

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАБАТЫВАЮЩЕЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В РОССИИ С УЧЕТОМ ЦИФРОВОГО ФАКТОРА

© 2021 М.П. Калиниченко*

Цель исследования – провести оценку технологической трансформации обрабатывающей промышленности в России с учетом цифрового фактора. Проведен анализ совокупности методов, которые могут использоваться для оценки влияния технологий на цифровую трансформацию экономических систем (страна, отрасль, регион, промышленное предприятие); представлены результаты SWOT-анализа обрабатывающей промышленности России на среднесрочную перспективу (как первоначального этапа для последующей разработки функциональных стратегий промышленных предприятий – цифровой трансформации, инновационной, конкурентной и т.д.); подведены итоги опроса экспертов по выборке промышленных предприятий Архангельской области касательно барьеров и перспектив цифровой трансформации предприятий обрабатывающей промышленности; разработана экономико-математическая модель влияния факторов производства, в том числе цифрового фактора, на добавленную стоимость, создаваемую обрабатывающей промышленностью. На основе проведенного анализа и моделирования формирования добавленной стоимости в обрабатывающей промышленности с учетом вклада каждого из факторов производства предлагается набор решений, на основании которых возможно придать новый импульс для ускорения цифровой трансформации отрасли.

Ключевые слова: промышленность, цифровой фактор, цифровые технологии, цифровая трансформация, SWOT-анализ, экономико-математическое моделирование, производственная функция.

Основные положения:

- ♦ проведен сопоставительный анализ методов, которые могут быть использованы для оценки влияния технологий на цифровую трансформацию экономических систем (страна, отрасль, регион, предприятие);
- ♦ проведен SWOT-анализ обрабатывающей промышленности России на среднесрочную перспективу на предмет цифровой трансформации;
- ♦ подведены итоги опроса экспертов касательно барьеров и перспектив цифровой трансформации предприятий обрабатывающей промышленности;
- ♦ как прототип производственной функции разработана экономико-математическая модель, отражающая влияние факторов производства, в том числе цифрового фактора, на создание добавленной стоимости.

Введение

Обеспечение рыночной ориентации промышленных предприятий как ответ на изменения и вызовы внешней среды через накопление, обработку и анализ большого объема данных, гибкость производства в режиме реального времени и т.д. – одна из главных идей, которая стоит за сетевыми взаимодействиями между стейкхолдерами в системе «умной» про-

мышленности. Рыночная ориентация промышленных предприятий – ответ на изменения и вызовы внешней среды за счет: получения большего объема менее разобобщенных данных; принятия оптимальных решений, в том числе по срокам, техническим характеристикам, объему, ресурсной эффективности; лучшего понимания интересов стейкхолдеров и активного их вовлечения в процесс сотвор-

* Калиниченко Максим Петрович, кандидат экономических наук, доцент, Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, г. Архангельск. E-mail: mpk79@mail.ru.

чества ценности и т.д. В этой связи важное значение приобретают методы оценки влияния технологий на развитие промышленного потенциала страны, отрасли, региона, отдельного предприятия и особенности обоснования ряда экономических решений.

Среди основных характеристик «умной» промышленности следует выделить такие, как: интеграция вычислительных и физических процессов, которые без ограничений доступа и реализации взаимодействуют и работают с продуктами или системами; получение «больших данных» с сенсоров, вводимых в модели виртуальных установок, формируя имитационные модели; наличие постоянной взаимосвязи бизнес-процессов с датчиками, что позволяет отслеживать физические, технологические и другие процессы; системы и приборы с полностью открытыми интерфейсами; возможности интеграции промышленной автоматизации с системами управления более высокого порядка; использование информационных и коммуникационных технологий, интеллектуальных сетей, предоставляющих новые возможности современного производства: гибкость, бесперебойность, ориентация на потребности клиента¹.

Методы

В целом ряде публикаций и методических разработках отечественных и зарубежных ученых, консалтинговых компаний и исследовательских институтов отражаются предлагаемые методические основы измерения влияния технологических изменений на развитие промышленности. Учитывая усиление степени неопределенности влияния факторов внешней среды на развитие промышленности, «классические» аналитические инструменты уже нельзя считать достаточными. К таким инструментам относятся методы технологического прогнозирования, получившие широкое распространение как в научных исследованиях, так и в практической плоскости. Прогнозные оценки базируются на двух посылах: будущее не является одним вариантом развития, а зависит от сделанного сегодня выбора, который будет влиять на дальнейшие события; решающим является привлечение соответствующих субъектов в процесс принятия решений и

определения того, кто может управлять развитием в желаемом направлении².

Результаты

Проводимый нами анализ существующих методов оценки воздействия цифровых технологий на развитие «умной» промышленности позволил выделить и сгруппировать их по следующим направлениям: качественные (экспертные) методы; методы сценариев и моделирования; методы экстраполяции и анализа тенденций; интуитивные методы (табл. 1).

Приведенные группы методов, которые потенциально могут быть использованы для оценки влияния цифровых технологий на трансформацию промышленного потенциала экономических систем, кардинально отличаются по своему содержанию и логике исследования. Их применение также зависит от целей исследования и наличия достаточного информационного обеспечения. Учитывая, в принципе, что при фактическом масштабном применении для технологии характерна неопределенность, что требует учета конкретных условий, обеспечивая диффузию этой же технологии в смежных отраслях (мультипликативный эффект).

Такой подход применяется рядом международных организаций при составлении рейтинговых оценок цифровых трансформаций стран, например, рейтинг конкурентоспособности в цифровой среде (IMD), Индекс сетевой готовности (NRI) и др. Комплексные оценки обобщают соответствующие показатели и отражают, как правило, основные измерения: Интернет, связь, человеческий капитал, интеграцию цифровых технологий, цифровое правительство.

Анализ индикаторов, в соответствии с которыми проводилась глобальная рейтинговая оценка цифровых трансформаций стран, позволяет констатировать наличие у России ряда технологических разрывов и отставаний касательно разработки и/или внедрения «сквозных» цифровых технологий, в том числе с учетом отраслевого аспекта. Выявить причины такого состояния и обосновать направления преодоления, в том числе в промышленности, можно с помощью SWOT-анализа (табл. 2).

Таблица 1

Анализ методов оценки влияния цифровых технологий на трансформацию экономических систем (страна, отрасль, регион, предприятие)*

Методы	Условия применения (назначение)	Ограничения метода
Качественные (экспертные) методы		
Метод SWOT-анализа	Оценка, с одной стороны, внутренних сильных и слабых сторон промышленного потенциала экономических систем (факторы, на которые субъект управления системой может влиять), а, с другой стороны, внешних возможностей и угроз (факторы, к которым следует адаптироваться)	Метод следует использовать на начальном этапе процесса прогнозных оценок технологических трансформаций систем, а также в процессе формирования и оценки критериев внимания и приоритетности
Метод Дельфи	Метод позволяет включить и структурировать экспертные знания в итерационный процесс, используя творчество через мозговой штурм и пытаясь избежать ненадлежащих психологических, поведенческих эффектов в группах касательно временного горизонта будущих событий технологических трансформаций	Метод требуется дополнять доказательной и аналитической базой, сочетать с другими методами
Метод workshop	Метод активизации диалога, направленный на генерацию идей, совместные будущие действия с целью формирования конкретных предложений для действий и решений	Метод чаще всего используется для работы с локальными проблемами
Методы сценариев и моделирования		
Метод сценариев	Используется для принятия решений в неопределенных и сложных ситуациях, является систематизированным видением будущего окружения или зоны фокусировки и возможностей развития. Сценарии разрабатываются по разным результатам тенденций развития, которые, как можно ожидать, повлияют на актуальные вопросы	Сценарии, базирующиеся на экстраполяции, не нацелены на описание неожиданных событий, радикальных нововведений или иных сдвигов
Бенчмаркинг	Систематический поиск и внедрение лучших практик управления по отношению к другим системам	Дефицит информации о конкурентах
Метод STEP-анализа	Используется для поиска факторов развития с оценкой динамики их движущей силы и выбора наиболее значимых факторов. Факторы, имеющие низкий приоритет значеня, устраняются, а те из них, которые имеют высокую степень важности и низкую неопределенность, называют «тенденциями»	Метод позволяет создать основу для формирования сценариев на базе ключевых факторов, выбор которых является субъективным. Факторы с высокой важностью и высокой неопределенностью называются «ключевыми неопределенностями», составляют основу для остальных сценариев
Кластерный анализ	Заключается в поэтапном сравнении выборки экономических систем по исследуемым признакам и создание на этой основе их групп	Требуются программные продукты для упрощения получения результатов
Форсайт-методы, в т.ч. метод дорожных карт	Процесс определения и представления возможных путей к конкретной цели, где с помощью графических символов (диаграммы Ганта) описаны варианты принятия решений	Используется для взаимной координации стейкхолдеров в стратегических исследованиях и развитии технологий и компетенций
Методы экстраполяции и анализа тенденций		
Метод экстраполяции и количественного анализа тенденций	Широкий спектр количественных методов, основанных на экстраполяции статистических данных предшествующих периодов	Предположения и исходные данные предшествующих периодов, закладываемые в основу метода, не позволяют предсказать технологическое развитие систем

Методы	Условия применения (назначение)	Ограничения метода
Метод оценки жизненного цикла	Метод основан на предположении, что технологии обычно имеют определенный жизненный цикл	Предположения, лежащие в основе метода, требуют информационного обеспечения для установления этапа жизненного цикла, которые могут отсутствовать
Метод критических технологий	Используется для определения технологий или знаний, которые особенно важны для конкретной экономической системы	Списки критических технологий можно использовать для определения приоритетов технологического развития и стратегических исследований с временным горизонтом 3–10 лет
Специальные методы		
Метод разниц	Определяет уровень развития путем сравнения показателей совокупности однородных систем, разносторонне характеризующих предпочтения и их недостатки	Отсутствие обобщающего показателя, который точно показал бы уровень конкурентоспособности системы
Метод рангов	Позволяет оценить общее состояние через определение других систем по каждому объекту оценки путем ранжирования достигнутых значений	Не учитывает абсолютные величины показателей, суммирование происходит по сравнению с эталонным значением
Матричный метод	Позволяет учесть абсолютное значение исследуемых показателей и их близость по ключевым признакам, учитывая абсолютное отклонение значений показателей	Математическая сложность вычислений
Интегральный метод	В основе метода лежит оценка групповых показателей или критериев. Для каждого показателя устанавливаются удельные веса коэффициентов	Без обоснования включения каждого индикатора может приводить к ошибочным выводам при интегральной оценке

* Составлено по: Кострова В.Н., Ярмонов М.И. Методы, используемые в цифровой экономике // Инновационные доминанты социально-трудовой сферы: экономика и управление : материалы ежегод. междунар. науч.-практ. конф. по проблемам социально-трудовых отношений. 2019. С. 145–147; Куприянов А.Н., Бруева Т.А. Применение новых методов и инструментов управления в условиях цифровой экономики в рамках реализации приоритетных направлений бизнеса // Развитие менеджмента: концепция «Industry 4.0» : материалы II Всерос. науч.-практ. конф. 2019. С. 82–87; Максимова Ю.Ю. Применение проекционных методов в условиях цифровой экономики // Вестник Государственного социально-гуманитарного университета. 2019. № 2 (34). С. 18–20; Тихомирова Т.М. Методы оценки рисков в условиях цифровой экономики /// Цифровая экономика: тенденции и перспективы развития : сб. тез. докл. нац. науч.-практ. конф. 2020. С. 70–73; Холод М.В. Форсайт-методы для определения приоритетных направлений развития цифровой экономики // Экономика будущего и новые технологии управления : сб. материалов I Междунар. науч.-практ. конф. 2018. С. 77–80; Чурилова Э.Ю. Экспертные и математические методы прогнозирования инновационной деятельности в условиях цифровой экономики // Анализ общественных явлений в 2018 г. Построение прогнозов : сб. ст. по материалам VI ежегод. науч.-практ. конф. 2019. С. 201–204; Манохина Н.В., Степанова Т.Е. Цифровая экономика России: новые методы исследования // Балтийский морской форум : материалы VII Междунар. Балтийского морского форума. 2019. С. 666–671.

Далее представим балльную оценку сильных и слабых сторон, возможностей и угроз для российской обрабатывающей промышленности на основе проведенного нами опроса по выборке промышленных предприятий, реализующих стратегию цифровой трансформации. Сформированная выборка является репрезентативной для определения наиболее общих факторов готовности (уровня адаптации) обрабатывающей промышленности к Индустрии 4.0.

Наше исследование позволило выделить основные барьеры на пути цифрового технологического развития российских промышленных предприятий (табл. 3).

В последующем эти результаты должны потребовать разработки рекомендаций и применения адекватных инструментов, позволяющих промышленности не только адаптироваться к новым технологическим вызовам, но и предвосхитить их.

Таблица 2

SWOT-анализ обрабатывающей промышленности России на предмет цифровой трансформации

Сильные стороны	Слабые стороны
Активный спрос на продукцию обрабатывающей промышленности	Существенное технологическое отставание при сильных позициях конкурентов на внешних рынках
Государственная поддержка отрасли, высокий научный потенциал страны, реализация которого позволяет внедрять новые цифровые технологии и материалы	Высокая стоимость цифровых решений и проектов модернизации материально-технической базы, слабые позиции в части комплексных решений
Наличие необходимых факторов производства для развития промышленно-технологического потенциала отрасли	Низкий уровень освоения «сквозных» цифровых технологий в смежных отраслях
Активно развивающаяся информационная инфраструктура	Сопротивление изменениям со стороны сотрудников, низкий цифровой IQ
Активная подготовка квалифицированных специалистов для цифровой экономики	Недостаточность поставщиков оборудования для локализации «умной» промышленности
Возможности	Угрозы
Реализация отложенного спроса на цифровые технологии в рамках «большой модернизации» промышленности	Резкое усиление «кластеров конкурентоспособности» иностранных производителей
Освоение ряда перспективных сегментов мирового рынка, в т.ч. за счет высокого спроса на этом рынке на российские технологии и промышленную продукцию	Слабая защита интеллектуальной собственности
Закрепление в нишах и присутствие в высокотехнологичных сегментах международных рынков продукции и технологий	Геополитические кризисы, давление экономических санкций

Таблица 3

Оценка факторов на применение цифровых технологий в обрабатывающей промышленности

Факторы	Текущее влияние (-5 - +5)	Значение для будущего развития (0,01 - 1,0)	Стратегический потенциал
1	2	3	4
Сильные стороны			
Активный спрос на продукцию обрабатывающей промышленности	+5	0,2	1
Государственная поддержка отрасли, высокий научный потенциал страны, реализация которого позволяет внедрять новые цифровые технологии и материалы	+5	0,2	1
Наличие необходимых факторов производства для развития промышленно-технологического потенциала отрасли	+4	0,25	1
Активно развивающаяся информационная инфраструктура	+4	0,25	1
Активная подготовка квалифицированных специалистов для цифровой экономики	+3	0,1	0,3
Слабые стороны			
Существенное технологическое отставание при сильных позициях конкурентов на внешних рынках	+5	0,3	1,5
Высокая стоимость смарт-решений и проектов модернизации материально-технической базы, слабые позиции в части комплексных решений	+4	0,3	1,2
Низкий уровень освоения «сквозных» цифровых технологий в смежных отраслях	+3	0,2	0,6
Сопротивление изменениям со стороны сотрудников	+3	0,1	0,3
Недостаточность поставщиков оборудования для локализации «умной» промышленности	+3	0,1	0,3

Окончание табл. 3

1	2	3	4
Возможности			
Реализация отложенного спроса на технологии и оборудование в рамках «большой модернизации» крупных секторов экономики	+4	0,3	1,2
Высокий спрос на мировом рынке на российские технологии и промышленную продукцию	+4	0,4	1,6
Закрепление в нишах и присутствие в высокотехнологичных сегментах международных рынков продукции и технологий	+2	0,3	0,6
Угрозы			
Резкое усиление «кластеров конкурентоспособности» иностранных производителей	+5	0,3	1,5
Слабая защита интеллектуальной собственности	+3	0,1	0,3
Геополитические кризисы, давление экономических санкций	+5	0,6	3,0

Ранжирование факторов, препятствующих развитию «умной» промышленности, позволяет установить ряд приоритетных направлений, таких как: разработка и реализация проектов через механизм государственно-частного партнерства; реанимация «заводского» кластера науки и наращивание расходов на НИОКР; активное участие в государственных программах, предусматривающих различные меры поддержки цифровизации промышленности; развитие и участие в сетевых формах взаимодействия, стимулирующих партнерство научных учреждений, промышленных предприятий и др.

Индикаторами реализации указанных направлений могут выступать: объем экспорта промышленной продукции, в том числе с высокой добавленной стоимостью; затраты организаций на информационные и коммуникационные технологии, в том числе на программное обеспечение; количество внедренных в производство промышленных роботов, датчиков, сенсоров и других «умных» устройств; количество реализуемых научно-исследовательских программ по разработке технологий для «умной» промышленности; объем финансирования научно-исследовательской деятельности; количество патентов и промышленных образцов; количество инновационных продуктов и др.

Таким образом, на основе SWOT-анализа обрабатывающей промышленности России можно сделать вывод, что в средне- и долгосрочной перспективе ее субъекты имеют возможности сохранить достигнутые конкурентные позиции и/или существенно их упрочить за счет активного внедрения цифровых техно-

логий и реализации комплексных решений. С учетом результатов SWOT-анализа каждый отдельный субъект отрасли может разработать собственные таблицы SWOT-анализа своих конкурентных позиций и реализуемых функциональных стратегий (цифровой, инновационной, конкурентной и т.д.). В основе цифрового фактора конкурентоспособности обрабатывающей промышленности – увеличение расходов на информационные и коммуникационные технологии (176,62 млрд руб. в 2019 г., что больше на 32% по сравнению с 2017 г.)³.

Для дальнейшего развития «умной» промышленности в ходе проводимого нами опроса важно было установить те факторы, которые препятствуют промышленным предприятиям внедрять данный подход и цифровые технологии. Наиболее существенным препятствующим фактором является финансовое положение (67% респондентов). Почти половина участников опроса (49%) отметили дефицит квалифицированных кадров и отсутствие опыта работы с цифровыми технологиями на предприятиях. Кроме того, барьерами на пути внедрения цифровых технологий выступают: несоответствие оборудования стандартам, которые приближают к «умной» промышленности (87% респондентов); дефицит информации о возможностях, которые предоставляют цифровые технологии (40%); неразвитость цифровой инфраструктуры и партнерских коммуникаций (28%).

Наиболее положительным результатом в ходе опроса можно отметить понимание респондентами важности влияния Индустрии 4.0 на промышленное развитие и необходимость адаптации российской промышленности к но-

вым технологическим вызовам, связанных с распространением «сквозных» цифровых технологий. 84% респондентов признали важность цифровых трансформаций для развития бизнеса, 16% не определились. При этом промышленников в большей мере волнуют проблемы создания базовых условий развития: получение действенной государственной поддержки, вопрос доступа к финансовым ресурсам, участие в различных интеграционных формах сотрудничества.

В результате опроса также установлено, что цифровые технологии наиболее востребованы по следующим направлениям работы промышленных предприятий: исследования и разработки (65% респондентов); непосредственно производство (58%); управление качеством (41,5%); логистика (40%). Ожидаемые промышленниками эффекты от реализации стратегии цифровой трансформации оказались довольно предсказуемыми: в первую очередь, они ориентированы на улучшение производственно-сбытовых, социально-экономических и экологических показателей деятельности (57%); далее – в облегчении ведения анализа, вычислений и других стандартных процедур в деятельности промышленного предприятия (35%); увеличение объемов производства и экспорта продукции (30%); улучшение коммуникаций с клиентами и другими стейкхолдерами (28%).

Респондентам было предложено определить, какие именно формы поддержки и инструменты из каждой категории могут быть использованы для стимулирования внедрения цифровых технологий в обрабатывающей промышленности, поставив оценку от 1 до 10 по степени важности инструмента поддержки. Большинство экспертов (68%) высказались за сохранение государственных инструментов поддержки развития цифровой экономики. Финансовая поддержка как необходимый элемент внедрения «сквозных» цифровых технологий была указана в ответах 85% респондентов. Остальные указали на программы поддержки, активизирующие «заводскую» науку и наращивание расходов на НИОКР; проведение исследований в научных организациях, специализирующихся на НИОКР, которые направлены на совершенствование материалов, технологий,

в том числе технологий производства. К наиболее эффективным инструментам государственной поддержки из предложенных вариантов были отнесены следующие: льготные кредиты от государства и снижение процентных ставок по кредитам коммерческих банков (8,1 балла из 10); усиление защиты данных и кибербезопасность (7,7 балла); налоговые льготы при внедрении цифровых технологий (7,1 балла). Среди негосударственных инструментов были выделены: «зеленый рост» бизнеса (7,3 балла); формирование кластеров и сотрудничество в различных форматах (6,4 балла); проекты государственно-частного партнерства (6,5 балла).

Обсуждение

Цифровая трансформация промышленности России является залогом ее инновационно-технологического развития. Результаты опроса экспертов по выборке промышленных предприятий обрабатывающей промышленности позволяют утверждать, что этот процесс сопровождается определенными противоречиями: недостаточное понимание бизнесом сущности Индустрии 4.0, возможностей, которые она открывает, и сфер ее применения на промышленных предприятиях; отсутствие единого подхода относительно механизма внедрения цифровых технологий, которые имеют разные представления о конечном результате внедрения такой концепции. В частности, значительное количество респондентов указали, что для развития данного направления требуется активизация сетевого сотрудничества и реализация проектов государственно-частного партнерства.

Обобщая преимущества «умной» промышленности и факторы, препятствующие ее развитию, используемая система инструментов для поддержки этого процесса должна непрерывно совершенствоваться, во-первых, для налаживания эффективного диалога между органами государственной власти, промышленными предприятиями, научными и образовательными учреждениями и его институционализации в форме совещательных органов, конференций, форумов и т.п., что позволит стейкхолдерам более оперативно взаимодействовать и согласовывать приоритетные направления развития; во-вторых, для стимулирования

научных исследований и разработок в области технологий Индустрии 4.0, которые должны быть направлены на решение проблем ответственных промышленных предприятий с учетом зарубежного опыта; в-третьих, для совершенствования финансовых и административных инструментов поддержки развития как цифровой инфраструктуры и рынка цифровых технологий.

С учетом содержания группы методов экстраполяции и анализа тенденций (см. табл. 1) нами предлагается методический подход к оценке цифровой трансформации экономических систем, который был апробирован относительно национальной экономики России и ее обрабатывающей промышленности. Предлагаемый подход основан на обосновании показателей (производственных факторов), которые были включены в модель при соответствии следующим критериям: затратный подход к исчислению показателей-факторов; сопоставимость по стоимости; официальный характер информации; продолжительный период статистического наблюдения. В итоге в качестве влияющих на добавленную стоимость показателей-факторов были включены в эконометрическую модель: инвестиции в основной капитал – затраты капитала; фонд оплаты труда с учетом средней реальной заработной платы – затраты труда; затраты организаций на информационные и коммуникационные технологии (ИКТ) – затраты на цифровизацию.

В результате моделирования были получены трехфакторные функции:

$$Q_{\text{общ}} = 80,52 \times K^{0,16} \times L^{0,53} \times I^{0,16}; \quad (1)$$

$$Q_{\text{об.пр}} = 9,61 \times K^{0,1} \times L^{0,64} \times I^{0,22}, \quad (2)$$

где K , L , I – затраты факторов производства: капитал, труд, информационные и коммуникационные технологии;

$Q_{\text{общ}}$, $Q_{\text{об.пр}}$ – валовая добавленная стоимость для национальной экономики России и для ее обрабатывающей промышленности.

С учетом того, что в 2019 г. в экономике России затраты труда составляли 3312,29 млрд руб., затраты организаций на ИКТ – 2381,553 млрд руб., инвестиции в основной

капитал – 18 756,12 млрд руб., а предельная норма замещения цифровым фактором труда (MRTS LJ) – 0,3; капитала (MRTS KJ) – 1,07, то увеличение затрат организаций на ИКТ на 1 млрд руб. способно обеспечить замещение труда на 0,3 млрд руб., а инвестиции в основной капитал – на 1,07 млрд руб. Соответственно, в обрабатывающей промышленности России увеличение затрат организаций на ИКТ на 1 млрд руб. способно обеспечить замещение труда на 0,34 млрд руб. и замещение инвестиций в основной капитал на 2,2 млрд руб.

Заключение

Таким образом, следует сделать ряд выводов. Несмотря на сложные условия, в которых функционирует российская промышленность, у нее существует высокий потенциал не только для успешной адаптации к нарастающим вызовам Индустрии 4.0, но и при условии такого же активного стратегического партнерства государства, науки и бизнеса стать базой для зарождения новых технологий в рамках активного развивающегося смарт-уклада и ведения конкурентной борьбы на внешнем рынке технологий. Для повышения позиций России в глобальных рейтингах следует сосредоточить внимание на совершенствовании системы государственного стимулирования цифрового развития отечественной промышленности, которая бы включала поддержку научно-инновационной сферы, создание благоприятных условий для отечественных производителей и укрепления стратегического партнерства в образовании, науке и бизнесе.

Проведенный анализ позволяет определить ключевые факторы, являющиеся наиболее чувствительными для последующей диффузии цифровых технологий, а именно: усиление конкурентной борьбы в высокотехнологичных сегментах международного рынка технологий и возможность России занять ниши в нем; диверсификация источников и инструментов привлечения ресурсов для финансирования как приоритетных научных изысканий в сфере технологий, так и относительно их внедрения; развитие у рассматриваемых экономических систем гибкости, способности вносить изменения в реальном режиме времени и приоритет

в инновационном развитии, что достигается за счет более эффективного сотрудничества в существующих сетях между стейкхолдерами для получения дополнительных конкурентных преимуществ; повышение цифровой составляющей в структуре трудового потенциала промышленности. Тогда, как было показано, экономико-математическое моделирование может выступать одним из научно-методических подходов к оценке технологической трансформации экономических систем (в частности, обрабатывающей промышленности как отрасли) с учетом цифрового фактора, применение которого позволяет проводить эксперименты по отношению к проектируемым системам, изучать их свойства, предвосхищать возникновение проблем и ошибок.

¹ Бабаев А.Б., Егорушкина Т.Н. «Цифровая» экономика как ключевой фактор нового технологического уклада: перспективы перехода // Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции . 2019. С. 77–81.

² См.: Герасименко В.В., Слепенкова Е.М. Трансформация методов и инструментов конкурентного анализа в условиях цифровой экономики // Вестник Московского университета. Сер. 6, Экономика. 2019. № 6. С. 126–146; Дабагян А.А., Сеницына Е.Н. Методы цифровой экономики в народном хозяйстве // Актуальные вопросы экономики, менеджмента и инноваций : материалы междунар. науч.-практ. конф. ученых, специалистов, преподавателей вузов, аспирантов, студентов. 2018. С. 333–335.

³ Абдрахманова Г.И., Вишнеvский К.О., Гохберг Л.М. Цифровая экономика, 2021 : краткий стат. сб. Москва : НИУ ВШЭ, 2021. 124 с.

Поступила в редакцию 27.05.2021 г.

ASSESSMENT OF THE TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION OF THE RUSSIAN MANUFACTURING INDUSTRY CONSIDERING THE DIGITAL FACTOR

© 2021 M.P. Kalinichenko*

The purpose of the study is to assess the technological transformation of the manufacturing industry in Russia, taking into account the digital factor. The analysis of a set of methods that can be used to assess the impact of technologies on the digital transformation of economic systems (country, industry, region, industrial enterprise) is carried out; the results of a SWOT analysis of the Russian manufacturing industry for the medium term are presented (as an initial stage for the subsequent development of functional strategies of industrial enterprises-digital transformation, innovative, competitive, etc.); the results of a survey of experts on a sample of industrial enterprises of the Arkhangelsk region regarding barriers and prospects of digital transformation of manufacturing enterprises are summarized; an economic and mathematical model of the influence of production factors, including the digital factor, on the value added created by the manufacturing industry is developed. Based on the analysis and modeling of the formation of added value in the manufacturing industry, taking into account the contribution of each of the factors of production, a set of solutions is proposed, on the basis of which it is possible to give a new impetus to accelerate the digital transformation of the industry.

Keywords: industry, digital factor, digital technologies, digital transformation, SWOT analysis, economic and mathematical modeling, production function.

Highlights:

- ◆ a comparative analysis of methods that can be used to assess the impact of technologies on the digital transformation of economic systems (country, industry, region, enterprise) is carried out;
- ◆ a SWOT analysis of the Russian manufacturing industry for the medium term for digital transformation is carried out;
- ◆ the results of a survey of experts on barriers and prospects for digital transformation of manufacturing enterprises were summed up;
- ◆ as a prototype of the production function, an economic and mathematical model was developed that reflects the influence of production factors, including the digital factor, on the creation of added value.

Received for publication on 27.05.2021

* Maxim P. Kalinichenko, Candidate of Economics, Associate Professor, Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov, Arkhangelsk. E-mail: mpk79@mail.ru.