

УДК 378:004.03:004.09

Понятия «виртуальная фабрика», «виртуальное предприятие» и «цифровые двойники» и их место в дисциплинах технического университета

Лагута Виктор Степанович

laguta@bmstu.ru

Федотова Алена Валериевна

fea@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

В работе приведены результаты анализа публикаций по проблематике цифрового производства. Предложено выделить основные определения для преподавания дисциплин по проектированию компьютерно-интегрированных производств. Приведена иерархия последовательного охвата понятий цифрового двойника, цифровой фабрики и виртуального предприятия. Представлена последовательность «наполнения» виртуального предприятия, позволяющая на этапе проектирования сформировать цельное представление о взаимосвязи его компонентов.

Ключевые слова: цифровизация, методическое обеспечение, жизненный цикл изделия, иерархия взаимосвязи, проектирование, компьютерно-интегрированная производственная система, виртуальное предприятие

Введение. Современная и быстро прогрессирующая тенденция — цифровизация производства, от его «механической» составляющей до «организационной», порождает значительное число вариантов реализации проектных и внедренческих задач этого направления. Зачастую каждая из инжиниринговых команд опирается на собственную концепцию этого процесса [1]. То же самое можно сказать и о «теоретиках» [2].

Авторы не предполагают организовать заочную дискуссию по этому вопросу, но делают попытку систематизации терминологических и предметных вопросов этого направления с целью последовательного изложения в рамках учебных курсов высшего технического образования.

Рассмотрим условия проектирования компьютерно-интегрированного производства (исполнительной системы) или КИПС в самом общем виде (рис. 1). Можно выделить следующие варианты построения КИПС.

Вариант А:

- ограниченная номенклатура выпуска;
- ограниченный круг поставщиков заготовок, материалов, инструмента, комплектующих и т. д.

Пример: производства стандартизованных метизов

Вариант Б:

- значительная номенклатура выпуска;
- ограниченный круг поставщиков заготовок, материалов, инструмента, комплектующих и т. д.

Пример: производства гостированных технических элементов, например резинотехнические изделия; производство пресс-форм и др.

Вариант В:

– значительная номенклатура выпуска;
– значительный круг поставщиков заготовок, материалов, инструмента, комплектующих и т. д.

Пример: производства сложных многокомпонентных изделий в промышленности.



Рис. 1. Взаимодействие систем производства на рынке готовой продукции

С точки зрения организации и управления производственным процессом (ПП) в системе управления жизненным циклом изделия (СУЖЦ) очевидно наиболее сложный вариант реализации — третий, поскольку для выпуска сложного изделия потребуется решить вопросы и первого и второго вариантов построения КИПС [3–5]. И именно в этом случае для создания цифрового производства необходимо использовать все множество наработанных концепций, методик, инструментальных средств, описывающих ПП на различных этапах проектирования, внедрения и эксплуатации.

Выделим некоторые варианты определений предметной области наиболее соответствующие, по мнению авторов, рассматриваемой задаче и представленные в публикациях.

- цифровое производство [6–10];
- цифровое предприятие [11];
- виртуальное производство [12, 13];
- виртуальное предприятие [14, 15];
- виртуальная фабрика [8, 16–18];
- цифровая фабрика [17];
- умная фабрика [17, 19, 20];

- фабрика будущего [17, 20, 21];
- цифровой двойник [22].

По мнению авторов для описания предметной области и проработки основных этапов проектирования КИПС в СУЖЦ изделия методически необходимо ограничиться следующими:

- цифровое производство — комплекс интегрированных между собой технологических решений и сложных информационных систем. Решения для цифрового производства относятся к «Индустрии 4.0» и являются частью четвертой промышленной революции [23];

- виртуальное предприятие — это временная межпроизводственная кооперация ряда юридически независимых предприятий, которая создается в короткий срок и поддерживается с помощью современных информационных технологий, путем интеграции возможностей участников разрабатывает и производит актуальную продукцию или услуги, обходится без новых юридических образований, которые заменяются гибкой координацией [3];

- цифровая фабрика — это виртуальное представление физической фабрики/производства, объединяющее спецификации продуктов, производственную информацию и данные о региональных затратах для оптимизации производства по скорости, стоимости, производительности и другим бизнес-приоритетам [24];

- цифровой двойник — цифровая копия физического объекта или процесса, помогающая оптимизировать эффективность бизнеса [22, 25];

И если «Цифровое производство» имеет общеметодологическое значение, определяющее направление развития процессов в производственной сфере, то следующие основные понятия выбраны по другим основаниям. Наиболее значимыми являются понятия «Виртуальное предприятие» (ВП) и «Цифровой двойник» (ЦД). Именно для этих категорий, вернее объектов, описываемых этими категориями, разработаны формальные описания и соответствующие методы, методики и инструментальные средства, используемые при проектировании, внедрении и эксплуатации производственных систем [5, 10, 26]. Категория «Цифровая фабрика» (ЦФ) с этой точки зрения соответствует «Цифровому двойнику», но подчеркивает большую размерность моделируемой производственной системы.

Поскольку в основе КИПС находится именно производственная (исполнительная) компонента собственно выдающая «на-гора» требуемый продукт (услугу) — иерархия последовательного охвата в информационном плане должна быть представлена следующим образом (рис. 2):

ЦД -> ЦФ -> ВП;

ЦД — модели и информационные двойники процессов;

ЦФ = {ЦД} U (ЦД взаимодействия {ЦД});

ВП = {ЦФ} U (ЦД взаимодействия {ЦФ}).

Важное замечание: КИПС не отвергает неавтоматизированное производство или его компоненты, но включает его (или его компоненты) в общий контур управления через цифровые двойники — модели и/или информационные двойники процессов.

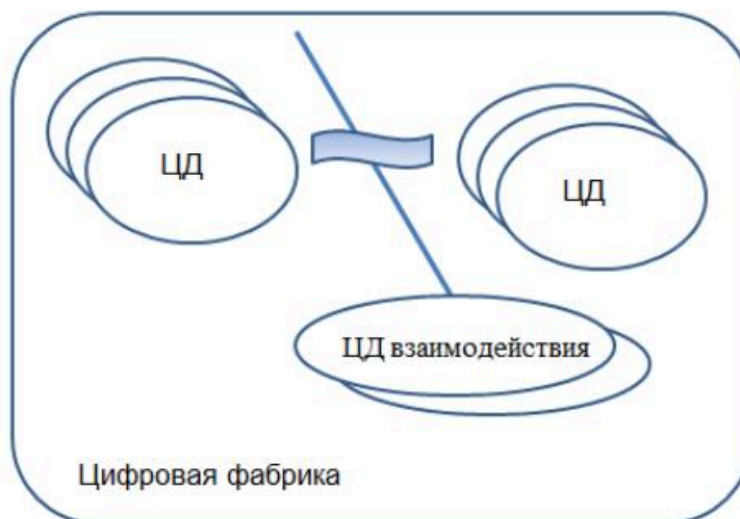


Рис. 2. Иерархия последовательного охвата

Заключение. Изложенная последовательность «наполнения» виртуального производства позволяет сформировать цельное представление о взаимосвязи компонент СУЖЦ изделия, что в свою очередь позволяет систематизировать методические разработки используемые в проектировании КИПС.

Список источников

- [1] Дохин В.В. *Стратегии цифровой трансформации инженеринговой компании. Анализ успеха и несоответствий*. URL: <https://pm3ed.tech/blog/edu-news/tpost/my1ch7d7v1-strategii-tsifrovoy-transformatsii-inzhi> (дата обращения 09.09.2024).
- [2] Каменнова М., Громов А. *Технологии для виртуального предприятия*. URL: <https://www.osp.ru/os/2000/04/177994> (дата обращения 09.09.2024).
- [3] Норенков И.П., Кузьмик П.К. *Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии*. Москва, Изд-во МВТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. 320 с.
- [4] Овсянников М.В., Подкопаев С.А. Облачная система управления производством в рамках жизненного цикла продукции на основе интернета вещей. *Вопросы инновационной экономики*, 2020, № 10–3, с. 1311–1318.
- [5] Stark R., Kind S., Neumeyer S. Innovations in Digital Modeling for Next Generation Manufacturing System Design. *CIRP Annals-Manufacturing Technology*, 2017, vol. 66, no. 1, pp. 169–172. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.045>
- [6] Мизюн В.А., Ишкильдина С.А., Евдовская С.А. Цифровое производство: отличительные характеристики и перспективы развития. *Промышленность: экономика, управление, технологии*, 2019, № 4 (78), с. 71–75.
- [7] *Экспертное мнение. Цифровое производство в России — новые приоритеты*. Деловой портал «Управление производством». URL: https://up-pro.ru/library/information_systems/automation_production/cyfra-russia/ (дата обращения 09.09.2024).
- [8] *Платформа о цифровом производстве*. URL: <https://digitalmanufacture.tilda.ws/> (дата обращения 09.09.2024).
- [9] *План мероприятий («дорожная карта») «ТЕХНЕТ 4.0» (передовые производственные технологии) Национальной технологической инициативы*. Санкт-Петербург — Москва, 2020, 235 с. URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2021/06/24/2021_0624_DK_Technet.pdf (дата обращения 09.09.2024).

- [10] Тарасов В.Б. Технологии Индустрии 4.0: от цифрового производства и интернета вещей до коллаборативных роботов и интеллектуального имитационного моделирования. *Мягкие измерения и вычисления*, 2019, т. 2, № 12, с. 4–19.
- [11] Таханова Д.Г. Понятие цифрового предприятия и его основные признаки. *Вестник науки*, 2023, № 2 (59), с. 51–54.
- [12] Пандия М. Виртуализация производства: возможности компьютерной симуляции. *Control engineering Россия*, 2018, № 3 (75), с. 57–59.
- [13] Лагута В.С. Производственно-технологический потенциал предприятия. *Виртуальное производство. Компетентность*, 2017, № 5, с. 18–21.
- [14] Фоменко Н.М., Ефимов Е.Н. Виртуальные предприятия и анализ факторов эффективности их использования. *Молодой ученый*, 2009, № 10 (10), с. 134–137. URL: <https://moluch.ru/archive/10/752/> (дата обращения 09.09.2024).
- [15] Агниашвили Л.Г. Виртуальные предприятия: становление, сущность и преимущества. *Вестник РУДН. Серия: Экономика*, 2011, № 1, с. 52–58.
- [16] Пономарев О. «Виртуальная фабрика» для реального бизнеса. *Методы менеджмента качества*, 2020, № 5, с. 28–33.
- [17] Как работает «фабрика будущего»? URL: https://postnauka.org/files/images/7/6/6/3/7/0/0/0/0/0/xfn2mnQN965ljH7hTfYW22o2X_92nf39.png (дата обращения 09.09.2024).
- [18] Кузьмина Е.В., Шевченко С.А., Шокурова Д.В. Технология виртуальной фабрики, как тренд развития предприятия в условиях цифровой экономики. *Экономика и бизнес: теория и практика*, 2024, № 3–1 (109).
- [19] Грезина Л.А. Формирование «умных фабрик» для развития промышленных предприятий региона. *Теория и практика сервиса: экономика, социальная сфера, технологии*, 2022, № 2 (52), с. 27–31.
- [20] *Фабрики будущего*. URL: <https://moda.ru/article/tsifrovye-fabriki-budushhego-kakie-oni/> (дата обращения 09.09.2024).
- [21] Корнилов С.С., Абрамова И.Г., Корнилова А.С. «Фабрика будущего» инструмент конструирования инновационной экономики будущего. *Известия Самарского научного центра РАН*, 2013, № 6–3, с. 817–819.
- [22] Малакути С., Шалквик П.В., Босс Б., Рам Састри Ч. Применение цифровых двойников в промышленности. *Современная электроника*, 2022, № 8, с. 34–41.
- [23] *Цифровое производство*. URL: <https://prof-itgroup.ru/business-areas/digital-industrial-integrator/tsifrovoye-proizvodstvo/> (дата обращения 09.09.2024).
- [24] *Цифровые технологии*. URL: <https://inteso.ru/services/elektronnaya-fabrika> (дата обращения 09.09.2024).
- [25] Гончаров А.С., Саклаков В.М. Цифровой двойник: обзор существующих решений и перспективы развития технологии. *Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Материалы Всерос. науч.-практ. конф.: сб. тр.* Кемерово, КузГТУ, 2018, с. 24–26.
- [26] Евгеньев Г.Б. Индустрия 5.0 как интеграция интернета знаний и интернета вещей. *Онтология проектирования*, 2019, № 1, с. 7–23.

Virtual factory, virtual enterprise and digital twins in computer-integrated manufacturing design

Laguta Victor S.

laguta@bmstu.ru

Fedotova Alena V.

fea@bmstu.ru

BMSTU, Moscow, Russia

The paper presents the results of the publications analysis on the problems of digital production. It is proposed to identify the main definitions for teaching disciplines on the computer-integrated production design. A hierarchy of sequential coverage of the concepts of a digital twin, a digital factory and a virtual enterprise is given. A sequence of “filling” a virtual enterprise is presented, allowing at the design stage to form a holistic idea of the relationship of its components.

Keywords: digitalization, methodological support, product life cycle, hierarchy of relationships, design, computer-integrated manufacturing system, virtual enterprise