

УДК 334

DOI: 10.17586/2310-1172-2021-14-4-41-50

Научная статья

## Цепочки добавленной стоимости продукции в бизнесе Индустрии 4.0, использующем кибертехнологии

*Д-р техн. наук* **Жаринов И.О.** mpbva@mail.ru

*Университет ИТМО*

*197101, Россия, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49*

*Эффективность выполнения компаниями Индустрии 4.0 инновационной деятельности оценивается по финансовому показателю, выраженному через добавленную стоимость продукции. Добавленная стоимость образуется в цепочке бизнес-процессов компаний, приращивающих ценность продукции для потребителя в результате своей операционной работы. В соответствии с существующей типологической классификацией фабрик, использующих промышленные кибертехнологии, рассмотрены цепочки формирования добавленной стоимости продукции, актуальные для процессов ее киберпроектирования, киберпроизводства и киберобслуживания. Организационно-экономические аспекты кибертехнологий представлены в качестве инноваций, вовлекающих потребителей в управление киберфизическими системами и компании-комплементаторы в экономическое управление финансовым капиталом. Реконфигурация классических цепочек формирования ценностей выполнена с целью обоснования процессного подхода к созданию высокотехнологичного продукта, по своим свойствам изменяющего модель поведения покупателей и «подталкивающего» их к увеличению объемов внутреннего спроса и потребления. Приведены схемы реализации доходной модели извлечения прибыли компаниями на примерах внутрифирменных процессов экономического управления цифровой, умной и виртуальной фабриками. Взаимные экономические интересы компаний-участников цепочки создания ценности определены для модели контракта полного жизненного цикла продукции, востребованной в институциональных условиях цифровой экономики.*

**Ключевые слова:** Индустрия 4.0, добавленная стоимость продукции, киберпроектирование, цифровая фабрика, киберпроизводство, умная фабрика, киберобслуживание, виртуальная фабрика.

---

## The product added value chains in the Industry 4.0 business using cyber-technologies

*D.Sc.* **Zharinov I.O.** mpbva@mail.ru

*ITMO University*

*197101, Russia, Saint Petersburg, Kronverkskiy prospekt, 49-A*

*The Industry 4.0 companies innovative activity completion efficiency is valued with the finance indication expressed as the product added cost. The added value is formed in the company business processes chain increasing the product value for the consumer after its operation functionality. According to the existent factory topological classification using industrial cyber-technologies the product added value formation chains are viewed actual for processes of its cyber-design, cyber-production and cyber-service. The cyber-technologies organizing and economic aspects are given as innovations involving consumers to control the cyber-production systems and complementary companies to economic management the finance capital. The value formation classical chains reconfiguration are complete to justify the process approach to create the high-tech product, which in their properties changes the buyer behavior model and «stimulates» them to increase the inner demand and consumption volume. The schemes how to realize profitable models for the companies to make some money using as an example the inner companies processes how to economic management a digital, smart and virtual factories are given. The mutual economic interests of the companies participating in the value chain are defined for the model of contracts of the full life cycle of products that are in demand in the institutional conditions of the digital economy.*

**Keywords:** Industry 4.0, added value of products, cyber-design, digital factory, cyber-production, smart factory, cyber-service, virtual factory.

## Введение

В сложившейся в Индустрии 3.0 системе экономических отношений определяющим фактором конкурентоспособности компаний на рынке является [1, 2] комплекс показателей, вычисляемых в бизнес-процессах прохождения продукцией своего полного жизненного цикла. Модель контракта жизненного цикла заключается в реализации схемы «заказчик-разработчик-изготовитель-поставщик-потребитель», рассматриваемой в качестве общей цепочки формирования добавленной стоимости продукции. Цепочка стоимости объединяет экономических субъектов, деятельность которых оценивается в денежном выражении по проектно-производственным (трудоемкость разработки, ритмичность производственного цикла, объем партии изготовленной продукции и т.д.) и финансовым (накладные расходы компании, себестоимость продукции, объем выручки и т.д.) параметрам.

Базой для существенного повышения добавленной стоимости в цифровой экономике Индустрии 4.0 являются [3, 4] новые формы бизнес-отношений компаний, возникновение которых обусловлено реорганизацией промышленности и изменениями рынка в сегменте потребительского спроса. На смену рутинным операциям «отверточной сборки» сегодня приходит массовое киберпроизводство, автоматизация которого позволяет управлять цепями поставок комплектующих изделий, отраслевой и секторальной логистикой, клиент-ориентированной кастомизацией конечной продукции и настройками киберфизических систем. Кибертехнологии в Индустрии 4.0, участвующие в кооперационных цепочках, приобретают свойства инструментального обеспечения стратегического менеджмента компаний и выступают экономическим элементом, приращающим долю добавленной стоимости продукции в результате движения ресурсов, обусловленного бизнес-процессами.

Инновационные компании, сгруппированные по видам деятельности в цифровые, умные и виртуальные фабрики, образуют единую логистическую сеть, нацеленную на извлечение прибыли и вывод продукции с привлекательными потребительскими свойствами на рынок. Повышение прибыльности бизнеса в цифровой экономике связано со снижением издержек компаний в цепочке добавленной стоимости и оптимизацией производственно-финансовых показателей бизнес-процессов, напрямую или косвенно вовлеченных в контракт полного жизненного цикла продукции [5, 6]. Выбор инструментов принятия бизнес-решений, повышающих добавленную стоимость, зависит от свойств продукции и применяемых при ее изготовлении кибертехнологий.

Результатом деятельности компаний в Индустрии 4.0 является высокотехнологичный продукт (изделие или сервис), созданный цифровой, умной или виртуальной фабрикой, интегрированной в наукоемкий сектор промышленности и выполняющей процессы с использованием киберфизических систем и средств проектно-производственной автоматизации. Элементами цепочки формирования добавленной стоимости являются кибертехнологии, встроенные в последовательность бизнес-процессов и оказывающие влияние на общие затраты компаний. Динамика добавленной стоимости, характеризующая реакцию рынка на высокотехнологичный продукт, определяется инновационным потенциалом кибертехнологий, реализуемым этапом цепочки и вкладом отдельных фабрик в общую создаваемую ценность для потребителя [7, 8].

Каскадирование этапов жизненного цикла продукции, принятое в системе отношений функционально непересекающихся цифровой, умной и виртуальной фабрик, в экономическом управлении позиционирует бизнес, самозамкнутый в границах высокотехнологичного сегмента промышленности. Идентификация ключевых компетенций фабрик, основанная на материальных потоках и потоках информации, является сравнительно-оценочным инструментом, характеризующим в системе ценностных ориентиров потребителей способность бизнеса к совместной работе над созданием продукта, показатели добавленной стоимости которого подлежат максимизации.

## Коммерциализация высокотехнологичных разработок

Коммерциализация высокотехнологичной разработки представляет собой развивающуюся во времени систему бизнес-процессов и бизнес-отношений инновационных фабрик и инвесторов, превращающих новую или усовершенствованную идею в продукт (сервисную услугу), реализуемый (продаваемый) на рынке и удовлетворяющий потребительский спрос в определенном сегменте экономики. Субъектами коммерциализации разработки в инновационной промышленности являются:

- цифровая, умная и виртуальная фабрики, создающие ценность и определяющие технологическую траекторию развития продукта;
- инвестиционные структуры, финансирующие проектно-производственную деятельность фабрик;
- потребители (частные лица, бизнес, государство), заинтересованные в приобретении продукции, аналоги которой частично или полностью отсутствуют на рынке.

Маркетинговые стратегии фабрик, формирующих на рынке оригинальные предложения, направлены [9, 10] на возмещение затрат, понесенных в процессе операционной деятельности, и на извлечение прибыли,

распределяемой между всеми участниками создания ценности. Инновационный менеджмент в высокотехнологичном бизнесе предполагает организацию межфирменного сотрудничества, объектами управления в котором выступают добавленной цепочки стоимости и характеристики, определяющие потребительские свойства продукта. Интенсификация сбыта, стимулируемая спросом, является в Индустрии 4.0 доходной бизнес-моделью, продвигающей высокотехнологичный продукт на рынок.

Коммерческая привлекательность высокотехнологичной разработки для потребителя обусловлена ценовой составляющей продукта, изготовленного с пониженными издержками, и инфраструктурными решениями, построенными на принципах взаимовыгодной коллаборации участников полного жизненного цикла продукта. Мотивационное поведение покупателей на рынке связано с желанием обладать инновационным продуктом, потребительские свойства которого наиболее точно соответствуют индивидуальным предпочтениям, а послепродажное маркетинговое сопровождение продукта обеспечено приемлемым уровнем сервисного обслуживания. Бизнес-концепция, объединяющая технологические (продуктовые и процессные) и сервисные инновации, на практике реализуется внутри и межфирменными кооперационными цепочками фабрик, трансформирующих материалы (сырье) и кибертехнологии в конечные изделия или услуги для потребителя.

Результирующая экономическая модель, обеспечивающая коммерциализацию высокотехнологичных разработок, складывается из следующих элементов бизнес-процессов [11, 12]:

- взаимодействие фабрик, операционная деятельность которых связана с киберпроектированием цифровой продукции и киберпроизводством инновационных изделий, свойства которых поддаются кастомизации на различных этапах жизненного цикла;

- электронный смарт-контракт жизненного цикла продукции, в котором объектами управления являются изделия, бизнес-процессы, киберфизические системы, представленные цифровыми копиями в виртуальной инфраструктуре фабрик, максимально соответствующими по характеристикам физическим аналогам;

- цифровой контент (технологические, логистические, транзакционные и др. данные), включенный в капитал компаний и отражающий межфирменные и внутрифирменные цепочки логистических поставок, составляющие общий операционный цикл;

- многоуровневые матрицы целевых показателей цифровой, умной и виртуальной фабрик, основанные на технико-экономических критериях, пересчитываемых в интегральную добавленную стоимость конечной продукции;

- улучшающая продажи ценность продукции, определяемая рыночной привлекательностью изделий и формируемая за счет вовлечения потребителей в реализацию начальных этапов киберпроектирования или киберпроизводства (удовлетворение индивидуальных покупательских требований);

- дистрибуция сервисов кастомизации и готовой продукции, осуществляемая ресурсами интернет-технологий коммуникаций, объединяющих разработчиков, изготовителей и покупателей в промышленный сегмент экономики, и др.

### **Цепочка добавленной стоимости продукции цифровых фабрик**

Цифровая фабрика Индустрии 4.0 является самостоятельной формой инновационного бизнеса, обособленная совокупность технологических операций которого входит в состав бизнес-процессов, относящихся к этапу проектирования продукции. Конкурентные преимущества цифровой фабрики проявляются в сегментах экономики, связанных с выводом на рынок продукта уже имеющегося вида, спроектированного с пониженными издержками, или нового продукта, полученного с использованием кибертехнологий. Цепочка приращения ценностей в операционной деятельности цифровой фабрики образуется в результате размещения заказов и конфигурирования продукции в интернет-маркетплейсе, предоставляющем пользователям сервисные услуги открытого проектирования продукции в инфраструктурной среде создания цифрового двойника.

Вовлечение потребителей в проектирование продукта является маркетинговым приемом фабрики, происходящим под давлением рыночных факторов. Материально выгодный фабрике конечный результат (цифровая копия изделия) получается в результате выполнения инновационных бизнес-процессов и несет в себе ценность, ожидание которой сформировано у потребителя на начальных этапах создания продукта. Оригинальные управленческие решения и группы родственных кибертехнологий, решающие специфические задачи промышленного дизайна продукции, определяют инфраструктурную инновацию цифровых фабрик и доходный подход к формированию добавленной стоимости. Схема приращения добавленной стоимости, образованная бизнес-процессами фабрики, специализирующейся на киберпроектировании цифровой продукции, приведена на рис. 1.

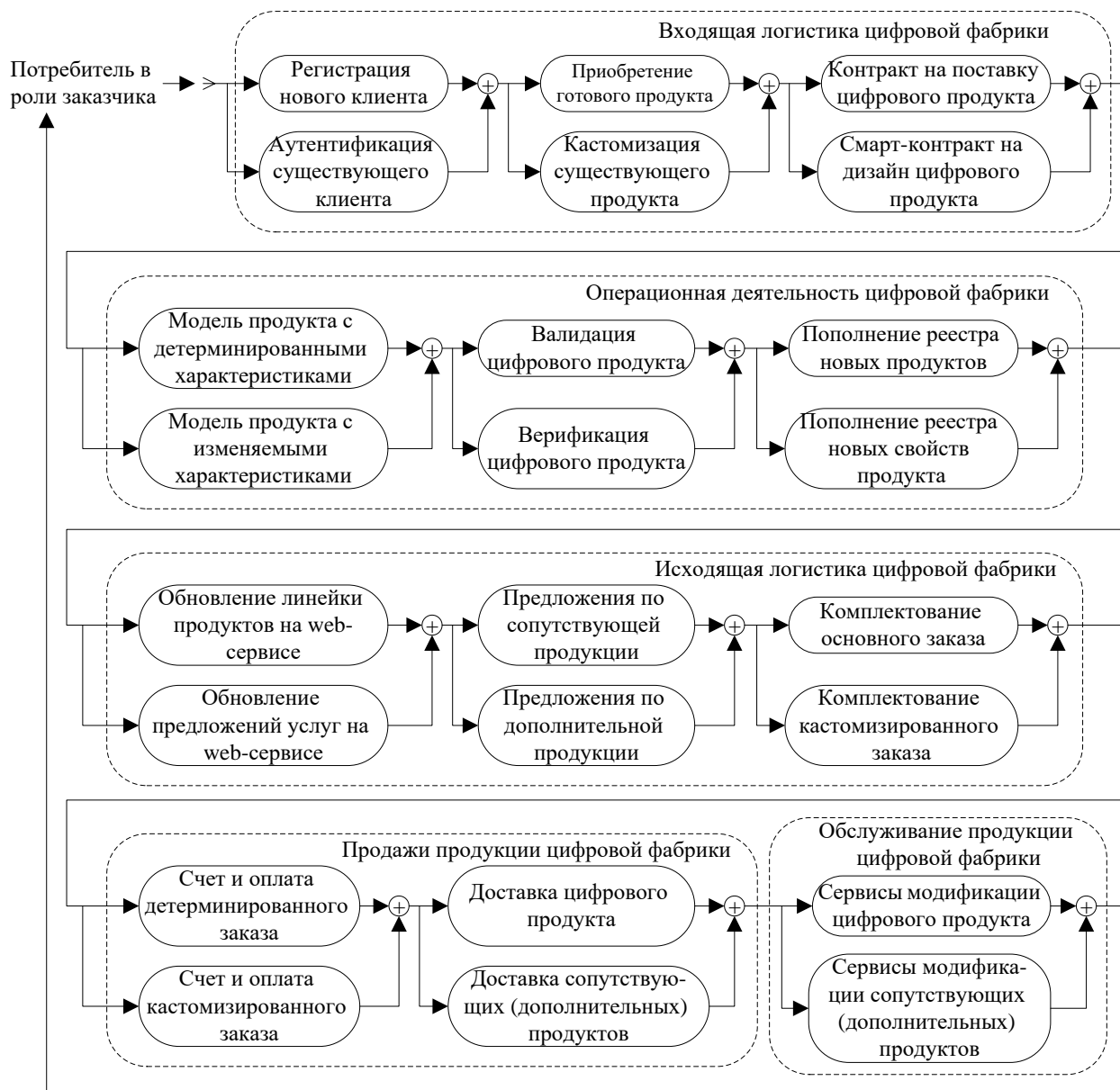


Рис. 1. Схема приращения добавленной стоимости, образованная бизнес-процессами цифровой фабрики

Сервис дизайна продукции, предоставляемый цифровой фабрикой, основан на системе взаимовыгодных экономических отношений компании и потребителя, в которой бизнес получает добавленную стоимость, возникающую в результате продажи оригинальной разработки, а заказчик продукта получает ценность, полностью отвечающую его индивидуальным предпочтениям. Обслуживание потребительского спроса является рыночной нишей, в которой цифровая фабрика имеет объективные конкурентные преимущества, обусловленные использованием более совершенных кибертехнологий. Открытые для потребителя пулы проектных ресурсов концентрируются в программных приложениях и на интернет-страницах, бизнес-пользователи которых осуществляют кастомизацию продукции (при соблюдении ограничений, накладываемых цифровой средой). Интернет-канал в этом случае является маркетинговым элементом бизнес-процессов фабрики, необходимым для вывода на рынок проектного сервиса и цифровых продуктов.

### Цепочка добавленной стоимости продукции умных фабрик

Умная фабрика Индустрии 4.0 является самостоятельной формой инновационного бизнеса, корпоративная цепочка формирования добавленной стоимости которого образуется в результате последовательной операционной деятельности отдельных фабрик, вовлеченных в изготовление промежуточной продукции и ее дистрибуцию. Для каждой бизнес-единицы в иерархической структуре умной фабрики выделены киберпроизводственная база и менеджмент, распределенные между этапами создания и коммерциализации

продукции. Общность экономических интересов фабрик, реализующих полный технологический цикл киберпроизводства, заключается в использовании бизнес-процессов и модели доходности, основанных на максимизации добавленной стоимости продукции.

Модель доходности умной фабрики предполагает концентрацию ресурсов киберфизических систем и кибертехнологий в направлении создания рыночных инструментов, повышающих спрос на конечную продукцию. В рамках кооперационных связей для каждого участника производственных бизнес-отношений определяются:

- процессные инновации, роль которых в системе формирования ценности продукции для потребителя проявляется в технологическом обновлении (роботизации) производственных мощностей компаний, приводящем к росту добавленной стоимости;

- продуктовые инновации, ускорение роста объемов внутреннего потребления и повышение конкурентоспособности компаний из-за которых обусловлены выводом на рынок изделий с атрибутивными свойствами, наилучшим образом соответствующими ожиданиям покупателей.

Объединение киберпроизводственного и потребительского подходов к механизмам формирования добавленной стоимости в Индустрии 4.0 приводит к образованию организационно-управленческих бизнес-структур, осуществляющих изготовление продукции, полученной в результате цифровой разработки, поддающейся кастомизации. Схема приращения добавленной стоимости продукции, описывающая бизнес-процессы, происходящие на умной фабрике, приведена на рисунке 2. Звенья в цепочке сгруппированы по направлениям деятельности компаний (горизонтальная интеграция) и по технологическому превосходству ресурсов киберфизических систем (вертикальная интеграция), используемых при производстве промежуточной и конечной продукции.

Инновационная составляющая конкурентных преимуществ умной фабрики, приводящая к росту добавленной стоимости, заключается в использовании цифровых копий процессов, киберфизических систем и продукции в операционных циклах, абсолютная автоматизация которых снижает издержки фабрик. Ядром внутрикооперационных экономических отношений фабрик, участвующих в доходе, является облачная инфраструктура, регулирующая по общим правилам финансовые транзакции и оборот нематериальных активов, сосредоточенных на «виртуальной бирже» цифровых киберпроизводственных ресурсов.

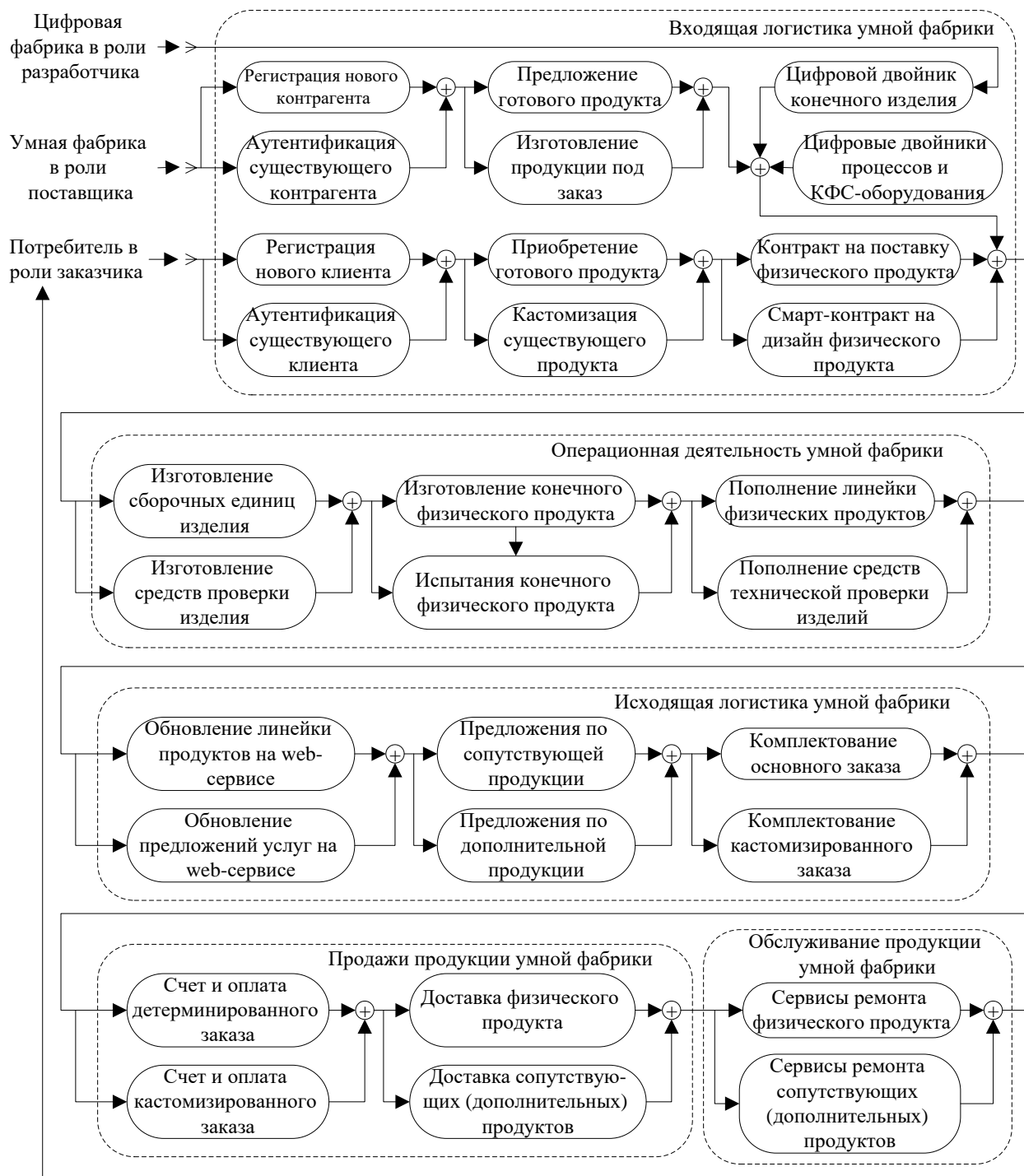


Рис. 2. Схема приращения добавленной стоимости продукции, описывающая бизнес-процессы умной фабрики

### Цепочка добавленной стоимости продукции виртуальных фабрик

Виртуальная фабрика Индустрии 4.0 является самостоятельной формой инновационного бизнеса, специализирующегося на потребительском сегменте рынка и деятельности в производственной сфере. Виртуальная фабрика объединяет компании (цифровые и умные фабрики) в систему внутриотраслевых кооперационных отношений, поддерживающих принципы «экономики масштаба», снижающие транзакционные издержки для всех участников жизненного цикла продукции, влияющих на добавленную стоимость. Гармонизация бизнес-процессов в группе компаний-комплементаторов осуществляется на основе доходной модели извлечения прибыли, предполагающей:

- ускоренную оборачиваемость финансовых ресурсов и ресурсов киберфизических систем в едином постоянно повторяющемся цикле «кمبرпроектирование-киберпроизводство-киберобслуживание»;

- снижение суммарных объемов косвенного налогообложения экономически самостоятельных фабрик, учетно-контрольные функции бюджетирования, калькулирования цен и планирования в отношении которых обеспечиваются централизованно;

- справедливое распределение между фабриками-смежниками доходов от продажи конечной продукции, выполняемое с учетом технологической роли и места каждого элемента в цепи, а также его операционно-финансового вклада в результирующее значение добавленной стоимости, и др.

Схема формирования добавленной стоимости продукции, образованная бизнес-процессами компаний, входящих в состав виртуальной фабрики, приведена на рисунке 3. Схема учитывает принцип финансовой возмездности бизнес-отношений фабрик и последовательность их включения в цепочку создания ценности, определяемую бизнес-процессами изготовления и механизмами генерации прибыли. Информационное обеспечение компаний-участников виртуальной фабрики, приращающее добавленную стоимость, поддерживает кибертехнологии, переводящие продукцию на каждом этапе ее жизненного цикла в разряд суперконкурентной для физического или промышленного потребителя.



Рис.3. Схема формирования добавленной стоимости продукции виртуальной фабрики

Промышленные бизнес-отношения фабрик, целеориентированная деятельность которых сконцентрирована на контракте полного жизненного цикла продукции, базируются на следующих принципах, взаимовлияние которых позитивно сказывается на финансовом показателе добавленной стоимости:

- инновационная и инвестиционная политики компаний-смежников разделяют общую заинтересованность всех участников бизнес-процессов в конечном результате (продукция с высокой добавленной стоимостью);

- консолидированные формы организации взаимодействия субъектов экономических отношений направлены на образование единого учетного пространства, объединяющего финансовые и технологические ресурсы, активность использования которых прослеживается внутри каждой фабрики;

- хозяйствующие субъекты задействуют технологии экономического управления, предполагающие включение высокорентабельных звеньев в технологические цепочки, формируемые с минимальной затратностью бизнес-процессов;

- коммерческая эффективность фабрик-смежников реализуется в рамках устойчивых кооперационных цепочек и бизнес-связей, ценообразование в отношении продукции промежуточного цикла в которых соотносится с общими экономическими интересами виртуальной фабрики, и др.

## Заключение

Технологической основой современной промышленности выступают киберфизические системы, интегрированные в беспроводную сеть цифрового предприятия и использующие для производства продукции кибертехнологии. Киберфизические системы объединяются в программируемые робототехнические комплексы, эксплуатационные показатели эффективности функционирования которых создают новые возможности для бизнес-структур:

- сокращение издержек производства, связанное с инновационным преобразованием цепочек формирования добавленной стоимости продукции и автоматизацией бизнес-процессов;
- повышение качества конечной продукции, обеспечиваемое киберфизическими ресурсами самоорганизующегося киберпроизводства, система экономического управления которым распределена между физическим и виртуальным (кибер) компонентами;
- оперативное реагирование на запросы рынка, определяющие потребительский спрос на кастомизированную продукцию и услуги, полученные в результате взаимодействия технологических машин и компьютерных систем, встроенных в инфраструктуру киберпроизводства, и др.

Управляемая кибертехнологиями цепочка создания добавленной стоимости продукции формируется в доходной модели ведения промышленного бизнеса, основу которой составляют ценности, генерируемые собственными производственными мощностями компаний и субподрядчиками, изготавливающими промежуточные (востребованные на последующих этапах технологического цикла) изделия. Общий экономический эффект бизнеса, отвечающий маркетинговым интересам фабрик, достигается за счет:

- объединения усилий научного (академического) сообщества, коммерческих компаний и государственного заказчика, в результате которых созданы институциональные условия, новые операционные модели производства и продуктовые линейки, приносящие прибыль изготовителям и ценность потребителям;
- существенного повышения производительности труда работников цифровой, умной, и виртуальной фабрик, обусловленного глубокой автоматизацией бизнес-процессов ресурсами киберфизических систем;
- конкурентного преимущества продукции, обеспечиваемого инструментами кастомизации и средствами операционного контроля, входящими в систему менеджмента качества фабрик, и др.

Суммарная эффективность использования киберфизических систем, окупающая затраты на модернизацию бизнес-процессов, влияющих на ценность продукции, обеспечивается за счет [13, 14]:

- увеличения размера внутреннего рынка путем стимулирования промышленного спроса на полуфабрикатные и стандартные изделия промежуточного цикла, используемые фабриками в сложных бизнес-процессах, охватывающих этапы подготовки киберпроизводства и автоматического изготовления продукции;
- увеличения объемов потребления высокотехнологичной продукции в сегменте потребительского спроса населения и экспорта изделий, кибертехнологии проектирования которых в кастомизированных процессах и кибертехнологии производства которых под массовый и индивидуальные заказы относятся напрямую к этапам создания продукции в общей цепочке формирования добавленной стоимости;
- снижения фискального бремени компаний, обусловленного обязательными платежами (расходы на сертификацию продукции, лицензионные и утилизационные сборы, таможенные и налоговые отчисления, расходы, подпадающие под международные торговые соглашения, и т.д.), негативно влияющими на добавленную стоимость;
- повышения технологических компетенций компаний и компетенций их финансового управления, способствующих продвижению промышленного бизнеса в сегмент с большей добавленной стоимостью, образованный коллаборацией фабрик, генерирующих идеи и цифровой контент, и фабрик, превращающих модели изделий и промежуточные детали в конечный продукт;
- повышения доли участия интеллектуальных материальных активов (киберфизических систем) и нематериальных активов (патенты, ноу-хау и т.д.) фабрик в бизнес-процессах цепи, приводящих к накоплению общей ценности продукции для потребителя;
- повышения финансовой результативности фабрик в собственных (внутренних) ценовых цепочках и кооперационных цепочках добавленной стоимости, выходящих за рамки одной компании для всех участников создания конечного продукта;
- повышения доли услуг (контрактное киберпроизводство как сервис, предоставление в аренду функций киберфизических под клиентские требования, конфигурирование продукции как сервис и т.д.) в цепочке добавленной стоимости, имеющей технический, организационный и информационный аспекты, и т.д.



### Литература

1. Nilsen T. Global production networks and strategic coupling in value chains entering peripheral regions // *The extractive industries and society*, 2019, vol.6, №3, pp.815-822.
2. Ambos B., Brandl K., Perri A., Scalera V.G., Assche A.V. The nature of innovation in global value chains // *Journal of world business*, 2021, vol.56, №4, art.101221.
3. Razor R., Göllner D., Bernijazov R., Kaiser L., Dumitrescu R. Towards collaborative life cycle specification of digital twins in manufacturing value chains // *Procedia CIRP*, 2021, vol.98, pp.229-234.
4. Yin S., Zhang N., Li B., Dong H. Enhancing the effectiveness of multi-agent cooperation for green manufacturing: dynamic co-evolution mechanism of a green technology innovation system based on the innovation value chain // *Environmental impact assessment review*, 2021, vol.86, art.106475.
5. Chun H., Hur J., Son N.S. Global value chains and servicification of manufacturing: evidence from firm-level data // *Japan and the world economy*, 2021, vol.58, art.101074.
6. de Regt A., Barnes S.J., Plangger K. The virtual reality value chain // *Business horizons*, 2020, vol.63, №6, pp.737-748.
7. Müller J.M., Veile J.W., Voigt K.-I. Prerequisites and incentives for digital information sharing in Industry 4.0 – An international comparison across data types // *Computers & industrial engineering*, 2020, vol.148, art.106733.
8. Benitez G.B., Ayala N.F., Frank A.G. Industry 4.0 innovation ecosystems: an evolutionary perspective on value cocreation // *International journal of production economics*, 2020, vol.228, art.107735.
9. Nasiri M., Ukko J., Saunila M., Rantala T. Managing the digital supply chain: the role of smart technologies // *Technovation*, 2020, vol.96-97, art.102121.
10. Lenz J., MacDonald E., Harik R., Wuest T. Optimizing smart manufacturing systems by extending the smart products paradigm to the beginning of life // *Journal of manufacturing systems*, 2020, vol.57, pp.274-286.
11. Li X. Reducing channel costs by investing in smart supply chain technologies // *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 2020, vol.137, art.101927.
12. Zenisek J., Wild N., Wolfartsberger J. Investigating the potential of smart manufacturing technologies // *Procedia computer science*, 2021, vol.180, pp.507-516.
13. Liu W., Hou J., Yan X., Tang O. Smart logistics transformation collaboration between manufacturers and logistics service providers: a supply chain contracting perspective // *Journal of management science and engineering*, 2021, vol.6, №1, pp.25-52.
14. Hensen A.H.R., Dong J.Q. Hierarchical business value of information technology: toward a digital innovation value chain // *Information & management*, 2020, vol.57, №4, art.103209.

### Reference

1. Nilsen T. Global production networks and strategic coupling in value chains entering peripheral regions // *The extractive industries and society*, 2019, vol.6, №3, pp.815-822.
2. Ambos B., Brandl K., Perri A., Scalera V.G., Assche A.V. The nature of innovation in global value chains // *Journal of world business*, 2021, vol.56, №4, art.101221.
3. Razor R., Göllner D., Bernijazov R., Kaiser L., Dumitrescu R. Towards collaborative life cycle specification of digital twins in manufacturing value chains // *Procedia CIRP*, 2021, vol.98, pp.229-234.
4. Yin S., Zhang N., Li B., Dong H. Enhancing the effectiveness of multi-agent cooperation for green manufacturing: dynamic co-evolution mechanism of a green technology innovation system based on the innovation value chain // *Environmental impact assessment review*, 2021, vol.86, art.106475.
5. Chun H., Hur J., Son N.S. Global value chains and servicification of manufacturing: evidence from firm-level data // *Japan and the world economy*, 2021, vol.58, art.101074.
6. de Regt A., Barnes S.J., Plangger K. The virtual reality value chain // *Business horizons*, 2020, vol.63, №6, pp.737-748.
7. Müller J.M., Veile J.W., Voigt K.-I. Prerequisites and incentives for digital information sharing in Industry 4.0 – An international comparison across data types // *Computers & industrial engineering*, 2020, vol.148, art.106733.
8. Benitez G.B., Ayala N.F., Frank A.G. Industry 4.0 innovation ecosystems: an evolutionary perspective on value cocreation // *International journal of production economics*, 2020, vol.228, art.107735.
9. Nasiri M., Ukko J., Saunila M., Rantala T. Managing the digital supply chain: the role of smart technologies // *Technovation*, 2020, vol.96-97, art.102121.
10. Lenz J., MacDonald E., Harik R., Wuest T. Optimizing smart manufacturing systems by extending the smart products paradigm to the beginning of life // *Journal of manufacturing systems*, 2020, vol.57, pp.274-286.

11. Li X. Reducing channel costs by investing in smart supply chain technologies // *Transportation research part E: logistics and transportation review*, 2020, vol.137, art.101927.
12. Zenisek J., Wild N., Wolfartsberger J. Investigating the potential of smart manufacturing technologies // *Procedia computer science*, 2021, vol.180, pp.507-516.
13. Liu W., Hou J., Yan X., Tang O. Smart logistics transformation collaboration between manufacturers and logistics service providers: a supply chain contracting perspective // *Journal of management science and engineering*, 2021, vol.6, №1, pp.25-52.
14. Hensen A.H.R., Dong J.Q. Hierarchical business value of information technology: toward a digital innovation value chain // *Information & management*, 2020, vol.57, №4, art.103209.

*Статья поступила в редакцию 30.09.2021 г*  
*Received 30.09.2021*