

## Сетевая концепция интеллектуальной цифровой цепи поставок

Network concept of intelligent digital supply chain

doi 10.26310/2071-3010.2020.258.4.006

**В. К. Ядыкин,**

к. э. н., руководитель лаборатории, Центр компетенций Национальной технологической инициативы по направлению «Новые производственные технологии» на базе института передовых производственных технологий, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

✉ v.yadikin@gmail.com

**V. K. Yadykin,**

PhD in economics, head of the laboratory, Competence center of the National technological initiative in the direction of «New production technologies» at the Institute of advanced production technologies, Peter the Great St. Petersburg polytechnic university

**С. Е. Барыкин,**

д. э. н., доцент, профессор, Высшая школа сервиса и торговли, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

✉ sbe@list.ru

**S. E. Barykin,**

doctor of economic sciences, associate professor, professor, Graduate school of service and trade, Peter the Great St. Petersburg polytechnic university

**М. А. Косухина,**

к. э. н., доцент, кафедра инновационного менеджмента, Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

✉ masha.kossukhina@mail.ru

**M. A. Kossukhina,**

PhD, associate professor, innovation management department, Saint Petersburg state electrotechnical university «LETI»

В статье представлен новый подход к рассмотрению цифровой цепи поставок в условиях перехода к новому технологическому укладу в рамках концепции «индустрия 4.0». Рассмотрены виды цепей поставок, место и роль моделей жизненного цикла инновационного процесса в интеллектуальной цифровой цепи поставок. Предложена модель цифровой цепи поставок, как сетевого представления интеллектуальной цифровой цепи поставок.

The paper presents a new approach to the consideration of the digital supply chain in the context of the transition to a new technological structure within the framework of the Industry 4.0 concept. The types of supply chains, the place and role of life cycle models of the innovation process in an intelligent digital supply chain are considered. A model of a digital supply chain is proposed as a network representation of an intelligent digital supply chain.

**Ключевые слова:** «индустрия 4.0», теория длинных волн Кондратьева, модель жизненного цикла инновационного процесса, интеллектуальная цепь поставок, цифровая цепь поставок, традиционная цепь поставок, новый технологический уклад.

**Keywords:** Industry 4.0, Kondratiev's theory of long waves, innovation process life cycle model, intelligent supply chain, digital supply chain, traditional supply chain, new technology way.

В условиях замедления темпов роста глобальной экономики, нарастания геополитических конфликтов, замедления роста производительности труда инновациям отводится роль одного из драйверов мирового экономического развития.

Согласно F. Emami-Langroodi, экономические (конъюнктурные) процессы делятся на волнообразные (обратимые), имеющие циклический характер и эволюционные (необратимые), определяющие тренд экономического развития [1]. Волнообразные процессы состоят из повышательного этапа, связанного с ускорением темпов экономического роста, увеличением предельной производительности труда и других факторов производства, и понижительного этапа, характеризующегося революционными изменениями в технологиях, нарастанием социальных потрясений, существенными преобразованиями в производительных силах, глубокими изменениями экономических институтов. Развитие технологических инноваций является движущей силой экономической динамики и причиной качественных изменений в производстве, и, как следствие, существенных преобразований в производительных силах. Согласно концепции «технологических укладов» С. Ю. Глазьева и модели

«технологических циклов» Ю. В. Яковца экономическая динамика формируется путем последовательной смены технологических укладов, основой которых выступает множество базисных технологических процессов, применяемых в течение длительного времени в отраслях экономики [2]. Смена технологических укладов является материально-технической основой перехода к очередному долгосрочному циклу Кондратьева.

На сегодняшний день относительно новой концепцией технологического развития является концепция «индустрия 4.0». Впервые этот термин был предложен в Германии в рамках мероприятий по обеспечению конкурентоспособности немецкой промышленности. Однако, существует множество интерпретаций этого понятия. Наиболее распространенной трактовкой концепции «индустрия 4.0» является рассмотрение концепции, как нового этапа промышленной революции от механизации с помощью воды и пара (первая промышленная революция), массового производства и сборочных линий, использующих электроэнергию (вторая промышленная революция), внедрения компьютеров и автоматизации (третья промышленная революция) к цифровизации, основанной на техноло-

гиях искусственного интеллекта, машинном обучении, развитии смарт-фабрик и т. д. [3].

С позиции теории длинных волн Кондратьева концепция «индустрия 4.0» может рассматриваться, как новый драйвер мирового экономического развития, знаменующий переход к шестой волне Кондратьевских циклов [4] и смену технологического уклада от текстильных фабрик, промышленного использования каменного угля (первый цикл), технологических инноваций в угледобыче и черной металлургии, железнодорожном строительстве, появления парового двигателя (второй цикл), развития технологий в тяжелом машиностроении, электроэнергетике, неорганической химии, технологических инноваций в производстве стали и электрических двигателей (третий цикл), развитие технологий в производстве автомобилей, нефтеперерабатывающей отрасли, появления двигателей внутреннего сгорания, массового производства (четвертый цикл), развития электроники, робототехники, вычислительной, лазерной и телекоммуникационной техники (пятый цикл) [5] к цифровизации, появлению цифровых двойников, смарт-фабрик, киберфизических систем и виртуализации, развитию концепции интернета вещей, инструментария дополненной реальности. Следует отметить, что в работе [6] отмечается сокращение длительности Кондратьевских волн с 60 лет до 20-30 лет ввиду ускорения развития технологий. Так, временные границы шестого цикла Кондратьева предлагается рассматривать с 2015-2020 гг. до 2035 г.

Еще одна точка зрения на концепцию «индустрия 4.0», как новый технологический уклад, предложена американскими экономистами Эриком Бринолфссоном и Эндрю Макаффи, рассматривающими концепцию, как переход от первой эры машин, характеризующейся изобретением паровой машины и последующим использованием технологических инноваций повсеместно ко второй эре машин, характеризующейся появлением компьютеров, автоматизации и цифровизации.

Становление каждого нового технологического уклада формируются в ходе развития предыдущего, таким образом развитию нового технологического уклада предшествует стадии возникновения и диффузии технологических инноваций с использованием ресурсов предыдущего технологического уклада. Последовательность взаимосвязанных действий от возникновения идеи до ее трансформации в конкретный результат (инновацию) и диффузии этой инновации принято рассматривать, как жизненный цикл инновационного процесса [7].

На сегодняшний день существует шесть поколений моделей жизненного цикла инновационного процесса. Так, модель первого поколения («от науки») рассматривает жизненный цикл инновационного процесса, как последовательность действий от получения новшества в результате фундаментальных и прикладных исследований и разработок до его выхода на рынок. Модель второго поколения жизненного цикла инновационного процесса («от рынка») основана на анализе потребительских предпочтений как, начальном этапе инновационного процесса, и также, как и модель «от науки», в качестве последней стадии рассматривает

выход инновации на рынок. Обе эти модели имеют линейный характер. Ротвелл, Роджерс, Уилрайтер, Кларк, Купер и др. авторы [8] выдвинули множество критических замечаний относительно линейности моделей. В частности, рассматриваемые модели игнорируют множество обратных связей и петель, возникающих между различными «стадиями» жизненного цикла инновационного процесса. Проблемы, возникающие на разных стадиях, жизненного цикла инновационного процесса могут привести к пересмотру более ранних стадий, результатом чего может быть инновация. Модель третьего поколения жизненного цикла инновационного процесса возникла в связи с приведенными выше критическими замечаниями и рассматривается, как сочетание моделей «от науки» и «от рынка». Данная модель основана на признании взаимодействия между различными элементами и обратной связи между стадиями жизненного цикла «исследование рынка» и «исследования и разработки» предыдущих линейных моделей. Модель четвертого поколения (интерактивная модель) представляет собой комбинацию двухтактных моделей, ее характерной чертой является интеграция внутри компании, акцент на внешние связи. Модель пятого поколения жизненного цикла инновационного процесса (сетевая) характеризуется накоплением знаний и внешних связей, системной интеграцией и экстенсивными сетями. Последним (шестым) поколением моделей жизненного цикла инноваций является модель открытых инноваций, которая отражает доминирующую ориентацию на предшествующие сетевые модели инноваций, но не ограничивается созданием и развитием внутренних идей, поскольку внутренние и внешние идеи в дополнение к внутренним и внешним путям выхода на рынок (лицензирование, привлечение ресурсов и т. д.) могут быть объединены, чтобы продвинуть развитие новых технологий.

Однако, с нашей точки зрения, основным недостатком приведенных выше моделей является рассмотрение инновационного процесса, как отдельного элемента, не связанного с дальнейшим жизненным циклом продукта, поскольку все перечисленные модели завершаются стадией выхода на рынок. В рамках широкого внедрения цифровых технологий, особенно цифровых платформ, потребитель начинает активно влиять на все звенья цепи поставок. Цифровые технологии позволяют онлайн реагировать на запросы «подключенного» клиента. Эта особенность отражена в концепции умной фабрики (smart factory) [13]. Кроме того, в результате анализа теории инноваций Шумпетера и теории длинных волн Кондратьева, можно сделать вывод о необходимости рассмотрения непрерывного процесса от инновационной идеи до сопровождения продукта.

В рамках данной статьи предлагается новый подход к рассмотрению жизненного цикла инновационного процесса, как составной части цифровой цепочки поставок, реализуемой в концепции умной фабрики. Основное преимущество умной фабрики, заключается в достижении гибких и открытых цепочек создания стоимости в производстве сложных массовых продуктов для индивидуальной настройки, и в небольших

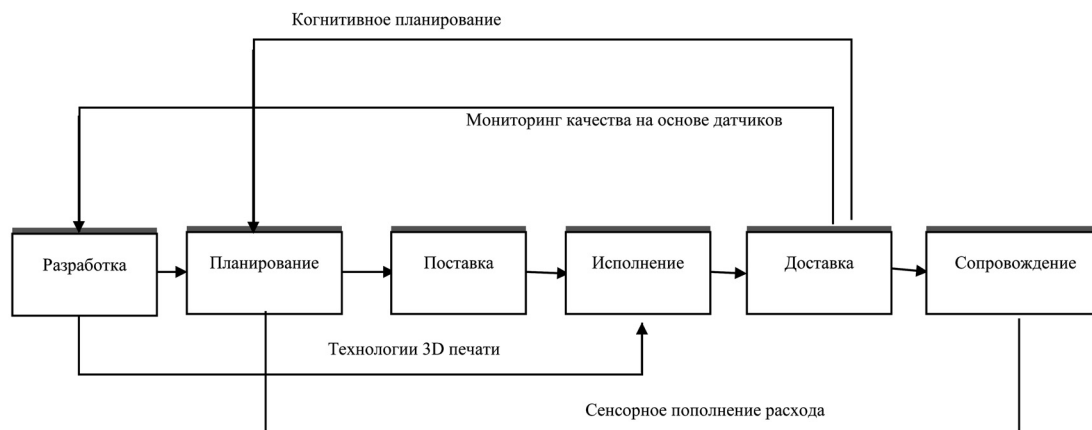


Рис. 1. Традиционная цепь поставок [13, 14]

сериях, что невозможно при существующих способах производства и организационной структуре.

В работах [9-11] концепция «индустрия 4.0» рассматривается, как новый уровень организации производства и управления цепочками создания стоимости и управления всем жизненным циклом изделия. Умная фабрика — один из ключевых аспектов этой новой промышленной революции. Основа концепции цифровой фабрики состоит в оцифровке процесса разработки продукта, использовании гибких производственных и логистических структур, интеллектуальных решений в цепи поставок, и интеграции этих процессов.

Среди компаний, работающих в формате умной фабрики можно выделить: Siemens и используемое ею решение MindSphere, позволяющее выполнять онлайн-мониторинг глобально распределенных станков, промышленных роботов или промышленного оборудования, создавать цифровые модели своего предприятия, с использованием реальных данных, компанию Hirotec — производителя автозапчастей, которой применение формата умной фабрики позволило сократить время простоя и предотвратить сбои системы, компанию VJС HealthCare — поставщика медицинских услуг, использующую комплексное

решение для управления запасами для достижения экономии в своей цепочке поставок на основе технологии радиочастотной идентификации (RFID) для отслеживания и управления тысячами медицинских принадлежностей.

Одним из важных элементов цепочки создания ценности умной фабрикой является цифровая цепочка поставок. Расширенные возможности цифровой цепочки поставок позволяют создавать более эффективные бизнес-модели и переводят цепочку поставок из категории «центра затрат», в сеть, которая является «центром возможностей» [12, 13]. Большая часть новых возможностей нацелена на обеспечение качества обслуживания клиентов, обеспечение прорывных инноваций и завоевание доли рынка. Обеспечение качества обслуживания клиентов является наиболее существенным фактором изменений в цифровой цепочке поставок и формирует ряд проблем:

- Продукты становятся все более персонализированными, количество вариантов, которые необходимо поддерживать, увеличивается экспоненциально, в то время как объемы заказов сокращаются.
- Варианты для прямого потребителя (D2C) преобразует цепочку поставок от поддержки продукта

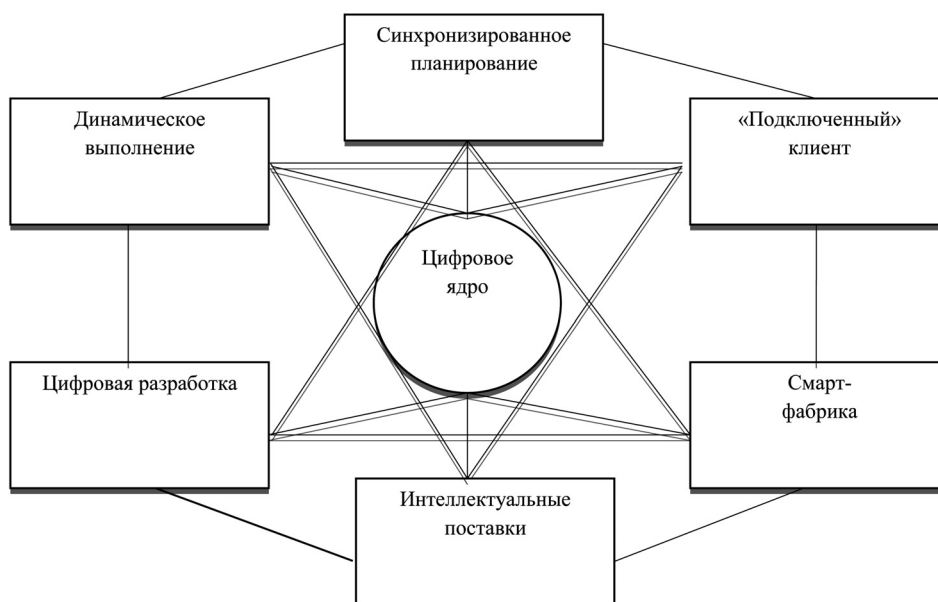


Рис. 2. Сетевое представление интеллектуальной цифровой цепи поставок

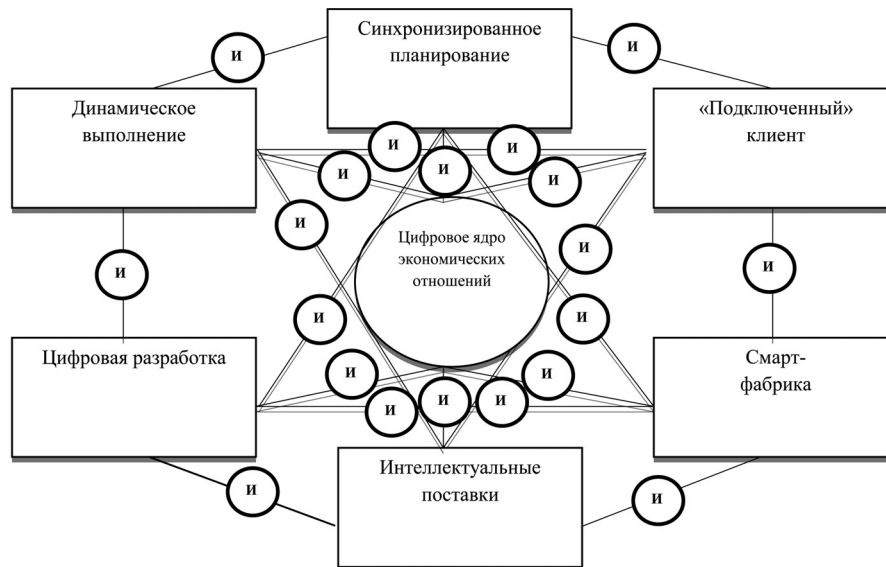


Рис. 3. Взаимосвязанная решетка новой модели цифровой сети поставок

к тому, чтобы быть (по крайней мере, частью) продукта.

- Большой процент выручки составляют новые продукты, цепочка поставок должна быть стимулом для инноваций, а не тормозом.

Традиционное представление цепи поставок (traditional supply chain) имеет линейный характер, с дискретной последовательностью проектирования, планирования, источника, изготовления и доставки (рис. 1). Однако сегодня многие цепи поставок трансформируются из статической последовательности в динамическую, взаимосвязанную систему — цифровую сеть поставок (digital supply network) — термин, который характеризует возрастающий потенциал охвата сетью партнеров по экосистеме и со временем переходит в более оптимальное состояние. Цифровые сети поставок (digital supply networks) позволяют объединять информацию из разных источников и мест, чтобы управлять физическим процессом производства и распространения (рис. 2) [13, 14].

Сетевое представление интеллектуальной цифровой цепи поставок ориентировано на повышение устойчивости к потенциальным внешним воздействиям на цепь поставок.

Взаимосвязанная решетка новой модели цифровой сети поставок (digital supply networks) видна, с цифровым ядром в центре. Существует возможность взаимодействия между каждым узлом и любой другой точкой сети, что позволяет расширить возможности соединения между областями, которые ранее не существовали. В этой модели коммуникации являются разнонаправленными, создавая связь между традиционно

не связанными звеньями в цепи поставок и учитывается имманентность инноваций (И) на протяжении всего жизненного цикла цифровой цепи поставок (рис. 3). Научная новизна авторского подхода заключается в обосновании нового подхода к формированию цепей поставок, позволяющего в рамках исследования задач экономической теории вводить в качестве новой экономической категории цифровое ядро экономических отношений, соотносимое с понятием цифровой решетки взаимосвязанных процессов (на примере цепей поставок).

### Выводы

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы.

1. Рассмотрены и проанализированы виды моделей жизненного цикла инновационного процесса.
2. Предложен новый подход к рассмотрению жизненного цикла инновационного процесса, как составной части цифровой цепочки поставок, реализуемой в концепции умной фабрики.
3. Обоснована модель сетевого представления интеллектуальной цифровой цепи поставок.
4. Получен вывод о необходимости рассмотрения непрерывного процесса от инновационной идеи до сопровождения продукта.

\* \* \*

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-014-00029.

### Список использованных источников

1. F. Emami-Langroodi. Schumpeter's Theory of Economic Development: A Study of the Creative Destruction and Entrepreneurship Effects on the Economic Growth (June 21, 2017). <https://ssrn.com/abstract=31537442>.
2. С. Ю. Глазьев. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993.
3. Четвертая промышленная революция: Целевые ориентиры развития промышленных технологий и инноваций. Всемирный экономический форум, 2019.
4. Л. Е. Гринин, А. В. Коротаев. Глобальный кризис в ретроспективе. Краткая история подъемов и кризисов: от Ликурга до Алана Гринспена. 2-е изд. М.: Либроком, 2012. 336 с.
5. L. Grinin, A. Korotayev, A. Tausch. Kondratieff Waves and Technological Revolutions, 2016.
6. D. Šmihula. The waves of the technological innovations of the modern age and the present crisis as the end of the wave of the informational technological revolution. Bratislava: Studia politica Slovaca, 2009. P. 32-47.

7. R. Roy. Rothwell Towards the Fifth-generation Innovation Process. Emerald and International Marketing Review United Kingdom, 1994.
8. R. Roy. Rothwell and Mark Dodgson The Handbook of Industrial Innovation. Edward Elgar United Kingdom, 1994.
9. P. Maresova, I. Soukal L. Svobodova, M. Hedvicakova et al. Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics//Economics, 6 (46), 2018. P.342-356.
10. A. C. Pereira, F. Romero. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. Procedia Manufacturing, 2017.
11. K. Witkowski. Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 — Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. Procedia Engineering, 2017. P. 763-69.
12. S. Ellis, J. Hojlo. Leveraging an Intelligent Digital Supply Chain. IDC Design to Operate, 2019.
13. Report from Deloitte research center. Deloitte and MAPI Smart factory study, 2019. <http://www2.deloitte.com/us/en/./2019-deloitte-and-mapi-smart-factory-study-capturing-value-along-the-digital-journey.html>.
14. The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing. A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks. <http://www2.deloitte.com/us/en/insights/./smart-factory-connected-manufacturing.html>.

### References

1. F. Emami-Langroodi. Schumpeter's Theory of Economic Development: A Study of the Creative Destruction and Entrepreneurship Effects on the Economic Growth (June 21, 2017). <https://ssrn.com/abstract=31537442>.
2. S. Yu. Glazyev. The theory of long-term technical and economic development. M.: VIdar, 1993.
3. The Fourth Industrial Revolution: Targets for the development of industrial technology and innovation. World Economic Forum, 2019.
4. L. Ye. Grinin, A. V. Korotayev. Global crisis in retrospect. A brief history of booms and crises: from Lycurgus to Alan Greenspan. 2nd ed. M.: Librocom, 2012. 336 p.
5. L. Grinin, A. Korotayev, A. Tausch. Kondratieff Waves and Technological Revolutions, 2016.
6. D. Šmihula. The waves of the technological innovations of the modern age and the present crisis as the end of the wave of the informational technological revolution. Bratislava: Studia politica Slovaca, 2009. P. 32-47.
7. R. Roy. Rothwell Towards the Fifth-generation Innovation Process. Emerald and International Marketing Review United Kingdom, 1994.
8. R. Roy. Rothwell and Mark Dodgson The Handbook of Industrial Innovation. Edward Elgar United Kingdom, 1994.
9. P. Maresova, I. Soukal L. Svobodova, M. Hedvicakova et al. Consequences of Industry 4.0 in Business and Economics//Economics, 6 (46), 2018. P.342-356.
10. A. C. Pereira, F. Romero. A review of the meanings and the implications of the Industry 4.0 concept. Procedia Manufacturing, 2017.
11. K. Witkowski. Internet of Things, Big Data, Industry 4.0 — Innovative Solutions in Logistics and Supply Chains Management. Procedia Engineering, 2017. P. 763-69.
12. S. Ellis, J. Hojlo. Leveraging an Intelligent Digital Supply Chain. IDC Design to Operate, 2019.
13. Report from Deloitte research center. Deloitte and MAPI Smart factory study, 2019. <http://www2.deloitte.com/us/en/./2019-deloitte-and-mapi-smart-factory-study-capturing-value-along-the-digital-journey.html>.
14. The smart factory Responsive, adaptive, connected manufacturing. A Deloitte series on Industry 4.0, digital manufacturing enterprises, and digital supply networks. <http://www2.deloitte.com/us/en/insights/./smart-factory-connected-manufacturing.html>.

---

### Прием заявок на конкурс «Умник — цифровой прорыв. Online»

Фонд содействия инновациям совместно с АНО «Россия – страна возможностей» объявляет о запуске конкурса «УМНИК – цифровой прорыв. Online».

Принять участие могут молодые инноваторы, вошедшие в число 10 лучших команд по каждому кейсу онлайн-хакатонов и онлайн-чемпионата всероссийского конкурса «Цифровой прорыв».

Подать заявку может один человек от команды в возрасте от 18 до 30 лет, не становившийся ранее победителем конкурсов в рамках программы «Умник». Положение о конкурсе

Победители получают грант в размере 500 тыс./рублей на реализацию своего проекта.

Заявки принимаются с 8 июня по 3 августа на площадке конкурса: [https://umnik.fasie.ru/digital-proryv\\_2\\_0](https://umnik.fasie.ru/digital-proryv_2_0).

Контактное лицо по конкурсу: куратор группы программы «Умник» по «Цифровой экономике» Виталий Киселев (e-mail: [kiselev@fasie.ru](mailto:kiselev@fasie.ru)).