

УДК 338.45.01

10.17213/2075-2067-2020-2-35-39

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ¹

© 2020 г. С. Ю. Цёхла, Н. А. Симченко

*Крымский федеральный университет имени В. И. Вернадского,
г. Симферополь, Россия*

Рассмотрены преимущества цифрового производства и применения технологии цифровых двойников в промышленности, изучены получаемые экономические эффекты от внедрения цифровых двойников по основным этапам создания и реализации продукции, определена зависимость эффективности внедрения цифровых двойников от экономической архитектуры бизнес-модели компании.

Ключевые слова: *цифровизация; цифровые двойники; промышленность; этапы производства; инвестиции; экономические эффекты; эффективность.*

METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE RESEARCH OF THE ECONOMIC EFFECTS OF THE DIGITAL TWINS IN INDUSTRY

© 2020 S. Y. Tsohla, N. A. Simchenko

Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia

The advantages of digital production and the using of digital twinning technology in industry are examined, the economic effects obtained from the introduction of digital doubles at the main stages of the creation and sale of products are studied, the dependence of the effectiveness of digital twinning implementation on the economic architecture of the company's business model is determined.

Key words: *digitalization; digital twins; industry; stages of production; investments; economic effects; efficiency.*

Концепция цифровых двойников как виртуального представления физического объекта используется уже более 30 лет [10], и за последние годы тотальной цифровизации обозначился качественный скачок в развитии и применении этой технологии в отраслях промышленности. По оценкам международной компании Deloitte, оказывающей услуги в области консалтинга и аудита, объ-

ем глобального рынка технологий цифровых двойников к 2023 году достигнет 16 млрд. долл. США, по оценкам компании Juniper Research, — 13 млрд. долл. США [8].

Роль цифровых двойников в глобальной экономике и в реализации цифровой повестки Евразийского экономического союза обсуждали на семинаре в Евразийской экономической комиссии, где отмечалось, что «цифро-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №19-010-00346.

вые двойники становятся одним из стержней цифровых преобразований, пронизывающим все отрасли и сферы деятельности» [9].

В настоящее время значение цифровых двойников для экономики страны возрастает не только по причине их растущего рынка, но и вследствие явных преимуществ цифрового производства, а также получаемых экономических эффектов от внедрения. По мнению отечественных экспертов, в России рынок цифровых двойников «растет очень быстро, его потенциальный объем достигает нескольких миллиардов рублей, а возможный экономический эффект от использования цифровых двойников — десятки миллиардов. Предполагается, что доходы от цифровых двойников в производстве достигнут 4,5 млрд. долл. США, в транспорте — 2,5 млрд. долл. США, в энергетике и ЖКХ — 1,1 млрд. долл. США» [7].

Цель исследования — обоснование методологического подхода к исследованию экономических эффектов от внедрения цифровых двойников и особенностей их проявления на стадиях создания промышленной продукции.

Современные ученые активно исследуют принципы работы и возможности новой мощной технологии под названием «цифровой двойник». Само понятие «цифровой двойник» сегодня трактуется по-разному, в зависимости от задач исследователей специалисты выделяют отличия цифровых двойников от цифровых теней [2, 5], разрабатывают различные классификации цифровых двойников [4]. Практики под цифровым двойником подразумевают «комплекс цифровых технологий, которые используют подходы статистического анализа, машинного обучения, химии, физики, теории управления, теории надежности, теории массового обслуживания, численного моделирования, оптимизации» [3]. Таким образом, в обобщенном виде можно сказать, что цифровой двойник представляет собой сложный производственный актив в виде математической модели высокого уровня адекватности, контролирующей с высокой степенью точности поведение создаваемого объекта в различных производственных ситуациях и на всех этапах жизненного цикла.

Само промышленное производство выступает сложным технологическим процессом, который в общем виде состоит из про-

изводственно-технологических этапов, включающих проектирование, изготовление изделий, а также последующую сборку и реализацию готовой продукции, и применение технологии «цифровых двойников» охватывает «весь процесс — от этапа проектирования, включая аван-проект, НИР и ОКР, производства и до этапа послепродажного сервисного/технического обслуживания и ремонтов» [2]. Специалисты выражают мнение о том, что «цифровой двойник должен стать основой для предиктивной аналитики, то есть существенно снизить количество и стоимость натуральных испытаний будущего изделия», и, по оценкам аналитического агентства IDC, благодаря такой системе можно сократить издержки на возможные дефекты на 25% [3].

Внедрение цифровых двойников также снижает численность задействованного персонала, повышает устойчивость и надежность работы технологических систем, сокращает потери времени и число ошибок, содействует проявлению экономических эффектов: снижение затрат и получение прибыли (таблица 1).

Ключевым методом оценки цифровизации в промышленности предложено считать метод экономического резонанса, который применим также для определения экономических эффектов цифровых двойников [1, 6]. Цифровые двойники позволяют обеспечить повышающий эффект — достижение прогнозируемого максимального результата при минимальных (оптимальных) затратах в условиях резонансных синергетических экономических взаимодействий.

Экономическая ценность цифровых двойников проявляется практически на всех этапах создания и реализации промышленной продукции. Благодаря им проводится техническая поддержка системы, сокращается время простоя активов, экономятся ресурсы, минимизируются риски ошибок и сбоев, что продлевает срок стабильной работы выпускаемой продукции, снижаются общие затраты. В целом цифровые двойники выполняют комплекс задач: контроль, предиктивную и прогнозную аналитику, предугадывание, планирование, управление и оптимизацию. Такой подход, по мнению ученых, «позволит реализовать в виртуальном пространстве сколь угодно сложные сквозные бизнес-процессы, которые способны в автоматическом режиме осуществлять оптимиза-

ционное управление (сквозной инжиниринг) различного рода ресурсами через всю цепочку поставок и создания стоимости продукции — от разработки идеи, дизайна, проектирования до производства, эксплуатации и утилизации» [1]. Все это «позволяет бизнесу получить максимально возможную отдачу от инвестиций, повысить конкурентоспособность и нарастить лояльность клиентов» [3].

Современные технологии дают возможность построить цифровые двойники абсолютно любых производственных активов. Двойники могут быть очень маленькими, отображая компонент в сложной системе, или очень большими, представляя собой совокупность многих частей или даже многих систем. Для построения комплексной модели двойника используются численные методы моделирования физических процессов в материалах объекта. Встречаются очень сложные модели — проект «Кортеж», где используется цифровой двойник, учитывающий около 50 тысяч взаимосвязанных параметров [2].

В России технологии цифровых двойников используют компании разных отраслей

промышленности, и эксперты отмечают проявляемые экономические эффекты:

— в добывающей промышленности цифровые технологии позволяют тестировать гипотезы по разработке месторождений, строительству инфраструктуры и эксплуатации промыслов; создаются цифровые двойники скважин, заводов, производственных площадок и месторождений, использование цифровых двойников скважин помогает экономить компаниям от 5 до 20% капитальных затрат;

— в нефтехимической промышленности развивают все направления, связанные с созданием цифрового двойника — системы управления инженерными данными, моделирование производственных процессов, имитационные модели производства и логистики, моделируется оборудование, вносятся данные о химических веществах и показатели технологического режима;

— в машиностроении востребована технология цифровых двойников в самолето- и двигателестроении, цифровой двойник внедряется на площадках КАМАЗа, 3D-модели применяются при моделировании механообработки

Таблица 1

Направления снижения затрат и проявления экономических эффектов по основным этапам создания и реализации промышленной продукции

Этапы создания и реализации	Направления снижения затрат и проявления экономических эффектов
Проектирование (НИОКР)	Научная основа конструирования, точность расчетов, учет полных данных о материалах и технологии производства
Испытание	Проводятся на специально разработанных виртуальных стендах и виртуальных полигонах с учетом всех технических характеристик, с тестированием поведения в разных производственных ситуациях и условиях воздействия (температура, влажность, давление, др.)
Производство (изготовление)	Подобран сценарий проведения бесперебойных технологических процессов, разработанная системная модель в виде виртуальной схемы всех производственных процессов определяет требуемые допуски, контролирует точность изготовления и соблюдения характеристик продукции, не допускает бракованных изделий
Реализация	Сокращение времени вывода продукции на рынок, сформированная логистика, снижение влияния фактора неопределенности
Обслуживание	Программируемое поведение при использовании показателей состояния, создание сервисной модели обслуживания и ремонтов, повышение безопасности
Источник: составлено авторами.	

и сборки, а также для размещения оборудования при 3D-планировках заводов [3].

Компания Gartner прогнозирует, что уже к 2021 году половина крупных промышленных компаний будет использовать цифровые двойники, что приведет к повышению эффективности этих организаций на 10%.

Помимо отмеченных преимуществ и получаемых экономических эффектов сам процесс использования цифровых двойников требует больших инвестиций (стоимость создания и внедрения), создает свои издержки функционирования (обслуживания и поддержки). Разные уровни сложности цифровых двойников будут иметь разные затраты на разработку и текущее обслуживание. По мнению эксперта, в среднем на создание цифрового двойника крупного предприятия уходит около двух лет, и «чтобы по-настоящему повысить ценность цифровых двойников, необходимо работать с бизнес-моделями, учитывающими преимущества в свете затрат на разработку, а также текущих требований к обслуживанию цифровых двойников» [3], поэтому экономическую эффективность цифровых двойников следует рассчитать в каждом конкретном случае, учитывать срок окупаемости и оценивать целесообразность.

Таким образом, применение цифровых двойников в промышленности обусловлено преимуществами цифрового производства и получаемыми экономическими эффектами от снижения затрат (по отдельным видам и общим), операционной оптимизации и результативного управления. Экономическая ценность цифровых двойников проявляется практически на всех этапах создания и реализации промышленной продукции. При определении экономической эффективности цифровых двойников следует учитывать затраты на их разработку и обслуживание. Следовательно, экономическая целесообразность применения цифровых двойников в промышленности определяется бизнес-моделями и экономическими моделями с соответствующей архитектурой — доходность, возврат и рентабельность инвестиций, оптимизация затрат и конкурентоспособность создаваемой продукции.

Литература

1. Акбердина В.В. Трансформация промышленного комплекса России в условиях цифровизации экономики // Известия УрГЭУ. — 2018. — Т. 19. — №3. — С. 82–99.
2. Боровков А.И. Прыжок в пространство возможностей... // Новый оборонный заказ. Стратегии. — 2020. — №2 (61). — С. 44–47.
3. Как цифровые двойники помогают российской промышленности. [Электронный ресурс] // Rusbase 26 марта 2019 г. — Режим доступа: <https://rb.ru/longread/digital-twin/>. (Дата обращения: 24.02.2020 г.).
4. Кокорев Д.С., Юрин А.А. Цифровые двойники: понятие, типы и преимущества для бизнеса // Colloquium-journal. — 2019. — №10 (34). — С. 31–35.
5. Курганова Н.В., Филин М.А., Черняев Д.С., Шаклеин А.Г., Намиот Д.Е. Внедрение цифровых двойников как одно из ключевых направлений цифровизации производства // International Journal of Open Information Technologies. — 2019. — Vol. 7. — №5. — С. 105–115.
6. Скиба А.Н. Резонанс-эффекты в экономике: формирование системно-синергетического подхода // Труды ИСА РАН. — 2011. — Т. 61. — №3. — С. 65–75.
7. Скобелев В. Умный слепок. Технология цифровых двойников все активнее проникает в самые разные отрасли экономики [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://www.dp.ru/a/2019/09/25/Umnij_slepek. (Дата обращения: 22.03.2020 г.).
8. Тенденции в области технологий и решений [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.thefastmode.com/juniper-research>. (Дата обращения: 12.03.2020 г.).
9. Цифровые двойники помогут заработать миллиарды долларов [Электронный ресурс] — Режим доступа: <http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/10-08-2018-2.aspx>. (Дата обращения: 15.03.2020 г.).
10. Prepare for the Impact of Digital Twins [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/prepare-for-the-impact-of-digital-twins/>. (Дата обращения: 25.03.2020 г.).



Цёхла Светлана Юрьевна — доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой менеджмента предпринимательской деятельности Таврической академии (структурного подразделения) Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.

Tsohla Svetlana Yurievna — Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Department of business management of the Tauride Academy (structural division) of Vernadsky Crimean Federal University.

295097, г. Симферополь, пр. Академика Вернадского, 4
4 Akademik Vernadsky av., 295097, Simferopol, Russia
E-mail: s.tsohla@yandex.ru



Симченко Наталия Александровна — доктор экономических наук, профессор, заведующая кафедрой экономической теории Института экономики и управления (структурного подразделения) Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского.

Simchenko Nataliya Aleksandrovna — Doctor of Economic Sciences, Professor, Head of Department of Economic Theory of the Institute of Economics and management (structural division) of Vernadsky Crimean Federal University.

295015, г. Симферополь, ул. Севастопольская, 21/4
21/4 Sevastopolskaya st., 295015, Simferopol, Russia
E-mail: natalysimchenko@yandex.ru