с экспертами⁴. Интервью с представителями бизнеса и науки проходили в середине 2016 г. в очной и заочной формах (переписки по электронной почте). Обсуждавшиеся темы представлены в табл. 1.

Экспертные мнения использовались для подтверждения и обоснования тезисов статьи, которая носит поисковый характер и содержит концептуальный анализ отдельных аспектов цифровой трансформации. Мы попытались описать характер связей между Индустрией 4.0 и концентрацией экономической активности в кластерах, а также возможности, которые они предоставляют компаниям для развития компетенций сотрудников, повышения организационной адаптивности и осуществления успешной цифровой трансформации.

Рис. 1. Перемены, вызванные Индустрией 4.0, и их связь с кластерами



Источник: составлено автором.

¹ Исследователи только начинают обращаться к предпринимательским аспектам Индустрии 4.0.

² Опубликованные в польских СМИ комментарии экспертов в области цифровизации, участвующих в программах развития Индустрии 4.0, в частности Радомира Гружи (Radosław Grucza) (вице-председатель REC Global), Михала Качурбы (Michał Kaczurba) (менеджер предприятия-партнера Microsoft), Томаша Ядчака (Tomasz Jadczyk) (председатель SAP w Asseco Poland), Роберта Кравчински (Robert Krawczyński) (Oracle Polska), Давида Лиса (David Lis) (директор Transition Technologies SA, Poland Solution Center), Богумила Камински (Bogumil Kamiński) (профессор Варшавской школы экономики (Warsaw School of Economics) и партнер Infovide-Matrix), Марыли Павлик (Maryla Pawlik) (директор BPSC).

³ Опубликованные и цитируемые в СМИ мнения представителей компаний Siemens, Volkswagen, Baluff, Rec Global и Mercedes.

⁴ Консультации с проф. Камински, Ярославом Грацелом (Jarosław Gracel) (ASTOR), Бартошом Волински (Bartosz Woliński) (Siemens), Збигневом Пиатеком (Zbigniew Piątek) (Przemysł 4.0.PL).

Табл. 1. Темы интервью

Тематический блок	Вопросы для обсуждения
Основные драйверы Индустрии 4.0 и связанные с этим вызовы	<ul style="list-style-type: none"> • Технические (скорость передачи данных и безопасность сетей) • Правовые (законодательные акты, стандарты, нормы) • Социальные (исчезновение многих профессий, высокий спрос на квалифицированных и образованных работников) • Основные вызовы Индустрии 4.0 — проявления в отдельных странах и в международном контексте, влияние на экономические связи в рамках глобальных цепочек создания стоимости
Конкурентоспособность в контексте Индустрии 4.0	<ul style="list-style-type: none"> • Ключевые текущие и перспективные детерминанты конкурентоспособности и международного сотрудничества в рамках цепочек создания стоимости в условиях Индустрии 4.0 • Возможность достижения баланса между правовыми условиями (международное регулирование), техническими аспектами (безопасность передачи данных) и реализацией потенциала отдельных компаний (насколько критической будет для них способность адаптироваться к решениям Индустрии 4.0)
Реконфигурация и риски	<ul style="list-style-type: none"> • Попадут ли традиционные поставщики и партнеры в сложную ситуацию, если не смогут обеспечить должный уровень автоматизации и цифровизации? • Как изменится характер деловых связей? • Степень риска ухода с рынка предприятий, не способных адаптироваться
Асимметрия и монополизация выгод	<ul style="list-style-type: none"> • Усиливается ли в результате перемен и появления новых бизнес-моделей (чрезмерная) зависимость поставщиков? • Выигрывают ли от перемен только лидеры, первопроходцы, способные адаптировать те или иные решения благодаря квазимонопольному положению («лидеры гонки»)?
Формирование оптимальной системы мониторинга прогресса Индустрии 4.0*	<ul style="list-style-type: none"> • Как оценивать развитие Индустрии 4.0 в международном контексте?
<p><i>Примечание:</i> * — доступные данные и индикаторы, в частности, характеризующие развитие широкополосных сетей, использование компьютеров и т. п., дают лишь частичное представление об условиях и потенциале Индустрии 4.0, но не иллюстрируют реальные возможности компаний в отношении трансформации бизнес-моделей.</p> <p><i>Источник:</i> составлено автором.</p>	

Концептуальные определения Индустрии 4.0 и кластеров

Несмотря на растущий интерес к изучению новой волны цифровизации, работы, посвященные системному анализу этого процесса, пока немногочисленны [Roblek et al., 2016; Liao et al., 2017]. Предлагаются различные определения термина Индустрия 4.0, акцентирующие внимание на тех или иных аспектах (примеры см. в табл. 2). Концепция Индустрии 4.0 рассматривается как базовая модель для формирования стратегий промышленного развития во многих странах, охватывающая автономную усовершенствованную робототехнику, дополненную реальность, аддитивные производственные технологии, искусственный интеллект, большие данные и облачные вычисления. Ключевые элементы этой кон-

цепции — децентрализованный сбор данных, высокоскоростные коммуникации, интеграция контента в реальном времени и автономное выполнение производственных операций [Immink, 2015; Bosch, 2014].

Индустрия 4.0 представляет собой совокупность определенных ИТ-разработок, уникальных инженерных решений и комбинацию достижений в области компьютерных наук и менеджмента. Цифровизация традиционных производственных секторов приводит к постепенному размыванию границ между компаниями, секторами и даже географическими регионами. Между тем, основной массив научных публикаций по теме Индустрии 4.0 в настоящее время посвящен технологическим аспектам. Материалы международных организаций и аналитических центров фокусируются прежде

Табл. 2. Примеры определений понятия «Индустрия 4.0»

Организация	Трактовка	Источники
Ассоциация германской промышленности (Bundesverband der Deutschen Industrie, BDI)	Четвертая промышленная революция	[BDI, n.d.]
Германское агентство торговли и инвестиций (Germany Trade & Invest, GTI)	Сдвиг парадигмы от «централизованного» к «децентрализованному» производству на основе «коммуникаций между продуктами»	[GTI, n.d.]
McKinsey	Очередной этап цифровизации промышленного производства	[Manyika et al., 2016]
SAP	Общий термин, характеризующий технологии и концепции организации цепочек создания стоимости	[SAP, 2017]
Европейский парламент (European Parliament)	Совокупность быстрых трансформаций	[Smit et al., 2016].
<i>Источник:</i> составлено автором по материалам перечисленных работ.		

всего на ожидаемых преимуществах и вызовах, связанных с этим процессом, тогда как его пространственные аспекты пока осмыслены далеко не полностью. Это касается и вклада кластеров в повышение гибкости компаний и приобретение необходимых навыков.

Под кластерами понимаются территориальные объединения компаний, специализированных поставщиков, провайдеров услуг и смежных организаций, действующих в стране или в регионе [Porter, 2000]. Описывающая их концепция широко распространена в академических и политических кругах и тем не менее иногда подвергается критике за недостаточную четкость [Pedersen, 2005]. Основные характеристики кластеров представлены в табл. 3.

Трансформация сетей и глобальных цепочек создания стоимости

Под влиянием Индустрии 4.0 возникают «умное» распределенное производство, самооптимизирующиеся системы, цепочки поставок в информационной киберфизической среде [Brettel et al., 2014], базирующиеся на автономной «коммуникации» между цифровыми устройствами [Smit et al., 2016]. Предложена концепция «подключенного предприятия» (*connected enterprise*), в соответствии с которой практически все участники цепочки создания стоимости взаимодействуют между собой. Появились новые механизмы управления глобальными цепочками создания стоимости, формирования глобальных производственных сетей, поддерживаемых прямыми иностранными инвестициями [Foster, Graham, 2016]. Активно практикуется аутсорсинг [Rangan, Sengul, 2009], растет импортозамещение [Chen, Kamal, 2016]. Цифровизация глобальных цепочек поставок преобразует модели партнерства и конкуренции, предлагая решения для потребителей, в которых лишь небольшая часть стоимости приходится на долю машин и оборудования [UNCTAD, 2017; Mikusz, 2014].

Различия в бизнес-моделях между традиционными производителями товаров и программного обеспечения все больше нивелируются. В стремлении нарастить конкурентоспособность многие компании ориентируются на индивидуальные потребности клиентов, вовлекают их и других внешних субъектов в сетевое взаимодействие для создания инноваций. Цифровизация и аддитивные технологии устраняют пространственные и временные ограничения на производство товаров и

услуг. С точки зрения экономических эффектов приоритетным становится достижение не «экономии от масштаба» (*economies of scale*), а «экономии от охвата» (*economies of scope*). Получает распространение модель «производство как услуга» (*manufacturing as a service*, MaaS), при которой производители становятся провайдерами услуг. Это обусловлено тем, что потребители предпочитают «брать напрокат» многие продукты, а не покупать [Kumar et al., 2016]. Компании все чаще арендуют производственные мощности и инфраструктуру, чтобы оптимизировать объемы выпуска продукции. Крупные производители за счет экономии на масштабах и эффективного использования доступных данных часто диверсифицируют бизнес, расширяя возможности для роста. В результате усиливается размывание границ между секторами, а управление глобальными цепочками создания стоимости усложняется [Manyika et al., 2016]. Индустрия 4.0 меняет не только архитектуру и организацию процесса создания стоимости, но саму логику производства. На смену поэтапным операциям (цепочке) по наращиванию стоимости приходят сети, а затем платформы. В таком контексте кластеры играют роль концентраторов в глобальных производственных сетях, или центров современных промышленных платформ [Götz, Jankowska, 2017].

В современных «цифровых» промышленных системах часто наблюдаются те же процессы, что и в кластерах, — активная кооперация участников, обмен передовыми разработками, итеративная модернизация, интеграция производственных процессов, оптимизация операционной деятельности, диверсификация работы с поставщиками. Аналогичным образом, специализированные предприятия кластеров сотрудничают и конкурируют между собой в цепочке создания стоимости, при необходимости передавая те или иные функции на аутсорсинг, или, напротив, объединяются с другими организациями. Потенциал создания и распределения стоимости определяется условиями формирования новых сетей и участия в них.

В контексте Индустрии 4.0 большие преимущества дает способность гибко встраиваться в сложившиеся сети предприятий. Меняется характер взаимодействия между компаниями, которые организуют комбинированное производство товаров и услуг [Hüther, 2016]. Высокий уровень коммуникационных технологий позволяет быстро обмениваться информацией и за-

Табл. 3. Основные характеристики кластеров

Смысловое значение	<ul style="list-style-type: none"> • Действенный инструмент политики регионального развития, формирующий оптимальную среду для сочетания конкуренции с партнерством, синергии и инновационной активности [Njøs et al., 2016] • Гибридный формат взаимодействия, позволяющий налаживать долгосрочное сотрудничество и взаимовыгодную торговлю [Maskell, Lorenzen, 2003]
Факторы привлекательности для потенциальных участников [Porter, 2000; Ketels, 2004; Brodzicki, 2005; Götz, 2009]	<ul style="list-style-type: none"> • Возможность достижения высокой конкурентоспособности и реализации инновационного потенциала • Благоприятная среда для обмена знаниями • Финансовый эффект агломерационной экономики, обеспечивающий повышенную результативность и, следовательно, прибыльность • Институциональная среда, способствующая снижению неопределенности и транзакционных издержек
Источник: составлено автором.	

давать жесткую последовательность операций в производственной цепочке. Плотность кооперационных сетей растет, создавая предпосылки для формирования киберфизических систем [Brettel et al., 2014]. Интенсивность сетевых взаимосвязей зависит от ряда факторов, включая репутацию, бэкграунд участников, степень взаимного доверия и заинтересованность в достижении общих целей [Cooke, 2001, p. 953]. В высококонкурентной, «подключенной» (*connected*) среде участие в сетях становится залогом жизнеспособности компаний [Forsgren, 2016; Johanson, Vahlne, 2009].

Из-за постоянной перемены внешнего контекста деятельности компании пересматривают стратегии достижения конкурентных преимуществ. В работе [Ratajczak-Mrozek, 2010] анализируется связь между участием в бизнес-сетях и конкурентоспособностью компаний на внешних рынках. Интерес исследователей к сетевому взаимодействию предпринимателей возник вследствие проникновения передовых технологических решений на рынок профессиональных услуг и усиления международного соперничества. Сеть формируется в результате постепенного выстраивания контактов (формальных и неформальных, прямых и опосредованных) между игроками. Сетевое взаимодействие носит децентрализованный характер, притом что некоторые участники могут играть роль «стратегического центра». Состав членов сети меняется редко ввиду ощутимых издержек, связанных с процессом взаимной адаптации. В то же время необходимость реагирования на новые возможности и угрозы, стремление уменьшить неопределенность контекста ведут к появлению новых и распаду прежних связей между акторами. Как следствие, бизнес-сети гибко эволюционируют [Forsgren et al., 1995; Johanson, Mattsson, 1987]. Возникают виртуальные корпорации — сети независимых организаций, которые объединяют собственные компетенции для извлечения преимуществ из новых рыночных возможностей [Davidow, Malone, 1992]. Подобные альянсы оперативно реагируют на изменение конъюнктуры и добиваются устойчивых позитивных эффектов [Christopher, 2000].

Кластеры как передовой формат сетевого взаимодействия предполагают локализацию профессиональных связей в определенной сфере, облегчающую доступ к квалифицированным кадрам, стимулирующую «перетекание» знаний и технологий по различным каналам [Overman et al., 2001]. Участники кластеров концентрируются на конкретной территории, тогда как компании, входящие в обычные сети, могут дислоцироваться удаленно друг от друга [Sorenson, 2003]. Географическая близость благоприятствует регулярным контактам, в результате усиливается социальное взаимодействие участников, развивается взаимовыгодное партнерство, облегчается передача знаний [Rosenkopf, Almeida, 2003]. Кластеры, сосредоточенные на определенной территории, могут входить в более масштабную цепочку стоимости и контактировать с субъектами из других регионов — компаниями, научными организациями, органами власти. Таким образом, они представляют собой географические агломерации взаимосвязанных отраслей и смежных институтов [Delgado et al., 2014;

Marshall, 1920; Krugman, 1991; Ellison, Glaeser, 1997]. Кластерная среда способствует интенсивному межсекторальному взаимодействию в таких аспектах, как обмен знаниями, повышение квалификации персонала, доступ к ресурсам и др. [Delgado et al., 2014].

Цифровизация и новые требования к компетенциям

Цифровизация — сверхсложный процесс, который несет с собой многочисленные преимущества для компаний, но одновременно создает риски попадания в «ловушки» [Schmidt et al., 2015]. Радикальная трансформация всей цепочки поставок — от дизайна и разработки продукции до менеджмента, логистики и конечного распределения — побуждает компании к пересмотру бизнес-моделей и реструктуризации деятельности [Prause, 2015]. Среди возможных решений — возникновение «фрактальных» компаний (*fractal companies*), отличающихся динамичностью, самоподобием (*self-similarity*), способностью к самоорганизации и самооптимизации [Warnecke, 1997]. Как и кластеры, такие предприятия можно отнести к мультиагентным системам: «фракталы» осуществляют мониторинг среды и принимают решения на основе полученной «обратной связи».

До недавнего времени стратегической целью любой компании считалось обеспечение долгосрочных конкурентных преимуществ, в отсутствие которых ее положение на рынке оказывалось крайне нестабильным. Однако в последние десятилетия логика выбора ориентиров меняется [D'Aveni, 1998]. В условиях сверхжесткой, нарастающей конкуренции на первый план выходят гибкость, способность оперативно адаптироваться к изменениям, превосходить их [Romanowska, 2004]. Другими словами, на смену устойчивым конкурентным преимуществам приходят циклические состояния превосходства. Меняются представления о самом этом понятии [D'Aveni, 1998]. На первый план выступает не долгосрочное удержание достигнутых конкурентных преимуществ, а постоянный поиск новых способов, обеспечивающих доминирующее положение в сетях. Для этого требуется в первую очередь организационная гибкость, считающаяся одним из важнейших качеств в новом контексте [Morisse, Prigge, 2017].

Индустрию 4.0 можно рассматривать как меняющееся, гибкое, реконфигурируемое и виртуальное производство, основанное на использовании интеллектуальных, интегрированных и автоматизированных производственных систем, обладающих сложной архитектурой [Qin et al., 2016]. Радикальные перемены в характере связей поставщиков с производителями и клиентами, отношений между человеком и машиной представляют серьезную угрозу для компаний, не успевающих за темпами цифровизации [Hessami, 2017; Rüßmann et al., 2015]. Всем участникам сетей предстоит скорректировать деятельность таким образом, чтобы не «застрять» в ловушке инкрементальной модернизации. Прежде всего это касается поставщиков новых технологических решений [Rüßmann et al., 2015]. Основные меры адаптации включают:

- выбор бизнес-модели для модернизации или обновления продукции;
- формирование необходимого технологического фундамента и инструментальной базы для измерения результатов;
- выстраивание оптимальной организационной структуры;
- переход на новые технологические стандарты, участие в их формировании;
- проектирование долгосрочных сценариев промышленной эволюции.

Перечисленные шаги предполагают ориентацию на отдаленный горизонт, однако значимость гибкого реагирования на меняющиеся условия не следует уменьшать. Компаниям отводится роль носителей компетенций, генераторов знаний, центров изобретательской, инновационной и образовательной деятельности [Amin, Cohendet, 2012]. Ключевым активом для поддержания конкурентоспособности признается корпоративная гибкость (*agility*). Это многоаспектное понятие получило различные трактовки в литературе, обобщая которые, можно выделить важнейшие характеристики таких компаний [Manyika et al., 2016; Meredith, Francis, 2000; Gunasekaran, 1998; Sajdak, 2014]:

- умение извлекать ценную информацию при работе с «большими данными»;
- превентивная идентификация внешних угроз и рыночных возможностей;
- оперативная реакция на изменение рыночной ситуации;
- адаптивность к переменам;
- открытость новым возможностям;
- способность быстро учиться;
- децентрализованный подход к управлению;
- способность гибко менять организационную структуру, бизнес-процессы, портфели материальных и нематериальных активов;
- виртуозное сочетание стратегического планирования с операционной деятельностью (*ambidexterity*);
- бережливое производство (*lean production*);
- персонализация предложений для клиентов.

Степень корпоративной гибкости определяется в первую очередь поведением персонала, а не благоприятной кластерной средой. Индустрия 4.0 представляет серьезные вызовы для занятости. Нестабильность на рынке труда будет усиливаться. Усложнение рабочих задач требует повышенной гибкости и адаптивности. Существует риск возникновения «общества песочных часов» (*hourglass society*), при котором средний класс постепенно «утончается» вплоть до полного исчезновения, а социальное расслоение усиливается. Этот процесс наблюдается не только на уровне отдельных стран, но и в общемировом масштабе, затрагивая глобальные цепочки стоимости. Другой вызов состоит в том, что в результате распространения автоматизации и роботизации представители многих профессий окажутся невостребованными, и для снижения социальной напряженности придется вводить такие меры, как всеобщий базовый доход. С учетом острого дефицита специалистов иных профессий возникает дисбаланс компетен-

ций [Mesnard, 2016]. Несмотря на это, в долгосрочной перспективе с цифровизацией связывается рост числа рабочих мест. Исследование, проведенное Кёльнским институтом экономики (Institut der deutschen Wirtschaft, IW Köln), показывает, что корректировки стратегий, предпринимаемые компаниями Германии, могут произвести положительный эффект. Примерно треть компаний, осуществляющих цифровизацию, планируют увеличить численность работников, и лишь десятая часть готовится к сокращениям [Klös, 2016].

Пока трудно оценить возможные последствия радикального изменения компетентностных профилей, обусловленного Индустрией 4.0. Если промышленное развитие пойдет по пути углубления специализации, при котором киберфизические системы будут управляться людьми, можно рассчитывать на положительные эффекты для занятости, тогда как сценарий роботизации способен превратить человека в придаток цифровых систем. Индустрия 4.0, с большой вероятностью, изменит структуру рынка труда — произойдет замена одних рабочих мест другими, что создаст колоссальный вызов для системы образования и профессионального обучения. Формирование критической массы актуальных знаний и навыков невозможно без тесного сотрудничества между наукой и бизнесом, развитию которого кластерная среда способствует в полной мере.

Точный и всеохватный перечень компетенций, востребованных Индустрией 4.0, сформировать невозможно. Разные исследователи и организации предлагают собственные «портфели», акцентируясь на тех или иных аспектах (примеры см. в табл. 4). В целом помимо «жестких», узкоспециализированных навыков все более актуальными становятся «мягкие» — универсальные личностные качества, востребованные в различных профессиях, такие как умения работать в команде, предвидеть будущие вызовы, выявлять закономерности, предвосхищать потребности клиентов, быстро адаптироваться к неожиданным ситуациям и многие другие. Важную роль в их формировании играет организационная среда, включая условия занятости, модели лидерства и менеджмента, которые должны стимулировать соответствующее отношение и поведение сотрудников. Продуктивная бизнес-среда характеризуется повышенной открытостью, атмосферой взаимопонимания, сотрудничества, готовности к достижению консенсуса, активностью групп поддержки [Črešnar, Jevšenak, 2019]. Отметим, что значимость «культуры побуждения» в большинстве компаний недооценивается, а соответствующий стиль руководства и наставничества не практикуется. Наиболее подготовленными к подобной среде и способными самостоятельно воздействовать на нее окажутся «миллениалы». Их отношение к жизни и работе определяется такими ценностями, как стремление к личностному росту и самосовершенствованию, открытость переменам.

Кластеры в контексте Индустрии 4.0

Как отмечено ранее, кластеры стоят перед многообразием вызовов и возможностей, которые несет

Табл. 4. Примеры подходов к определению компетенций, актуальных в условиях Индустрии 4.0

Концепция	Содержание
Расширенные компетенции [Grzybowska, Łupicka, 2017; Kinkel et al., 2016]	<ul style="list-style-type: none"> • Креативность • Предпринимательское мышление • Умение решать проблемы и улаживать конфликты • Искусство принятия решений • Навыки анализа информации, проведения научных исследований • Оперативность реагирования • Готовность к риску • Способность извлекать уроки из ошибок • Сотрудничество с конкурентами в определенных аспектах • Быстрая обучаемость • Создание «сквозных» инноваций
Инженер 4.0 [ASTOR, 2017]	<ul style="list-style-type: none"> • Стратегическое мышление • Работа в междисциплинарных командах • Создание интуитивно понятных алгоритмов • Навыки координации взаимодействия людей и машин • Умение анализировать деятельность конкурентов и коллег, учиться у них • Аналитические навыки • Целеустремленность и любопытство (самотивация) • Стремление к саморазвитию как основной источник мотивации в противовес финансовым стимулам • Инициативность • Открытость разнообразию в рабочих взаимоотношениях и выполняемых задачах • Способность в доступной форме донести специализированную техническую информацию до аудитории и добиться ее положительного восприятия • Акцент на деталях • Стремление к совершенству • Высокое качество работы, соблюдение стандартов, правил и процедур

Источник: составлено автором.

Индустрия 4.0. На первый взгляд, эти две модели «несовместимы» (см. сравнительные характеристики в табл. 5). В контексте базовой идеи Индустрии 4.0 о том, что «расстояние роли не играет», фактор пространственной близости теряет прежнее значение. Интернет-коммуникации позволяют выйти за рамки фиксированного предложения кластеров, обусловленного локальной спецификой. Возможность дистанционного взаимодействия снижает потребность в пространственной близости партнеров, вследствие чего кластеры сталкиваются с угрозой потерять актуальность.

В то же время кластеры обладают широким потенциалом для того, чтобы стать драйверами Индустрии 4.0 [Götz, Jankowska, 2017]. Механизмы создания и распространения знаний в цифровую эпоху могут быть согласованы с особенностями инновационных процессов в кластерах, в которых прослеживаются такие перспективные бизнес-модели Индустрии 4.0, как «подключенные» компании с размытыми границами и цифровые бизнес-экосистемы. Кластеры можно рассматривать как полигоны для экспериментов с решениями, предлагаемыми

Индустрией 4.0. Они играют роль ядра платформенных сетевых архитектур, формируют благоприятную среду для создания и распространения знаний и служат площадкой для реализации сложных проектов. Продолжает играть важную роль фактор пространственной близости. Не все взаимоотношения с внешними контрагентами могут быть переведены в формат удаленного взаимодействия. Компании, входящие в кластеры, повсеместно внедряют новейшие ИТ-решения для обслуживания потребителей, однако в значительно меньшей степени готовы к переходу на дистанционную коммуникацию с субподрядчиками, поставщиками и другими партнерами. По-видимому, они полагаются на гибкие, доверительные неформальные контакты, которые не так просто «виртуализировать» в электронной форме [Belussi, 2005].

Обладая перечисленными качествами, кластеры способны стимулировать технологический прогресс и обеспечить плавную цифровую трансформацию бизнеса. Наибольшие возможности — у кластеров, входящих в соответствующие национальные стратегии или целевые программы.

Табл. 5. Сравнительные характеристики кластеров и Индустрии 4.0

Измерения	Кластер	Индустрия 4.0
Охват	Географический, пространственно ограниченный феномен	Распределенная деятельность на основе ИТ
Эффекты	Региональное и локальное обучение и производство, фиксация специализированной деятельности в конкретных локациях	Распределение операций в глобальном масштабе путем «подключения» пространственно удаленных предприятий, возможность повсеместного производства любых товаров и услуг вне зависимости от времени
Драйверы	Агломерация, специализация	Урбанизация, диверсификация

Источник: составлено автором.

В качестве примера рассмотрим кейсы победителей «Конкурса передовых кластеров» (Leading-Edge Cluster Competition), организованного Федеральным министерством образования и научных исследований Германии (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBWF)⁵. Анализ результатов этого конкурса дает представление о многообразии форматов и ролей, позволяющих кластерам стать частью Индустрии 4.0.

Флагманская инициатива — кластер *ITS OWL* (Intelligent Technical Systems OstWestfalenLippe), расположенный в Падерборне. Ему присвоен статус центра компетенций в сфере цифровой трансформации производства. Кейс *ITS OWL* наглядно демонстрирует вклад кластеров в цифровизацию бизнеса. Кластер охватывает свыше 170 предприятий, университетов, лабораторий и других участников, совместными усилиями реализующих около 50 передовых проектов.

Биотехнологический кластер *CLIB2021* (Дюссельдорф) функционирует в формате открытого инновационного альянса (25% членов — иностранные организации) и располагает диверсифицированным портфелем компетенций. Его деятельность направлена на расширение внутренней и сквозной кооперации в рамках существующих цепочек создания стоимости, а также формирование новых. Кластер открыт к принятию новых членов, интегрирует различные секторы (химия, пищевая промышленность, косметика, фармацевтика), стимулирует развитие компетенций в сфере интеллектуальной собственности, маркетинга, дизайна и служит платформой для совместных проектов. Его участники вовлечены в программу *Horizon 2020*, предлагают возможности для обучения персонала и создают «платформы» на внешних рынках.

Кластер «*Netzwerk Smart Production*» (Мангейм) выполняет функцию инструмента региональной политики технологического развития, призванного стимулировать цифровизацию регионального бизнеса, сотрудничество и расширение экспорта. Среди его участников — *Roche*, *SAP*, *ABB* и *E&Y*. Индустрия 4.0 рассматривается как инструмент для превращения региона в «территорию новаторов-первопроходцев».

С аналогичной целью в Фелбахе создан *Центр виртуальных измерений* (Virtual Dimension Center, *VDC*). Он объединяет 100 организаций, разрабатывающих 3D-модели с применением таких технологий, как симуляция, визуализация, управление жизненным циклом продуктов (*product lifecycle management*, *PLM*), автоматизированный инжиниринг (*computer-aided engineering*, *CAE*) и виртуальная реальность (*virtual reality*, *VR*). Участники образуют единую цепочку создания стоимости в сфере виртуального инжиниринга. Организуются семинары, встречи потенциальных партнеров; компаниям обеспечивается поддержка в получении необходимой информации, а также в области маркетинга, трансфера технологий и привлечения финансирования.

Таким образом, стандартной унифицированной модели «кластера Индустрии 4.0» не существует. Говорить об успехе рассмотренных инициатив пока рано. Тем не менее анализ их кейсов расширяет представления и повышает информированность о трендах Индустрии 4.0, а деятельность подобных структур способствует распространению новой технологической волны, прежде всего усилиями малого и среднего бизнеса.

Результативность кластеров во многом определяется функционированием управляющих организаций. Как показывает пример *ITS OWL*, в их задачи входит не только предоставление необходимых знаний и иные меры поддержки инновационной деятельности, но и содействие трансферу технологий, которые должны быть одинаково доступны всем участникам. Эти функции можно реализовать путем организации различных мероприятий, учебных курсов, создания испытательных и демонстрационных центров, презентации пилотных проектов. Следует избегать замыкания кластеров самих на себе и попадания в ловушку узкой специализации, что чревато негативными последствиями. Открытость и приток свежих идей приобретают критическое значение в быстро меняющейся бизнес-среде цифровой эпохи. Продвижению кластера способствует создание уникального бренда и имиджа.

Не менее важную роль играют университеты и другие учебные заведения. Помимо выполнения высококачественных исследований они должны активно сотрудничать с компаниями, чтобы обеспечить соответствие своих учебных программ потребностям участников кластера и местного рынка труда. В последние годы растет число предпринимательских университетов [*Audretsch*, 2014], деятельность которых зависит от локального контекста, но чаще всего сводится к созданию инкубаторов, центров трансфера технологий и/или компаний-спиноффов [*Pugh et al.*, 2018]. Помимо этого многие из них активно участвуют в развитии регионов, способствуя формированию предпринимательского климата и новаторского мышления [*Audretsch*, *Keilbach*, 2008; *Audretsch*, 2014].

Перечисленные механизмы имеют особое значение для укрепления связей науки с бизнесом, что в современных динамичных условиях делает возможной плавную трансформацию экономики и общества. Эффективность применения этих механизмов во многом зависит от характера локальной инновационной системы, которая базируется на принципе «сделай сам» (*do it yourself*, *DUI* — обучение посредством взаимодействия, на практическом опыте) либо на концепции «наука – технологии – инновации» (НТИ, *Science, Technology, and Innovation*, *STI* — проведение научных исследований, создание новых технологий и инновационных продуктов) [*Jensen et al.*, 2007]. В первом случае предполагается создание синтезированных знаний (рекомбинация знаний в целях практического использова-

⁵ Всего по итогам конкурса поддержку получили 15 кластеров. Подробное описание см. на сайте Германской кластерной платформы (German Cluster Platform). Режим доступа: <http://www.clusterplattform.de/CLUSTER/Navigation/EN/Home/home.html>, дата обращения 21.03.2019.

ния) и инноваций (в ходе взаимодействия с поставщиками, клиентами и конкурентами) [Fitjar, Rodriguez-Pose, 2013]. Во втором — основное внимание уделяется затратам на ИиР, инвестициям в подготовку высококвалифицированных кадров (научных и др.), созданию новых технологий и инфраструктур, стимулированию сотрудничества с научными центрами и университетами. Итогом становится создание преимущественно аналитических знаний (научных принципов, открытий и формул).

Растет число исследований, посвященных оценке вклада университетов в создание новых предприятий [Audretsch et al., 2016]. Университетам целесообразно разрабатывать учебные курсы с акцентом на практику и предлагать программы повышения квалификации в формате непрерывного образования. Персонал кластерных компаний получит возможность постоянно осваивать актуальные компетенции, получать новую специальность. Например, в Польше реализуется инициатива «Инкубаторы лидеров Индустрии 4.0» (Incubators of I4.0 Leaders)⁶. Такие структуры создаются при польских технических университетах и способствуют переходу национальных компаний, в первую очередь малых и средних, к Индустрии 4.0. В этих организациях готовят руководителей в сфере технологической и цифровой трансформации, которые затем самостоятельно обучают новые поколения. Инкубаторы выполняют ряд функций, в том числе:

- предоставление модульных учебных курсов;
- распространение информации;
- организация ознакомительных экскурсий на передовые предприятия;
- проведение семинаров;
- предоставление доступа для представителей малого и среднего бизнеса к демонстрационным моделям, услугам центров компетенций и «живых лабораторий»;
- оказание консультационных услуг;
- содействие предприятиям на стадии внедрения новых технологий.

Заслуживает внимания авиационный учебный центр НСАТ+ в Гамбургском авиационном кластере⁷, готовящий высококвалифицированных специалистов для аэрокосмической промышленности региона. Центр позиционирует себя в качестве координатора и модератора в области профессионального обучения и сертификации. Реализуя совместные проекты, НСАТ+ способствует наращиванию человеческого капитала предприятий. Например, в рамках проекта по сотрудничеству с малым и средним бизнесом DigitnetAir разрабатываются новые концепции будущей профессиональной деятельности в рамках Индустрии 4.0. Школы и университеты формируют модульные курсы, обучающие новым навыкам в целях удовлетворения перспективного спроса. В лабораториях и университетах создаются и те-

стируются передовые решения в сфере Индустрии 4.0, демонстрируются прототипы и др. DigitnetAir решает проблемы преодоления дефицита квалифицированных кадров, адаптирует образовательные системы к новым вызовам и служит примером опережающего развития профессиональных навыков исходя из будущих тенденций и прогнозирования спроса на рынке труда.

Заключение

Феномен Индустрии 4.0 преобразует глобальную экономику и охватывает различные контексты. Однако четкого определения этот термин пока не получил [Brettel et al., 2014]. В статье проанализированы взаимосвязи между концепциями Индустрии 4.0, кластеров, глобальных цепочек создания стоимости, сетей и профессиональных навыков. Под влиянием цифровизации цепочки создания стоимости преобразуются в гибкие сети взаимосвязанных организаций. Для того чтобы компании могли адаптироваться к этим процессам, их сотрудники должны обладать определенными компетенциями, формированию которых способствует кластерная среда. Отдельные аспекты цифровой трансформации производственных систем увязываются с характеристиками кластеров. На примерах кластеров Германии показана организация цифрового производства посредством сетевого взаимодействия в рамках цепочек создания стоимости. Представленные кейсы подтверждают выдвинутый нами тезис о том, что кластеры, претендующие на роль драйверов Индустрии 4.0, должны способствовать повышению гибкости компаний, стимулируя кооперацию и обеспечивая приобретение работниками востребованных компетенций.

Компании, ведущие бизнес в глобальных масштабах и находящиеся в процессе цифровой трансформации, получают преимущества от участия в кластерах. В такой среде формируется необходимая гибкость, позволяющая встраиваться в новые цепочки и интегрированные сети.

Проведенный анализ выявил, что кластеры располагают потенциалом для обеспечения плавной цифровой трансформации бизнеса и стимулирования инновационной деятельности на локальном уровне. Они формируют «культуру сотрудничества», способствуя повышению гибкости компаний за счет развития таких качеств, как адаптивность, оперативность реагирования, виртуозное сочетание стратегического и операционного менеджмента.

Наше исследование призвано расширить базу знаний для разработки программ регионального развития, учитывающих специфику целевых территорий и формирующих благоприятные условия для сетевого взаимодействия. Статья не охватывает весь спектр возможных взаимосвязей между кластерной концепцией и

⁶ Режим доступа: <http://przemysl40.polsl.pl>, дата обращения 21.03.2019.

⁷ Режим доступа: <https://www.hcatplus.de>, дата обращения 21.03.2019.

Индустрией 4.0 [Götz, Jankowska, 2017] и не претендует на полное описание роли кластеров в современных глобальных производственных цепочках [De Marchi et al., 2018]. Ее задача — подготовить площадку для дальнейших углубленных исследований территориальных аспектов цифровой трансформации. В настоящее время в литературе рассматриваются в основном технические вопросы цифровизации. В дальнейшем целесообразно изучить другие аспекты взаимосвязи кластеров с Индустрией 4.0. Так, углубленных исследований заслуживают факторы снижения неопределенности и экосистемные эффекты кластеров для малого и среднего

бизнеса. Наконец, представляет интерес идея о том, что в соответствии с теорией совокупной причинной обусловленности (*cumulative causation*) [Myrdal, 1953; Smit et al., 2016] трансформация, связанная с Индустрией 4.0, будет способствовать появлению новых кластеров.

Статья подготовлена в рамках проекта «Antecedents of cluster's importance for business digital transformation. How clusters can provide industrial commons and related variety and how they undergo the stretching process», профинансированного из средств Программы Беккера (Bekker Programme) Польского национального агентства научных обменов (Polish National Agency for Academic Exchange, NAWA), решение № PPN/BEK/2018/1/00034/DEC/1.

Библиография

- Alcácer J., Cantwell J., Piscitello L. (2016) Internationalization in the information age: A new era for places, firms, and international business networks? // *Journal of International Business Studies*. Vol. 47. P. 499–512. DOI: 10.1057/jibs.2016.22.
- Amin A., Cohendet P. (2012) The Firm as a 'Platform of Communities': A Contribution to the Knowledge-based Approach of the Firm // *Handbook of Knowledge and Economics* / Eds. R. Arena, A. Festré, N. Lazaric. Cheltenham: Edward Elgar Publishing. P. 403–434.
- ASTOR (2017) Inżynierowie Przemysłu 4.0 (Nie)gotowi do zmian? [Industry Engineers 4.0 (Un) ready for change?] (ASTOR Whitepaper). Krakow: ASTOR Publishing. Режим доступа: https://www.astor.com.pl/images/Industry_4-0_Przemysl_4-0/ASTOR_Inzynierowie_4_0_whitepaper.pdf, дата обращения 03.02.2019.
- Audretsch D. (2014) From the entrepreneurial university to the university for the entrepreneurial society // *Journal of Technology Transfer*. Vol. 39. № 3. P. 313–321. DOI: 10.1007/s10961-012-9288-1.
- Audretsch D., Keilbach M. (2008) Resolving the knowledge paradox: Knowledge-spillover entrepreneurship and economic growth // *Research Policy*. Vol. 37. № 10. P. 1697–1705. DOI: 10.1016/j.respol.2008.08.008.
- Audretsch D.B., Lehmann E.E., Menter M. (2016) Public cluster policy and new venture creation // *Economia e Politica Industriale*. Vol. 43. № 4. P. 357–381. Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s40812-016-0050-9>, дата обращения 03.02.2019.
- BDI (n.d.) What is Industry 4.0. Режим доступа: <https://english.bdi.eu/topics/germany/industrie-40/>, дата обращения 15.01.2019.
- Belussi F. (2005) Are Industrial Districts Formed by Networks without Technologies? // *European Urban and Regional Studies*. Vol. 12. № 3. P. 247–268.
- Bosch (2014) Bosch pools Industry 4.0 expertise in the 'Connected Industry' innovation cluster. Режим доступа: <https://www.bosch-presse.de/pressportal/de/en/bosch-pools-industry-4-0-expertise-in-the-connected-industry-innovation-cluster-42906.html>, дата обращения 21.04.2019.
- Bramanti A. (2016) New Manufacturing Trends in Developed Regions. Three Delineations of New Industrial Policies: 'Phoenix Industry', 'Industry 4.0', and 'Smart Specialisation' (Working Paper). Milano: Bocconi University. DOI: 10.13140/RG.2.2.30402.99522.
- Brettel M., Friederichsen N., Keller M., Rosenberg M. (2014) How Virtualization, Decentralization and Network Building Change the Manufacturing Landscape: An Industry 4.0 Perspective, World Academy of Science, Engineering and Technology // *International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial, Mechatronic and Manufacturing Engineering*. Vol. 8. № 1. P. 37–44.
- Brodzicki T., Dzierżanowski M., Szultka S. (2005) Cluster-based Policy for Mazovia Region. Gdańsk: IBnGR Press.
- Chen W., Kamal F. (2016) The Impact of Information and Communication Technology Adoption on Multinational Firm Boundary Decisions // *Journal of International Business Studies*. Vol. 47. № 5. P. 563–576.
- Christopher M. (2000) The Agile Supply Chain // *Industrial Marketing Management*. Vol. 29. № 1. P. 37–44.
- Cooke P. (2001) Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy // *Industrial and Corporate Change*. Vol. 10. № 4. P. 945–974.
- Črešnar R., Jevšenak S. (2019) The Millennials' Effect: How Can Their Personal Values Shape the Future Business Environment of Industry 4.0? // *Naše gospodarstvo/Our Economy*. Vol. 65. № 1. P. 57–65. DOI: 10.2478/ngoe-2019-0005.
- D'Aveni R.A. (1998) Waking up to the new era of hypercompetition // *The Washington Quarterly*. Vol. 21. № 1. P. 183–195.
- Davidow W., Malone M. (1992) *The Virtual Corporation*. New York: Harper Collins.
- De Marchi V., Di Maria E., Gereffi G. (2018) Local Clusters in Global Value Chains Linking Actors and Territories Through Manufacturing and Innovation. New York: Routledge. Режим доступа: <https://www.routledge.com/Local-Clusters-in-Global-Value-Chains-Linking-Actors-and-Territories-Through/De-Marchi-Di-Maria-Gereffi/p/book/9781138742864>, дата обращения 22.03.2019.
- Delgado M., Porter M.E., Stern S. (2014) Defining clusters of related industries (NBER Working Paper 20375). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. Режим доступа: <http://www.nber.org/papers/w20375>, дата обращения 15.03.2019.
- Drath R., Horch A. (2014) Industrie 4.0: Hit or Hype? // *IEEE Industrial Electronics Magazine*. Vol. 8. № 2. P. 56–58. DOI: 10.1109/MIE.2014.2312079.
- Ellison G., Glaeser E.L. (1997) Geographic concentration in U.S. manufacturing industries: A dashboard approach // *Journal of Political Economy*. Vol. 105. P. 889–927.
- European Commission (2016) The Story of the European Cluster Conference 2016. Clusters 4.0: Shaping Smart Industries. Key Policy Messages. Brussels: European Commission. Режим доступа: <http://www.choruscluster.org/img/The-story-ECC-2016.pdf>, дата обращения 27.02.2019.
- Fitjar R.D., Rodríguez-Pose A. (2013) Firm collaboration and modes of innovation in Norway // *Research Policy*. Vol. 42. № 1. P. 128–138.
- Folkerts-Landau D., Schneider S. (2016) Beacon of stability: The foundations of Germany's success. Frankfurt am Main: Deutsche Bank Research.

- Forsgren M. (2016) A note on the revisited Uppsala internationalization process model – the implications of business networks and entrepreneurship // *Journal of International Business Studies*. Vol. 47. № 9. P. 1135–1144. DOI: 10.1057/s41267-016-0014-3.
- Forsgren M., Hagg I., Hakansson H., Johanson J., Mattsson L. (1995) *Firms in networks: A new perspective on competitive power*. Uppsala: Uppsala University.
- Foster C.G., Graham M. (2016) Reconsidering the Role of the Digital in Global Production Networks // *Global Networks*. Vol. 17. № 1. P. 68–88.
- Götz M. (2009) *Atrakcyjność klastra dla lokalizacji bezpośrednich inwestycji zagranicznych [Cluster attractiveness for the localisation of foreign investments]*. Poznań: Wydawnictwo Instytutu Zachodniego [Western University Publishing].
- Götz M., Jankowska B. (2017) Clusters and Industry 4.0 – do they fit together? // *European Planning Studies*. Vol. 25. № 9. P. 1633–1653. DOI: 10.1080/09654313.2017.1327037.
- Grzybowska K., Łupicka A. (2017) Key competencies for Industry 4.0 // *Economics & Management Innovations (ICEMI) Conference Proceedings*. Vol. 1. № 1. P. 250–253.
- GTI (n.d.) *Industrie 4.0 - What is It?* Режим доступа: <https://www.gtai.de/GTAI/Navigation/EN/Invest/Industries/Industrie-4-0/Industrie-4-0/industrie-4-0-what-is-it.html>, дата обращения 15.01.2019.
- Gunasekaran A. (1998) Agile manufacturing: Enablers and an implementation framework // *International Journal of Production Research*. Vol. 36. № 5. P. 1223–1247.
- Hermann M., Pentek T., Otto B. (2015) *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review (Working Paper 01)*. Dortmund: Technische Universität Dortmund. Режим доступа: www.snom.mb.tu-dortmund.de http://www.snom.mb.tu-dortmund.de/cms/de/forschung/Arbeitsberichte/Design-Principles-for-Industrie-4_0-Scenarios.pdf, дата обращения 15.01.2016.
- Hessami G. (2017) Industrie 4.0, Firmen verstopfen den großen Wurf [Industry 4.0, companies stumble the big hit] // *Handelsblatt Online*, 17.03.2017. Режим доступа: <https://www.handelsblatt.com/technik/it-internet/cebit2017/industrie-4-0-firmen-verstopfen-den-grossen-wurf/19424842.html?ticket=ST-94733-uuQOIFsAQ43PibLLn74T-ar3>, дата обращения 14.02.2019.
- Hüther M. (2016) Digitalisation: An engine for structural change – A challenge for economic policy (IW policy paper 15/2016). Köln: Institut der Deutsche Wirtschaft. Режим доступа: <https://www.iwkoeln.de/en/studies/beitrag/michael-huether-digitalisierung-systematisierung-der-trends-im-strukturwandel-gestaltungsaufgabe-fuer-die-wirtschaftspolitik-317419>, дата обращения 19.12.2016.
- Immink R. (2015) Networked organisations will become the new normal. Режим доступа: <https://www.ronimmink.com/tworked-organisations-will-become-the-new-normal/>, дата обращения 19.02.2019.
- Jensen M.B., Johnson B., Lorenz E., Lundvall B.Å. (2007) Forms of knowledge and modes of innovation // *Research Policy*. Vol. 36. P. 680–693.
- Johanson J., Mattsson L.G. (1997) Interorganizational relations in industrial systems. A network approach compared with the transaction-cost approach // *International Studies of Management and Organization*. Vol. 17. № 1. P. 34–48.
- Johanson J., Vahlne J.E. (2009) The Uppsala internationalization process model revisited: From liability of foreignness to liability of outsidership // *Journal of International Business Studies*. Vol. 40. № 9. P. 1411–1431.
- Kagermann H., Wahlster W., Helbig J. (2013) *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 [Implementation recommendations for the future project Industry 4.0]*. Frankfurt/Main: Acatech.
- Kenney M., Zysman J. (2016) The Rise of the Platform Economy // *Issues in Science and Technology*. Vol. 32. № 3. P. 61–69.
- Ketels C. (2004) *European Clusters // Innovative City and Business Regions*. Vol. 3. Structural Change in Europe. Bollschiweil: Hagbrath Publications. P. 1–5. Режим доступа: https://abclusters.org/wp-content/uploads/2013/12/Ketels_European_Clusters_20041.pdf, дата обращения 14.02.2019.
- Kinkel S., Rahn J., Rieder B., Lerch C., Jäger A. (2016) *Digital-vernetztes Denken in der Produktion [Digital networked thinking in production] (Studie für die IMPULS-Stiftung des VDMA)*. Karlsruhe: Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft; Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI).
- Klös H.P. (2016) Arbeiten in der digitalen Welt [Jobs in the digital world] // *IW Koeln Website*, 15.01.2016. Режим доступа: <https://www.iwkoeln.de/presse/in-den-medien/beitrag/hans-peter-kloes-in-der-ihk-zeitschrift-arbeiten-in-der-digitalen-welt-261424.html>, дата обращения 12.03.2019.
- Krugman P. (1991) Increasing Returns and Economic Geography // *Journal of Political Economy*. Vol. 99. № 3. P. 483–499.
- Kumar M., Fowler S., Fytatzi K. (2016) International: Industry 4.0 will arrive unevenly // *OxResearch Daily Brief Service*, 12.10.2016. Режим доступа: <https://dailybrief.oxan.com/Analysis/DB214240/Industry-40-will-arrive-unevenly>, дата обращения 02.05.2019.
- Liao Y., Deschamps F., de Freitas E., Loures F., Ramos L.F.P. (2017) Past, present and future of Industry 4.0 – A systematic literature review and research agenda proposal // *International Journal of Production Research*. Vol. 55. № 12. P. 410–426.
- Lis A.M. (2018) *Współpraca w inicjatywach klastrowych. Rola bliskości w rozwoju powiązań kooperacyjnych [Cooperation in cluster initiatives. The role of intimacy in the development of cooperative relations]*. Gdańsk: Wydawnictwo Politechniki Gdańskiej [Gdansk University of Technology Publishing].
- Lydon B. (2016) Industry 4.0: Intelligent and flexible production // *INTECH*. Vol. 63. № 3. P. 12–17. Режим доступа: <http://search.proquest.com/docview/1799786990?accountid=168796>, дата обращения 12.11.2018.
- Maniyka J., Lund S., Bughin J., Woetzel J., Stamenov K., Dhingra D. (2016) *Digital globalization: The new era of global flows*. New York: McKinsey Global Institute.
- Marshall A. (1920) *Principles of Economics*. London: MacMillan.
- Maskell P., Lorenzen M. (2003) *The Cluster as Market Organization (DRUID Working Paper 03-14)*, Copenhagen: Copenhagen Business School.
- Meredith S., Francis D. (2000) Journey towards agility: The agile wheel explored // *TQM Magazine*. Vol. 12. № 2. P. 137–143.
- Mesnard X. (2016) What happens when robots take our jobs? Режим доступа: <http://www.weforum.org/agenda/2016/01/what-happens-when-robots-take-our-jobs>, дата обращения 12.03.2019.
- Mikusz M. (2014) Towards an understanding of cyber-physical systems as industrial software-product-service systems // *Procedia CIRP*. Vol. 16. P. 385–389.
- Morisse M., Prigge C. (2017) Design of a business resilience model for Industry 4.0 manufacturers. Paper presented at the AMCIS Conference 2017, August 10–12, Boston, USA.
- Myrdal G. (1953) *The Political Element in the Development of Economic Theory*. London: Routledge; Kegan Paul.

- Njøs R., Jakobsen S.E., Aslesen H.W., Fløysand A. (2016) Encounters between cluster theory, policy and practice in Norway: Hubbing, blending and conceptual stretching // *European Urban and Regional Studies*. Vol. 24. № 3. P. 274–289.
- Overman M., Redding S., Venables A. (2001) *The Economic Geography of Trade Production and Income: A Survey of Empirics* (CEPR Discussion Paper 2978). London: Centre for Economic Policy Research.
- Pedersen Ch. (2005) *The Development Perspectives for the ICT sector in North Jutland* (PhD Thesis). Aalborg: Aalborg University.
- Porter M.E. (2000) Location, Competition, and Economic Development: Local Clusters in a Global Economy // *Economic Development Quarterly*. Vol. 14. № 1. P. 15–34.
- Prause G. (2015) Sustainable business models and structures for industry 4.0 // *Journal of Security and Sustainability*. Vol. 5. № 2. P. 159–169.
- Pugh R., Lamine W., Jack S., Hamilton E. (2018) The entrepreneurial university and the region: What role for entrepreneurship departments? // *European Planning Studies*. Vol. 26. № 9. P. 1835–1855. DOI: 10.1080/09654313.2018.1447551.
- Qin J., Liu Y., Grosvenor R. (2016) A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and Beyond // *Procedia CIRP*. Vol. 52. P. 173–178.
- Rangan S., Sengul M. (2009) Information Technology and Transnational Integration: Theory and Evidence on the Evolution of the Modern Multinational Enterprise // *Journal of International Business Studies*. Vol. 40. № 9. P. 1496–1514.
- Ratajczak-Mrozek M. (2010) Sieci biznesowe a przewaga konkurencyjna przedsiębiorstw zaawansowanych technologii na rynkach zagranicznych [Business networks and the competitive advantage of advanced technology enterprises on foreign markets]. Poznań: Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu [Poznań University of Economics and Business Publishing].
- Roblek V., Meško M., Krapež A. (2016) A Complex View of Industry 4.0 // *SAGE Open*. April–June issue. P. 1–11. DOI: 10.1177/2158244016653987.
- Romanowska M. (2004) Planowanie strategiczne w przedsiębiorstwie [Corporate strategic planning]. Warszawa: PWE.
- Rosenkopf L., Almeida P. (2003) Overcoming local search through alliances and mobility // *Management Science*. Vol. 49. № 6. P. 751–766.
- Rüßmann M., Lorenz M., Gerbert P., Waldner M., Justus J., Engel P., Harnisch M. (2015) *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries*. Boston, MA: Boston Consulting Group. Режим доступа: http://www.inovasyon.org/pdf/bcg_perspectives_Industry.4.0_2015.pdf, дата обращения 16.04.2019.
- Sajdak M. (2014) Zwinność jako źródło przewagi konkurencyjnej i sukcesu przedsiębiorstwa [Agility as a source of competitive advantage and business success] // *Prace Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu* [Research Papers of the Wrocław University of Economics]. Vol. 358. P. 58–70. Режим доступа: http://jmf.wzr.pl/pim/2013_4_1_20.pdf, дата обращения 25.03.2018.
- SAP (2017) *Industry 4.0 – What's Next*. Режим доступа: <https://www.sap.com/documents/2017/05/bae613d3-b97c-0010-82c7-eda71af511fa.html>, дата обращения 15.01.2019.
- Schmidt R., Möhring M., Härting R.C., Reichstein C., Neumaier P., Jozinović P. (2015) *Industry 4.0 – Potentials for Creating Smart Products: Empirical Research Results* // *Business Information Systems* / Ed. W. Abramowicz. Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer. P. 16–27. DOI: 10.1007/978-3-319-19027-3_2.
- Schuh G., Potent T., Wesch-Potent C., Webe A., Prote J.P. (2014) Collaboration Mechanisms to Increase Productivity in the Context of Industrie 4.0 // *Procedia CIRP*. Vol. 19. P. 51–56.
- Smit J., Kreutzer S., Moeller C., Carlberg M. (2016) *Industry 4.0*. Brussels: European Parliament. Режим доступа: [http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOLE_STU\(2016\)570007_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/570007/IPOLE_STU(2016)570007_EN.pdf), дата обращения 15.02.2019.
- Sölvell Ö. (2009) *Clusters – Balancing Evolutionary and Constructive Forces*. Stockholm: Ivory Tower Publishers.
- Sorenson O. (2003) Social networks and industrial geography // *Journal of Evolutionary Economics*. Vol. 13. № 1. P. 513–527.
- Strange R., Zucchella A. (2017) Industry 4.0, global value chains and international business // *Multinational Business Review*. Vol. 25. № 3. P. 174–184.
- Thorelli H.B. (1986) Networks: Between Markets and Hierarchies // *Strategic Management Journal*. Vol. 7. № 1. P. 37–51.
- Timmer M.P., Los B., Stehrer R., de Vries G.J. (2013) Fragmentation, incomes and jobs: An analysis of European competitiveness // *Economic Policy*. № 28 (76). P. 613–661.
- UNCTAD (2017) *World Investment Report 2017 – Investment and the Digital Economy*. Geneva: UNCTAD.
- Warnecke H.J. (1997) *The Fractal Company, A Revolution in Corporate Culture*. Heidelberg; New York; Dordrecht; London: Springer.