

УДК 334.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ СУЩНОСТИ И ПРОЦЕССА КАСТОМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА В ЦИФРОВОЙ СРЕДЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ

Тихомирова О.Г.

*Санкт-Петербургский национальный университет информационных технологий, механики и оптики (Университет ИТМО), Санкт-Петербург, e-mail: olgatikhomirov@yandex.ru*

В статье рассмотрены основные теоретические вопросы кастомизации производства в условиях внедрения цифровых технологий в производственные системы. Современные тенденции трансформации производства, в частности цифровизация и ориентация на потребителей (кастомизация), требуют исследования сущности процесса кастомизации и механизма перехода от традиционной формы организации производства к кастомизированной. Анализ литературы и практики по вопросам кастомизации показал отсутствие единой теоретической базы и однозначного понимания сущности кастомизации, а также основных изменений при внедрении цифровых технологий в производственные процессы. Это приводит к невозможности сохранения и приумножения экономических выгод и преимуществ при цифровизации производства и создании кастомизированной модели производства, которая в современных условиях является наиболее конкурентоспособной. В статье рассмотрены основные характеристики и преимущества кастомизированного и традиционного производства с точки зрения наиболее существенных параметров организации производственных процессов. На основании исследования предложены основные стадии трансформации традиционной производственной системы в кастомизированную. Рассмотрены преимущества и выгоды, которые обеспечиваются за счет внедрения цифровых технологий в производственные процессы, а также важные отличия в трактовке традиционных критериев эффективности организации производства при цифровизации производства.

**Ключевые слова:** кастомизация, цифровое производство, кастомизированные производственные системы, автоматизация производства, аддитивные технологии

## THE STUDY OF THE NATURE AND PROCESS OF CUSTOMIZATION OF PRODUCTION IN A DIGITAL ENVIRONMENT

Tikhomirova O.G.

*National Research University ITMO, Saint-Petersburg, e-mail: olgatikhomirov@yandex.ru*

This paper deals with the main theoretical issues of customization of production in the conditions of introduction of digital technologies into production systems. Modern tendencies of transformation of production (in particular, digitalization and orientation on consumers – customization), requires some research of process and nature of customization. And, we have to study the mechanism of transition from the traditional form of the organization of production to the customized one. Analysis of the literature and practices on the issues of customization has shown the gap of a unified theoretical framework and a clear understanding of the essence of customization. Also we have observed the major changes in the implementation of digital technology in production processes. This leads to the impossibility of preserving and multiplying the economic benefits and advantages of digitalization of production and the creation of a customized model of production, which in modern conditions is the most competitive. The article describes the main characteristics and advantages of customized and traditional production in terms of the most essential parameters of the organization of production processes. On the basis of research the paper proposes the basic stages of transformation of a traditional production system into a customized one are offered. In paper we study the advantages and benefits from digital technologies in production processes and differences between the traditional criteria for the effectiveness of the organization of production in the digitalization of production.

**Keywords:** customization, digital production, customized production systems, production automation, additive technologies

Внедрение цифровых технологий, цифровая экономика и цифровое производство оказывают непосредственное влияние на характер взаимодействия предприятий-производителей и внешней среды, особенно в области взаимоотношений между производителями и потребителями [1]. Цифровая экономика и производство предполагает вовлечение в единую систему и интегрированную платформу ключевых партнеров, в том числе потребителей, клиентов, с целью обеспечения максимального соответствия производимой продукции требованиям заказчика и снижения потерь (затрат) производителя на стадии промышленного

освоения и постановки продукции на производство [2]. Таким образом, именно цифровое производство обеспечивает реализацию принципа индивидуализации, или кастомизации, производства.

Цель исследования: выявление сущности кастомизации, процесса кастомизации, определение преимуществ кастомизированного производства в сравнении с традиционным производством. Также в статье рассмотрены вопросы и основные методы создания кастомизированной производственной системы. На основании проведенного исследования одной из целей статьи является изучение экономических выгод

и преимуществ кастомизированной производственной системы в условиях цифровой экономики и методы обеспечения экономической целесообразности кастомизации производственных процессов.

#### *Понятие кастомизации*

Кастомизация – это процесс переориентации производственных процессов, трансформации и адаптации экономических преимуществ массового производства к производству продукта, ориентированного на четкую целевую группу потребителей или сегментов рынка. Идеология кастомизированного производства основана на создании и реализации продукта, полностью отвечающего требованиям, потребностям и ожиданиям конкретных потребителей, а не среднестатистических, как при массовом производстве.

Кастомизация в общем понимании – это процесс, в ходе которого конечный результат производства подстраивается под индивидуальные особенности и требования потребителя. Как правило, в современных условиях кастомизация реализуется на последних стадиях производственного цикла, что подразумевает использование стандартной и универсальной технологии производства, однако на последней стадии, непосредственно перед поставкой, вносится незначительное с технологической точки зрения изменение, часто носящее чисто внешний, оформительский или дизайнерский характер. Однако кастомизация производства – это абсолютно иная технология организации производственных процессов, охватывающая всю производственную систему предприятий [3].

Кастомизация направлена на создание потребительской ценности и решение задач потребителя, то есть первичными в отношении продукт – клиент становится проблема клиента и возможность компании ее решить особенным для каждого клиента способом. Кастомизация невозможна без внедрения современных цифровых технологий в производство. Однако следует иметь в виду, что внедрение, например, распространенных CRM-систем, улучшая и повышая эффективность процесса взаимодействия производитель/клиент, не влияет на собственно производственные процессы, НИОКР, технологию и т.п.; таким образом, кастомизация в данном случае будет носить характер «индивидуальной розочки на стандартном торте». Поэтому, чтобы внедрить кастомизацию как технологию производства, и необходимо полное изменение организации бизнес-процессов на основе внедрения цифровых технологий. Цифровые технологии

позволяют создать единое информационное пространство для коммуникации и взаимодействия всех заинтересованных в проекте: не только и не столько инженеров, технологов, разработчиков, конструкторов (что очень важно для создания максимально совершенного в техническом плане продукта), но и потребителей, инвесторов, дизайнеров; цифровые технологии позволяют потребителем испытать и понять ощущения и впечатления от использования продукта еще до фактического производства, что позволяет внести изменения или принять решения об усовершенствовании продукта производителем еще на стадии разработки. Только тогда создается не просто продукт-устройство, а действительно кастомизированный продукт, имеющий высокую потребительскую ценность.

#### *Преимущества кастомизированного производства в цифровой среде функционирования*

Кастомизация – гибкая адаптивная технология организации производственных процессов, основанная на непрерывном процессе конструктивных, технологических и иных изменений, полностью соответствующих индивидуальным требованиям и условиям конкретного потребителя.

Преимущества кастомизации производства в цифровой среде функционирования следующие:

– Интеграция бизнес-процессов по вертикали и горизонтали с позиции удовлетворения требований заказчика на всех стадиях жизненного цикла продукта «разработка – проектирование – промышленное освоение-производство».

– Виртуальное моделирование и тестирование продукта, возможность виртуальных испытаний и экспериментального использования продукта потребителем.

– Возможность достижения преимуществ массового производства в мелкосерийном и единичном.

– Возможность выполнения работ по всей производственной цепочке на предприятиях, локализованных в различных точках мира.

– Оптимизация системы планирования производства в сторону планирования в режиме реального времени.

Сравнительные характеристики кастомизированного и традиционного производства приведены в табл. 1.

#### *Создание кастомизированной производственной системы*

Как было отмечено ранее, кастомизированное производство в единой цифровой

среде организуется на всех стадиях цепочки создания ценностей, на всех стадиях жизненного цикла продукта – от проектирования и разработки до производства, в отличие от традиционно организованных производственных систем, в которых касто-

мизация возможна только на стадии сборки при сохранении единой технологии и методов производства.

Рассмотрим стадии трансформации традиционно производственной системы в кастомизированную (табл. 2).

**Таблица 1**

Сравнительные характеристики кастомизированного и традиционного производства

Характеристика	Кастомизированное производство	Традиционное производство
Тип производства	Мелкосерийный, единичный	Массовый
Номенклатура производимой продукции	Широкая	Узкая
Потребительская ориентация	Концентрация на конкретном потребителе (узкой группе потребителей)	Концентрация на ключевом сегменте рынка по средним (наиболее типичным) параметрам
Базовый принцип организации производства	Модульность	Универсализация
Фактор роста производительности труда	Точное соответствие требованиям к конечному продукту	Автоматизация [4]
Форма организации бизнеса	Создание цифровой экосистемы	Кластеры, холдинги
Ключевые факторы конкурентоспособности	Производство продукта, максимально соответствующего потребностям потребителя	Снижение издержек, маркетинговое продвижение
Создание добавленной стоимости	Линейный процесс последовательного производственного цикла в рамках предприятия-производителя	Нелинейный процесс с максимальной параллельностью производственных операций с вовлечением внешних контрагентов
Управление затратами	Наличие четко определенных постоянных и переменных затрат	Усложнение процесса управления затратами в результате снижения доли постоянных затрат (так как убираются лишние посредники)
Формирование цены продукта	Традиционные методы «Издержки плюс»	Цена зависит от условий каждой сделки (то есть каждой произведенной единицы)

**Таблица 2**

Стадии трансформации традиционной производственной системы в кастомизированную

Стадии трансформации	Название стадии	Описание стадии
Первая стадия	Изменение взаимодействия с потребителем (заказчиком)	Трансформация процесса размещения и обработки заказа. Внедрение системы «умные продажи»: активное взаимодействие с потребителями, проактивные заказчики (клиенты), партнеры, проактивная дистрибуция. Глобальная коллаборация с вовлечением внешних экспертов. Рост традиционных показателей эффективности производственных процессов и систем (рентабельности, объемы продаж, производственные издержки и т.п.).
Вторая стадия	Высокое качество услуг	Персонализация производимого продукта, организация производственных процессов по принципу «360°customer», высокая скорость услуг и производства продукта; организация бизнес-процессов в режиме реального времени; всенаправленность процессов.
Третья стадия	Открытые ERP системы, real time	Несвязанная цепь создания стоимости в глобальном масштабе. Автоматизация по всем бизнес-процессам. Развитие IT-приложений (гибкость и простота использования). Ускорение процессов, интеграция данных, использование «облачных» технологий
Четвертая стадия	«Связывание», объединение, интеграция продукта, персонализация продукта, real time	Контекстуализация данных, расширенная цепь создания стоимости в режиме реального времени. Аналитика он-лайн и в режиме реального времени. Снижение длительности производственного цикла. Ускорение процессов производства и доставки продукции до конечного потребителя.

Таблица 3

Основные экономические преимущества организации массового производства в сравнении с возможностями кастомизированного цифрового производства

Экономические выгоды массового производства	Преобразование выгод в кастомизированном цифровом производстве
Полная загрузка рабочих мест, вплоть до выполнения одной технологической операции на одном рабочем месте	Интегрированная цифровая экосистема и полная автоматизация производства позволяет эффективно нормировать загрузку рабочих мест в полном соответствии с планом производства, основанном на объеме спроса
Высокопроизводительное, узкоспециализированное технологическое оборудование	Цифровое производство, автоматизация и внедрение промышленных роботов позволяет сохранить высокую производительность оборудования даже при его универсализации
Более точные нормативы затрат ресурсов	В цифровом производстве задача расчета точных нормативов затрат ресурсов решается автоматизированными средствами информационных технологий и соответствующего ПО. Возможность виртуализации стадий прототипирования и тестирования (экспериментальных исследований) сокращает затраты ресурсов на данные стадии жизненного цикла продукта. Возможность внедрения самообучающихся информационных систем и самонастраивающегося «умного» оборудования также позволяет еще более точно нормировать затраты ресурсов и снижать производственные издержки
Возможность тщательной технической подготовки производства	Цифровое производство позволяет полностью автоматизировать и виртуализировать все стадии научно-технической подготовки производства, от НИР до производства экспериментальных образцов и постановки на производство. Также возникает возможность более эффективного взаимодействия конструкторов и технологов в режиме реального времени
Организация поточных линий, в том числе автоматизированных	В условиях цифрового производства организация поточных линий лишается экономического смысла, более целесообразным является организация кастомизированного производственного процесса, производства продукта «точно в спрос»
Высокая степень параллельности, непрерывности, ритмичности производственного процесса	Единая цифровая платформа позволяет организовать производственные процессы в режиме «real time»

Одно из ключевых преимуществ массового производства – это возможность универсализации технологических процессов и технологического оборудования, что повышает экономическую эффективность производства, стабильность и управляемость производственных процессов. Чем больше степень специализации рабочих мест, тем более специализированное технологическое оборудование требуется для организации производственного процесса. Чем меньше степень специализации, тем более универсальными являются рабочие места и установленное оборудование, что, в условиях традиционного производства характеризовало бы производственный процесс как нестабильный. Точно также, в традиционном производстве внедрение узкоспециализированного технологического оборудования означало бы ожидаемо более высокую производительность труда. Рассмотрим, как изменяется данный подход в условиях внедрения цифрового производства.

При внедрении цифровых интегрированных платформ и создания цифровой экосистемы, высокого уровня автоматизации и робототизации производства, использование узкоспециализированного оборудования становится экономически нецелесообразным. Сильная узкая специализация в масштабах промышленного предприятия может приводить к рассогласованию целей отделов и производственных подразделений, негативно сказываясь на достижении общих целей производственной системы и предприятия в целом. Также негативно на общие цели влияет и высокий уровень концентрации производства. В узкоспециализированных производственных структурах сложно оценить вклад каждого элемента в достижение целей, например таких, как энергетическое хозяйство (обычно оценивается по объему сгенерированной отпущенной энергии), транспортное хозяйство (традиционно – по числу перевозок), заготовительных цехов (по весу/числу

заготовок), административно-управленческих подразделений. Очевидно, что приведенные типичные показатели не отражают реальный вклад указанных элементов, относящихся к обслуживающим, в достижении общей главной цели производственной системы.

Универсальное оборудование, в том числе 3D-принтеры и иные аддитивные технологии, выполняют те же функции, что и узкоспециализированные станки, однако с более высокой производительностью, в условиях единичного или серийного кастомизированного производства с сохранением экономических выгод и преимуществ традиционного организованного массового производства. Обоснуем это утверждение. Рассмотрим основные экономические преимущества организации массового производства и сравним их с возможностями кастомизированного цифрового производства (табл. 3).

Как мы можем видеть из таблицы, основные экономические и организационные преимущества традиционного массового производства не просто сохраняются, но и усвершенствуются и усиливаются при внедрении концепции цифрового производства.

#### *Основные выводы и результаты*

При сохранении положительных характеристик массового производства в цифровом производстве добавляются и преимущества единичного производства, в том числе:

– возможность производства широкой номенклатуры продукции, что обеспечивает кастомизированное производство на всех стадиях жизненного цикла продукта;

– рост профессионализма и уровня квалификации работников-операторов и иных производственных рабочих за счет необходимости работать на более сложном универсальном технологическом оборудовании.

Кроме того, внедрение концепции цифрового производства обеспечивает более эффективные и благоприятные условия для разработки и внедрения инновационных продуктов; увеличивает скорость обработки информации с сохранением и приумножением качества информационных потоков; обеспечивает снижение длительности производственного цикла. Чем выше трудоемкость (или время) на изготовле-

ние продукции при одинаковом заданном объеме выпуска, тем больше потребуются число загруженных рабочих мест. Аналогичная зависимость при большем объеме производства при одинаковой трудоемкости производства. При традиционной форме организации производственных систем мы вынуждены были бы в обоих случаях увеличивать число элементов производственной структуры, то есть создавать больше рабочих мест, цехов и участков, тем самым увеличивая число связей между ними. Это означало бы увеличение численности персонала, рост административно-управленческих затрат и производственных издержек. Однако в цифровом производстве мы можем изменять значение эффективного фонда времени работы рабочих модулей (полная автоматизация позволяет это сделать без учета традиционных потерь времени в структуре производственного цикла), сохраняя и увеличивая производительность (число рабочих мест) при высокой трудоемкости изготовления продукции (например, высокотехнологичной, наукоемкой). Автоматизация, робототизация и производство «без человека» станет основой интеграции всех производственных процессов и систем и создания производства будущего Индустрии 4.0 [5]. Единая цифровая производственная экосистема («цифровая оркестровка производства») обеспечивает создание единой целостной сети создания ценности для потребителя (именно сети, а не цепи; то есть не итеративного последовательного процесса, а сетевого с узловой основой), создавая истинно кастомизированное производство.

#### **Список литературы**

1. Digital transformation. Creating new business models where digital meets physical. IBM Global Business Services Executive Report. IBM Global Services, N.Y. 10589, U.S.A. April 2011. P. 3.
2. Additive Manufacturing. Edited by A. Bandyopadhyay, S. Bose. CRC Press Taylor & Francis Group. 2017. P. 5–7.
3. Тихомирова О.Г. Методологические основы проектирования социально-экономических нейронных сетей (SENS-систем) // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4–3. С. 719–723.
4. Сури Р. Время – деньги. Конкурентное преимущество быстро-реагирующего производства / Пер. с англ. В.В. Дедухина. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. 326 с.
5. Шваб К. Четвертая промышленная революция: перевод с англ. М.: Изд-во «Эксмо», 2017. С. 17–24.