

## Цифровые двойники для управления рисками цепей поставок в условиях пандемии COVID-19

*Ю.А. Череповская*

*Донской Государственный Технический Университет, Ростов-на-Дону*

**Аннотация:** С развитием технологий цепи поставок стали сложны и динамичны, и никогда еще не было так важно принять гибкие и инновационные подходы к управлению ими, как в условиях повышенных рисков из-за пандемии COVID-19. Доступность данных в реальном времени, грамотное и своевременное планирование, способность приспосабливаться к постоянно изменяющимся условиям рынка стали как никогда важным конкурентными преимуществами. Цифровые двойники представляют собой технологическую основу, которая фокусируется на цифровизации цепей поставок и представлении аналитических возможностей для выявления рисков их прогнозирования в цифровой модели для оперативного реагирования в реальном мире.

**Ключевые слова:** цепи поставок, управление рисками, цифровые двойники, логистика, грузоперевозки, моделирование.

Пандемия COVID-19 стала катализатором новых тенденций в цепях поставок, оптимизируя которые, предприятия могут снижать риски [1] и более эффективно осуществлять планирование с учетом постоянных сбоев и изменениями потребительского спроса.

Если рассматривать самые большие проблемы, с которыми сталкиваются предприятия во время COVID-19, то на первом месте будут периодические сбои в цепочке поставок. К постоянным закрытиям поставщиков добавляются постоянные колебания в планировании спроса предприятий [2 - 3], из-за чего приходится постоянно адаптироваться, чтобы выполнять заказы и придерживаться графика.

COVID-19 послужил толчком для более эффективного управления рисков в цепочке поставок, а также для использования новых инструментов с целью планирования цепей поставок. Одним из наиболее эффективных способов планирования для компаний является использование цифровых двойников цепей поставок.

Технология цифровых двойников использует функции искусственного интеллекта и машинного обучения для моделирования [4] более эффективных и действенных способов структурирования цепочки поставок. Это может быть реструктуризация поставщиков, от которых компания получает свои поставки, или перемещение распределительных центров для сокращения времени выполнения заказов и улучшения управления складом. Такое моделирование может значительно повысить эффективность за счет выявления более разумных способов баланса затрат на складские запасы, доступность и время выполнения заказа в сетях цепочки поставок.

Программное обеспечение для визуализации цепочки поставок позволяет компаниям отслеживать сырье, детали, компоненты и готовую продукцию от поставщиков до производителей, розничных продавцов, дистрибьюторов и, наконец, до клиентов.

Цифровые двойники цепочки поставок позволяют компаниям создавать цифровую копию всей цепочки поставок. Эта цифровая копия включает в себя все активы, склады, логистику и инвентарные позиции, которые существуют в конкретной цепочке поставок бизнеса. После создания цифрового двойника предприятия могут моделировать работу цепочки поставок [5], а также различные сценарии сбоев в цепочке поставок.

Цифровой двойник моделирует производительность цепочки поставок, включая всю сложность, которая приводит к потере стоимости и рискам. Он определяет, где существует неустойчивость и неопределенность, а также где возможна оптимизация. Цифровой двойник также позволяет планировать сценарии, позволяя компании принимать решения на основе бизнес-потребностей. Исходя из этого, аналитики могут понять поведение цепочки поставок, спрогнозировать внештатные ситуации и разработать план действий. Схема принятия решений на основе различных сценариев цифровой модели цепи поставок показана на рис. 1.

---

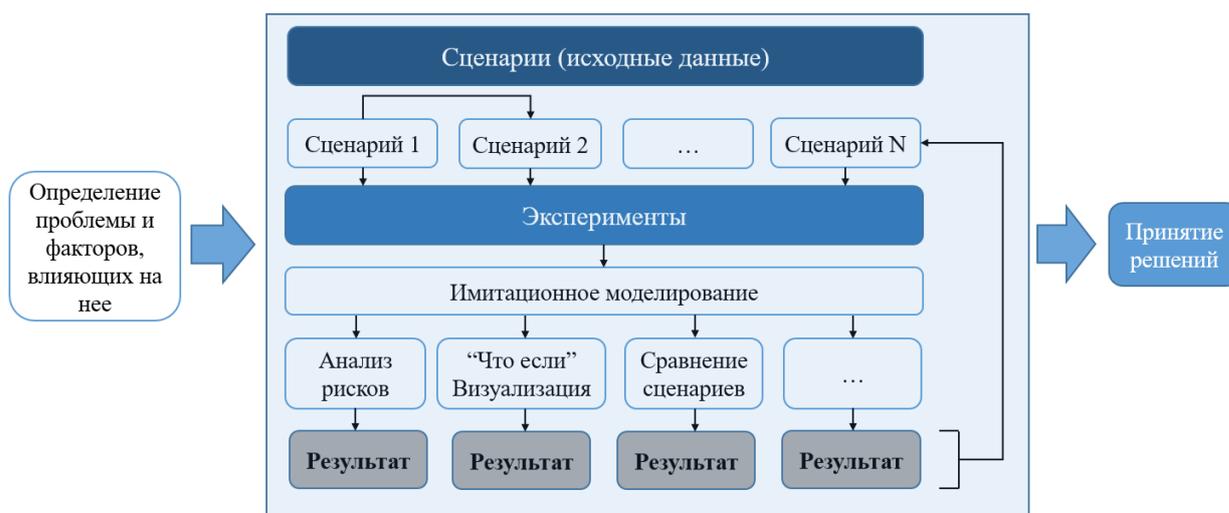


Рис. 1. – Схема принятия решений на основе работы цифровой модели

Каждый элемент цепи поставок получает свою цифровую копию с высоким, средним и низким уровнем абстракции.

К высокому уровню абстракции можно отнести такие стратегические задачи, как выбор локаций для размещения узлов цепи поставок или планирование [6] и организация товарных потоков между узлами цепи поставок.

Задачами среднего уровня абстракции являются выбор политики пополнения запасов и снабжения, оптимизация транспортного парка и маршрутов транспортного средства, анализ пропускной способности каждого узла сети и др.

Среди задач низкого уровня абстракции – определение воздействия внутренней логики работы каждого узла сети на общую эффективность цепи поставок, или, к примеру, планирование производства.

Однако стоит отметить, что ценность технологии цифровых двойников прямо пропорциональна надежности и глубине данных, лежащих в основе базовой модели [7]; такие, как операционные данные, производственные данные или данные цепочки поставок. Цифровые двойники поддерживают весь жизненный цикл, от времени проектирования,

строительства и ввода в эксплуатацию, вплоть до эксплуатации. Несмотря на то, что для аналитики полезен простой сбор текущих и исторических данных, реальная сила цифрового двойника реализуется [8], когда он охватывает полный жизненный цикл активов. Это делает его единым хранилищем информации, необходимой как для эксплуатации, так и для обслуживания завода или цепочки поставок организации. Основные задачи, выполняемые цифровыми двойниками, указаны на рис. 2.



Рис. 2. – Основные задачи, выполняемые цифровыми двойниками

Рассмотрим подробнее некоторые из представленных задач [9]:

1) Понимание динамики и поведение цепей поставок – цифровая модель позволяет отслеживать состояние цепи поставок и отдельных ее элементов. Это дает возможность более наглядно и точно понимать влияние отдельных параметров на поведение всей цепи поставок в целом.

2) Обнаружение узких мест – цифровая модель позволяет находить наиболее уязвимые места цепи поставок по отношению к различным внешним и внутренним факторам. Это позволит заблаговременно устранить их или разработать инструкции для решения прогнозируемых сбоев.

3) Тестирование изменений и схем развития цепей поставок – цифровая модель является безопасной средой для тестирования различных изменений в цепях поставок. Можно оценить эффективность внедрения тех или иных изменений.

4) Мониторинг рисков и тестирование непредвиденных обстоятельств – цифровой двойник позволяет моделировать поведение системы с различными факторами, влияющими на неё. Это дает возможность создавать непредвиденные обстоятельства в рамках модели, которые в дальнейшем помогут избежать таких ситуаций уже в реальной цепи поставок.

5) Анализ финансовых затрат - цифровой двойник может оптимизировать планирование продаж и операций, моделируя выполнение конкретного плана, выделяя риски и возможности и возвращая полученные данные в процесс планирования. Это позволяет компании минимизировать потери, возникающие из-за несогласованности планов и системных ограничений, а также скрытых узких мест.

6) Эффективное краткосрочное и долгосрочное планирование - цифровой двойник может выявлять риски исполнения на раннем этапе, а это означает, что компании могут снижать риски, а не управлять кризисами. Это позволяет компании сократить время простоя «узких мест» и улучшить складские запасы.

Подводя итог всему вышечисленному, можно сделать вывод, что использование цифровых двойников для цепей поставок дает возможность не только в реальном времени отслеживать состояние всей системы [10], но и планировать, и разрабатывать модели поведения при возникновении внештатных ситуаций, что в условиях COVID-19 является неотъемлемым инструментом для достижения поставленных задач в реальном мире.

## Литература

1. Арский А.А. Управление современными логистическими рисками // Управленческие науки в современной России, 2014. Т. 2. № 2. С. 54-59.
2. Григорьев М.Н., Уваров С. А. Логистика. М.: Изд-во Юрайт, 2011. С. 782.
3. Семина П.А. Основы логистики. Москва: Проспект, 2012. С. 339.
4. Бочкарев А.А. Планирование и моделирование цепи поставок. Новочеркасск: НГТУ, 2004. 256 с.
5. Иванов Д.А. Управление цепями поставок. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2015. 600 с.
6. Зырянов В.В., Криволапова О.Ю. Моделирование и анализ спроса на объекты совершенствования транспортной сети // Инженерный вестник Дона, 2012, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/709](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/709)
7. Бондарева И.О., Латыпова Э.А. Имитационное моделирование как инструмент комплексной оценки стратегических рисков логистического предприятия // Инженерный вестник Дона, 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4091](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4091).
8. Ivanov Dmitry. Supply Chain Simulation and Optimization with anyLogistix // Berlin school of Economics and Law. 2021.
9. Wang Yuchen, Wang Xingzhi, Liu Ang. Digital Twin – driven Supply Chain Planning // Procedia CIRP. 2020. №53. p. 198-203.
10. Амирханян А. Г. Цифровые двойники в логистике // Modern Science, 2020. - № 1-2. С. 37-40. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=42315919](http://elibrary.ru/item.asp?id=42315919).

## References

1. Arskij A.A. Upravlencheskie nauki v sovremennoj Rossii, 2014. Т. 2. № 2. pp. 54-59.
-



2. Grigorev M.N., Uvarov S. A. Logistika [Logistics]. M.: Izd-vo Yurajt, 2011. p. 782.
3. Semina P.A. Osnovy logistiki [Basics of logistics]. Moskva: Prospekt, 2012. p. 339.
4. Bochkarev A.A. Planirovanie i modelirovanie cepi postavok [Supply chain planning and modeling]. Novocherkassk: NGTU, 2004. 256 p.
5. Ivanov D.A. Upravlenie cepyami postavok [Supply chain management]. SPb.: Izd-vo Politexn. un-ta, 2015. 600 p.
6. Zyryanov V.V., Krivolapova O.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/709](http://ivdon.ru/magazine/archive/n4y2011/709)
7. Bondareva I.O., Latypova E.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2017, №1. URL: [ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4091](http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2017/4091).
8. Ivanov Dmitry. Supply Chain Simulation and Optimization with anyLogistix. Berlin school of Economics and Law. 2021.
9. Wang Yuchen, Wang Xingzhi, Liu Ang. Procedia CIRP. 2020. №53. pp. 198-203.
10. Amirxanyan A. G. Modern Science, 2020. p № 1-2. pp. 37-40. URL: [elibrary.ru/item.asp?id=42315919](http://elibrary.ru/item.asp?id=42315919).