

УМНАЯ ЭКОНОМИКА ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА: ОСНОВА ЦИФРОВЫХ СТРАТЕГИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ КОМПАНИЙ.

Часть 2. Циркулярные бизнес-модели

Аронов И.З., д-р техн. наук, проф., Московский государственный институт международных отношений (университет), ФГБУ «Институт стандартизации»

Бурый А.С., д-р техн. наук, директор департамента, ФГБУ «Институт стандартизации»

Рыбакова А.М., канд. биол. наук, доцент, Московский государственный институт международных отношений (университет), ФГБУ «Институт стандартизации»

Рассматриваются направления совершенствования концепции устойчивого развития общества на основе внедрения идей экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ). Предлагается синхронизировать динамику бизнес-процессов, социального развития общества и механизмы экологического менеджмента на основе интеллектуализации производственных процессов в рамках инновационных технологий Индустрии 4.0. Синергетический эффект от внедрения в бизнес-модели ЭЗЦ цифровых технологий, направленных на реализацию мобильности, облачных вычислений, нового межмашинного интерфейса на базе беспроводных устройств, промышленного интернета вещей позволит радикально изменить производственные цепочки создания стоимости, повышая этим качество социосферы.

Целью работы является совершенствование научной и методической базы при разработке концептуального подхода к формированию требований к продукции, получаемой на основе организационных бизнес-моделей ЭЗЦ и цифровых технологий Индустрии 4.0.

Ключевые слова: экономика замкнутого цикла, системный подход, коэволюция развивающихся систем, бизнес-модель, цифровые технологии Индустрии 4.0.

ВВЕДЕНИЕ

В первой части данной работы предложено синхронизировать динамику бизнес-процессов экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ), социального развития общества и механизмы экологического менеджмента на основе интеллектуализации производственных процессов в рамках инновационных технологий Индустрии 4.0 [1].

Европейский инвестиционный банк выделил три основных причины необходимости перехода к ЭЗЦ [2]:

1. Ресурсные ограничения. Постоянный рост потребления энергоносителей, природных ресурсов демонстрирует устойчивый их дефицит для производства [3].
2. Технологическое развитие. Внедрение новых технологий позволяет разрабатывать и внедрять новые бизнес-модели (БМ) ЭЗЦ [4] совместно с институциональными изменениями, достижениями научно-технического развития. Разработка новаторских техно-

логических процессов, основанных на применении информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), являются ключевым фактором для осуществления перехода к рециркуляции ресурсов.

3. Социально-экономическое развитие. Социально-экономическое развитие. Циркулярные БМ играют важную роль в контексте развития городской инфраструктуры. Для решения городских задач необходима разработка, внедрение и поддержка разнообразных системно-технических вопросов, включая информационные системы (ИС) транспорта, здравоохранения [5, 6], государственные информационные системы [7], включая Федеральный информационный фонд технических регламентов и стандартов [8], автоматизированные ИС производства [1, 5] и проектирования. Совместные усилия городских организационно-информационных структур реализовать на практике БМ, экономить ресурсы для их повторного использования.

Цифровые технологии, включая аналитику больших данных (АБД), робототехнику (РТ), промышленный интернет

вещей (ИВ), киберфизические системы (КФС), моделирование (М), цифровые двойники (ЦД), облачные вычисления (ОВ), аддитивные производственные технологии (АДп) и ряд других являются основными доминантами формирования и структурирования информационных, материальных потоков, продуктовых цепочек, составляющих метаболизм цифровой экосистемы общества. Так анализ больших данных позволяет «идентифицировать потребности клиентов, исследовать рынки, моделировать и тестировать новые продукты» [9].

Целью второй части работы является совершенствование научной и методической базы при формировании требований к продукции на основе принципов системного подхода для расширения и инновационного развития бизнес-моделей экономики замкнутого цикла путем интеграции цифровых технологий в материальные потоки продуктовых цепочек.

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА

Системный подход носит многогранный мировоззренческий характер и является важной составной частью системно-кибернетической и синергетической отрасли знаний, позволяющей исследовать различные аспекты и сферы жизнедеятельности, включая целевой, информационный, управленческий (интегративный) аспекты. Для рассматриваемой задачи развития бизнес-моделей остановимся на следующих принципах системного подхода: *самоорганизации* – при исследовании структур и состояний объектов и *коэволюции* – взаимообусловленности и адаптивного изменения развивающихся подсистем, объектов и процессов при обеспечении их целеустремленности и целостности.

Основным аспектом бизнес-моделей (БМ) ЭЗЦ является улучшение цикличности бизнеса, сокращение и существенное регулирование материальных потоков за счет продления сроков службы продукции, сокращения ресурсной нагрузки и т.д. [1].

Инновационные БМ предлагают компаниям мощные возможности для внедрения ЭЗЦ. Но многие БМ были бы невозможны без поддержки инновационными цифровыми технологиями, что активно уже внедряется в социальной сфере, в образовании, на транспорте, в здравоохранении и в др. сферах жизнедеятельности. На примере развития направления «умных городов» новые результаты удается получить за счет интеграционных процессов, то есть объединения частных результатов из смежных областей: междисциплинарные исследования в науке, технологический симбиоз отраслей промышленности и ряд других [1, 5, 6].

Мобильность, аналитика больших данных, облачные и межмашинные технологии (например, М2М – межмашинный

обмен, беспроводный ИВ, РТ, АДп), технологии дополненной реальности (ДР) составляют систему факторов, определяющих эффективность разработки и применения цифровых инноваций в бизнес-моделях. Создание цепочек стоимости за счет внедрения в БМ ЭЗЦ цифровых технологий обеспечивает новые уровни обслуживания и гибкости, когда физический и цифровой миры сливаются, а продукты начинают перемещаться между пользователями, рынками и производственными процессами при очень низких транзакционных издержках.

Основные цифровые технологии для организации «умного» производства показаны на рис. 1. Именно они задают «векторы инновационных преобразований», формируя единое информационное пространство ЭЗЦ, обеспечивая системные эффекты при их коэволюционном развитии [6, 10, 11]. Именно интеграция аналитики больших данных (БД), приложений и сервисов облачных вычислений (ОВ), технологий интернета вещей (ИВ) на базе когнитивной парадигмы в области инженерии знаний, реализуемой в рамках направления «искусственный интеллект» (ИИ), «обеспечивает синергетический эффект» практически в любой целевой предметной области городского пространства [5–7]. На рис. 1 представлены информационно-функциональные связи между названными технологиями на примере поддержки производства на примере идей Индустрии 4.0:

- ① – обеспечение аналитической поддержки (математической, программной) на основе применения процедур ИИ для робототехнических устройств, приборов КФС, платформ ОВ и приложений ДР;
- ② – БД в данном контексте представляют собой базы данных, формируемых элементами ИВ, КФС, сервисными службами предприятия, образующих сетевую структуру, и являются основой для реализации приложений ИИ по переработки слабоструктурированных данных в сервисах ОВ, где реализуются платформы аналитики производства и бизнес-анализа;
- ③ – объекты ИВ, промышленного ИВ, КФС (локальные, а также в составе уровней представления КФС (см. рис. 1)) являются источниками формирования массивов БД (на схеме не показаны для упрощения);
- ④ – формирование управляющих данных, технологических установок для организации системного взаимодействия «Промышленный ИВ» ↔ «Производство», а также реализация сервисных возможностей ОВ, например PaaS – для БМ продукт как услуга;
- ⑤ – формирование информационного взаимодействия ИС в рамках Индустрии 4.0 за счет их интеграции для решения своих целевых задач, реализуя модели цифровых двойников, аддитивного производства и другие, представленные на рис. 1.

В контексте Индустрии 4.0, основываясь на учете интегрального эффекта показано, что цифровые технологии

повышают конкурентоспособность продукции, улучшают финансовую картину за счет снижения затрат, повышают эффективность оборудования за счет оптимизации управ-

ления и новых БМ, таких как гибридные решения в применении самих БМ, повышают эффективность ресурсов за счет оптимизации их использования [12].

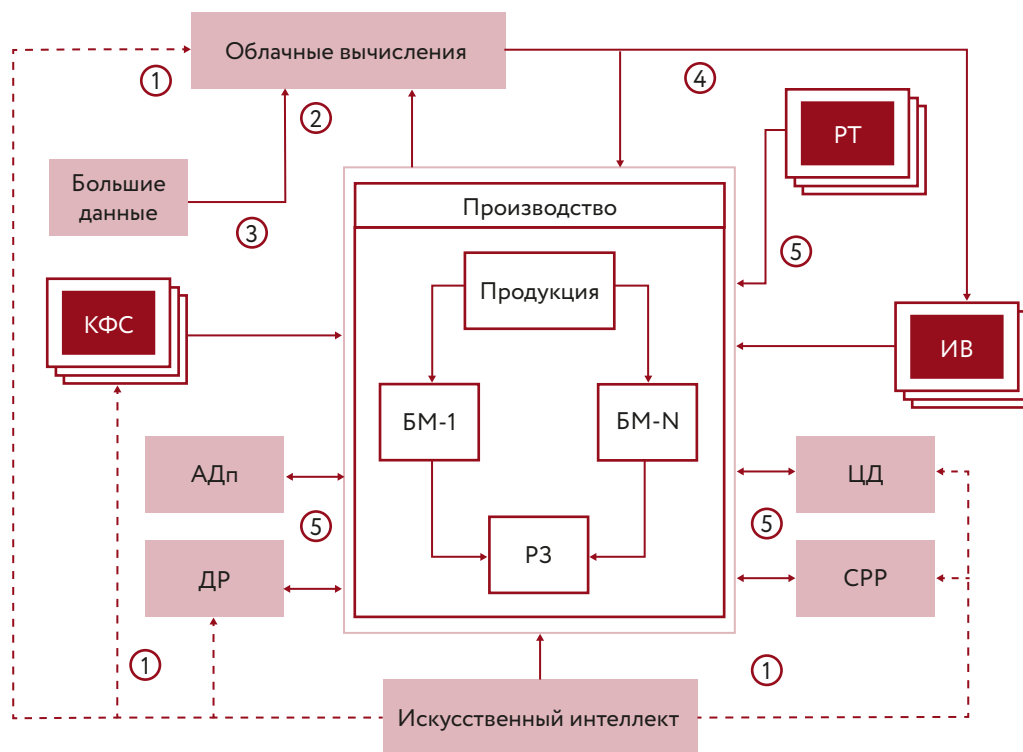


Рис. 1. Взаимодействие цифровых технологий на примере Индустрии 4.0

Источник: составлено авторами.

ОТ БИЗНЕС-МОДЕЛЕЙ К ТРЕБОВАНИЯМ К ПРОДУКЦИИ

В [13] определены прорывные технологии, обычно используемые ведущими компаниями для быстрого и масштабного запуска и эксплуатации бизнес-моделей ЭЗЦ (см. табл. 1). Эти технологии делятся на три категории: цифровые (информационные технологии), инженерные (физические технологии) и их гибриды.

Цифровые технологии играют определяющую роль в организации информационного обмена в режиме реального времени между пользователями, машинами и системами управления.

Эти технологии по своей сути ориентированы на клиента и предоставляют информацию и коммуникационные связи, необходимые для поддержки продукции как в пространственном, так и во временном смысле, определяемом жизненным циклом (ЖЦ) изделий, существенно увеличивая его, продлевая сроки службы.

Гибридная технология (табл. 1) сочетает в себе элементы как цифровой, так и инженерной (инструментальной) технологии. Это позволяет установить уни-

кальный тип контроля над активами и материальными потоками: в цифровом виде идентифицируется хронология событий, местоположение, статус и применение материалов и товаров, поддерживая в то же время способы их физического сбора, обработки и повторной переработки.

Например, 3D-печать позволяет локально изготавливать физические объекты, загружаемые цифровые модели в виде трехмерных изображений, что существенно расширяет возможности создания прототипов, сокращая время выхода продукции на рынок.

Стратегии ЭЗЦ представляются в виде структур, обеспечивающих координацию принятия решений в цепочке создания стоимости, с действиями всех участников (производителей, дистрибьюторов, потребителей), увязывая стимулы каждого из этих участников с равным распределением затрат и выгод [14].

В общем виде линейная (или открытая) экономика строится на использовании имеющихся ресурсов (Р), в производстве (П) потребительской продукции (Пд) (см. рис. 1-а), которые по завершению срока службы или ЖЦ утилизируются (У) [15].

Таблица 1

Форматы взаимодействия бизнес-моделей с элементами
цифровых и физических моделей

ТИПЫ МОДЕЛЕЙ	ТЕХНОЛОГИИ / ДОМИНИРУЮЩЕЕ СВОЙСТВО	ЦИРКУЛЯРНЫЕ ПОСТАВКИ	МОДЕЛЬ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РЕСУРСОВ	ПРОДЛЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ	СОВМЕСТНОЕ ПОЛЬЗОВАНИЕ	ПРОДУКТ КАК УСЛУГА
ЦИФРОВЫЕ	Мобильность			++	+++	
	M2M				++	++
	Облачные				++	++
	Социальные сети			+	+++	++
	Big data и аналитика	+			++	+++
ГИБРИДНЫЕ	Модели, ЦД	++	+++	+		+
	Системы слежения и контроля		++	+++	+	
	Адп: 3D принтеры	+		++		
	Технология модульного дизайна		++	++		+
ФИЗИЧЕСКИЕ (ИНЖЕНЕРНЫЕ)	Передовая технология переработки	++	+++			
	Материаловедение	+++	++			

Условные обозначения

«+» – используется (начальный этап); «++» – активно используется; «+++» – очень активно используется (ощутимый эффект)

Источник: составлено авторами на основании источников [5, 13].

Данный подход основывается на предположении, что природные ресурсы всегда имеются в наличии, их запасы практически не ограничены, легкодоступны и дешевы в утилизации, но линейная экономика не является устойчивой, поскольку человечество приближается к предельным возможностям нашей планеты в обеспечении ресурсами.

Линейная система преобразуется в циклическую, когда обеспечивается связь между использованием ресурсов и возникающими отходами (рис. 1-б). За счет применения возможностей цифровых технологий, дополнительных технологических связей и решающих звеньев (РЗ) осуществляется перераспределение ранее утилизируемой продукции:

$$Y = Y_{\text{п}} + Y_{\text{н}} + Y_{\text{т}}$$

где $Y_{\text{п}}$ – часть ранее утилизируемой продукции, которая повторно используется в качестве ресурса в производстве; $Y_{\text{т}}$ – часть отходов, исключенных из ранее планируемого захоронения, для технологического уничтожения (сжигания, биоразложения и т.д.); $Y_{\text{н}}$ – остаточные материалы, которые не могут на сегодняшний день пока найти полезное применение.

Исследования последнего времени выявили значительные возможности для применения подходов на основе цикличе-

ских структур к быстро развивающейся промышленной среде, включая производственные процессы и Индустрию 4.0. В табл. 2 представлены варианты модели продления срока службы продуктов и их ключевые характеристики [16].

Требования Директивы Европейского Парламента и Совета 2009/125/ЕС «О создании основы для установления требований экодизайна к продукции, связанной с энергопотреблением»¹ создают основу для «установления минимальных экологических стандартов для соответствующих изделий» [4]. При этом Директива содержит потенциал более широкого применения и продвижения экодизайна продуктов, например, путем исключения стратегий проектирования, препятствующих ремонту (продлению срока службы) или замене неисправных деталей.

Однако, при этом требования, касающиеся обеспечения безопасности изделий, содержащих комплектующие из перерабатываемых материалов, не содержатся в Директивах ЕС по безопасности машин и оборудования и иных директивах по машинотехнической продукции.

¹ ГОСТ Р 56479–2015. Энергетическая эффективность. Приборы холодильные бытовые и аналогичные. Проектирование с учетом воздействия на окружающую среду. (Введ.: 2016-01-01).

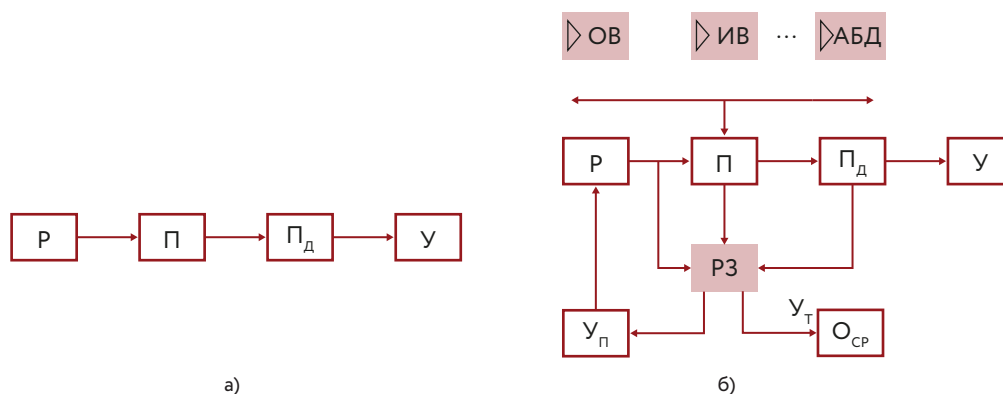


Рис. 2. Концептуальные схемы:
а) линейной экономики; б) экономики замкнутого цикла

Источник: составлено авторами

Таблица 2

Модели продления срока службы продукта

БИЗНЕС-МОДЕЛИ	КЛЮЧЕВАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА	ПРИМЕРЫ РЕАЛИЗАЦИИ
Классическая долгая жизнь	Ожидаемый срок службы продукта увеличивается за счет изменений в конструкции продукта	Производители могут взимать надбавку за более качественную и долговечную продукцию
Прямое повторное использование	Включает перераспределение и повторное использование продуктов, которые в противном случае были бы выброшены до достижения ожидаемого конца срока службы	Фирмы, которые облегчают сделки с поддержанными товарами (будь то онлайн-платформы или физические магазины), могут взимать процент с продажной цены
Техническое обслуживание и ремонт	За счет исправления или замены дефектных компонентов техническое обслуживание и ремонт позволяют изношенным продуктам достичь полного ожидаемого срока службы	Для производителей оригинального оборудования распространение обслуживания продукции за пределы точки продажи может помочь повысить лояльность клиентов
Реконструкция и перепроизводство	Дает продуктам «новую жизнь», восстанавливая их первоначальное рабочее состояние	Восстановленные продукты продаются по более низкой цене, чем новые, однако они могут приносить более высокую прибыль из-за экономии материальных ресурсов

Источник: составлено авторами на основании источников [16].

Включенные в табл. 3 циркулярные БМ, реализуя идею теоретической модели ЭЗЦ и «синтезируя в себе элементы эффективной экономики, промышленной экологии, регенеративного дизайна, биомимикрии» [17], позволяют сформулировать требования к выпускаемой продукции или услуге в виде следующих положений:

1. Циркулярные поставки – модель предполагает замену естественных ресурсов полностью возобновляемыми, за счет переработки, научно обоснованных решений по методам биоразлагаемых ресурсов.
2. Восстановление ресурсов – модель основана на идее повторного использования ресурсов путем переработки отходов в побочную продукцию и сокращения возвратных потоков, включая «снижение потерь ценных материалов» [17].

3. Развитие платформ для обмена и совместного использования позволяет повторно использовать продукцию или иные активы (на правах аренды, лизинга продуктов, товаров и услуг, в том числе за счет ИКТ, например, Internet-платформ [17]).
4. Продление жизненного цикла продукции за счет восстановления и/или ремонта, реконструкции, модернизации, особенно той продукции, новые модели которой обеспечивают незначительный положительный эффект по сравнению с предыдущими моделями.
5. Продукт как услуга – модель нацелена на «создание продукта с длительным жизненным циклом», так как ключевым моментом является не прямая продажа продукта, а его «предоставление в пользование на различных условиях» [17].

Таблица 3

Формирование обязательных требований к продукции на основе моделей циркулярной экономики

№	ТИПЫ БМ	РЕАЛИЗАЦИЯ В ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЯХ К ПРОДУКЦИИ
1	Продление срока службы (ЖЦ продукции)	Требования в части обеспечения безопасности изделий, в которых включены комплектующие после ремонта, модернизации или восстановления; требования в части обеспечения безопасности изделий в целом (см. ГОСТ 33272–2015. Безопасность машин и оборудования. Порядок установления и продления назначенных ресурса, срока службы и срока хранения)
2	Восстановление ресурсов	Требования в части обеспечения безопасности изделий, в которые включены комплектующие из переработанного сырья, включая их специальную маркировку
3	Продукт как услуга	Обеспечение безопасности изделий, находящихся в аренде, лизинге, включая их страхование, техническое обслуживание и ремонт, например, машинотехническую продукцию
4	Платформы для совместного использования и обмена	Обеспечение безопасности изделий, находящихся в совместном пользовании, например, каршеринг, шеринг бытовых инструментов, совместные поездки (BlaBlaCar), за счет дополнительного цифрового контроля технического состояния и процесса использования клиентом
5	Циркулярные поставки	Обеспечение безопасности упаковки из материала (вещества), а также различных потребительских товаров, получаемых из отработавших продуктов и отходов или восстановленных для использования повторно в качестве сырья для получения конечного полезного продукта

Источник: разработано и составлено авторами.

При этом производители могут использовать БМ по отдельности или в комбинации для сокращения энергопотребления, повышения эффективности ресурсов, приращения потребительской ценности и прибыли.

Вместе с тем темпы развития ЭЗЦ определяются не только технологическими и организационными инновациями, но и реализуемыми законодательной исполнительной властью мерами по формированию соответствующей инновационным процессам институциональной среды, а также уровнем образования специалистов (инженерного звена, экономистов, юристов и др.). Расширение масштабов ЭЗЦ на общегосударственном уровне требует разработки концептуальных и аналитических моделей [1, 5, 6] комплексной оценки сочетания циркулярных БМ, технологических решений, включая цифровые платформы ИКТ идей ЭЗЦ.

В табл. 4 представлены примеры БМ в различных секторах социально-экономической деятельности и доля рынка, которую они занимают.

Пусть для ряда направлений из нижней части табл. 4 результаты еще не велики в абсолютных значениях, но динамика по ряду направлений впечатляет²:

- по данным «ТИАР-Центра» общий объем транзакций на платформах транспортного шеринга в России

² Сайт RB.RU [Электронный ресурс]. URL: <https://rb.ru/news/rynok-transportnogo-sheringa/> (дата обращения 21.10.2022).

по итогам 2021 года составит 68 млрд руб., что на 85% больше показателя предыдущего года;

- активный рост новой продукции на основе идей апсайклинга (адаптации существующих продуктов для создания чего-то нового) и ресайклинга (новые продукты в результате переработки), когда уникальные новые вещи дизайнерского класса создаются практически из мусора.

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ПОДДЕРЖКУ ПЕРЕХОДА К ЭЗЦ

Сегодня в рамках экологической и индустриальной политики стоит задача улучшения экологии окружающей среды, для выполнения которой ведущая роль отводится деятельности Росстандарта и механизмам стандартизации. На примере внедрению наилучших доступных технологий (НДТ) разрабатываются десятки стандартов, корреспондируемые с задачами ЭЗЦ и экологическими вопросами.

С ноября 2020 г. начал работу ТК 483 по стандартизации «Экономика замкнутого цикла, совместное потребление и устойчивое финансирование».

Основополагающим стандартом в области управления защитой экологии выступает ГОСТ Р ИСО 14001–2016 Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению. Принципы циркулярной

экономики в данном стандарте основаны на аналогичных концепциях: сокращение отходов и принятие мер по снижению риска с точки зрения воздействия организации на окружающую среду. Стандарты ИСО 14000 относятся к процессу производства продукта, а не к самому продукту. К процессу производства также можно отнести стандарты по направлению ресурсосбережения, например, ГОСТ Р 54098–2010 Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения и ряд др.

В ряде стандартов приведены требования к упаковке и ее переработке (ГОСТ ISO/TR 17098–2021), дальнейшему использованию различного рода отходов: животного происхождения – ГОСТ 33830–2016 Удобрения органические на основе отходов животноводства. Технические условия; деревообработки – ГОСТ Р 56070–2014 Отходы древесные. Технические условия; формирование наилучших доступных технологий – ГОСТ Р 568.13–2016 Наилучшие доступные технологии. Формат описания технологий, направленных на сокращение негативного воздействия на окружающую среду, включая БМ ЭЗЦ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предприятия, ориентированные на цифровизацию технологий и бизнес-процессов, на принятие мер по повы-

шению эффективности материалов, с большей вероятностью осознают дальнейшую потенциальную экономию. Промышленные компании с высокоразвитой стратегией цифровизации значительно интенсивнее используют новые технологии и подходы к оптимизации производственных процессов. Они больше ориентированы на новые бизнес модели ЭЗЦ и на получение на их основе новой продукции. Таким образом, разработка обширной стратегии цифровизации может также повысить циркулярность в бизнесе, за счет инновации БМ ЭЗЦ.

Направления агрегирования или интеграции цифровых технологий необходимо проводить на основе оценки их интеллектуальной перспективы, возможностей по подключению (беспроводность, дальность действия, сетевое применение) и аналитические приложения (генерация знаний, поддержка принятия решений, бизнес-аналитика и др.).

Сравнительный анализ применения цифровых технологий в БМ позволяет понять возможности их распространения при появлении новых типов БМ, при интеграции существующих бизнес-моделей, а также при появлении новых цифровых решений и их приложений, что на наш взгляд требует отражения в существующих и разрабатываемых документах по стандартизации.

Таблица 4

Рыночная доля циклических БМ по секторам экономики

СЕКТОР	БИЗНЕС МОДЕЛЬ	ДОЛЯ РЫНКА
Автомобилестроение	Модель сервисного обслуживания (МСО) – химикаты	50–80%
Музыка	МСО – цифровой контент	50%
Целлюлоза и бумага	Переработка	38%
Книги	МСО – цифровой контент	25–35%
Сталь	Переработка	25%
Аэрокосмический (А-К) сектор	МСО – химикаты	5–15%
Пластик	Переработка	13%
Смартфоны	Продление сроков службы (ПСС): ремонт	4–8%
Разное	МСО – отопление и освещение	4–8%
Машиностроение	ПСС: восстановление	3–4%
А-К сектор	ПСС: восстановление	2–12%
Почасовая аренда жилья	Совместное использование	1–6%
Автомобилестроение	ПСС: восстановление	1%
Бытовая электроника	ПСС: восстановление	0–1%
Транспорт	МСО – каршеринг	< 1%

Список использованных источников и литературы

1. Аронов И.З., Бурый А.С., Рыбакова А.М. Умная экономика замкнутого цикла: основа цифровых стратегий производственных компаний. Часть 1. Технологическая синергия индустрии 4.0 // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4 (68). С. 54–63.
2. Бобылев С.Н., Соловьева С.В. Циркулярная экономика и ее индикаторы для России // Мир новой экономики. 2020. № 14(2). С. 63–72.
3. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems // Journal of Cleaner Production. 2016. Vol. 114. Pp. 11–32.
4. Аронов И.З., Рыбакова А.М. Европейский подход к регулированию вопросов проектирования изделий с учетом экологических аспектов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 3 (67). С. 15–20.
5. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Перспективы стандартизации информационного пространства умного города // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2 (66). С. 4–11.
6. Бурый А.С., Ловцов Д.А. Информационные технологии цифровой трансформации умных городов // Правовая информатика. 2022. № 2. С. 4–13. DOI: 10.21681/1994-1404-2022-2-04-13.
7. Бурый А. С. Совершенствование государственных информационных систем как тренд цифрового общества // Правовая информатика. 2020. № 3. С. 19–28. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-3-19-28.
8. Григорьев А.В., Маковеев Е.Н. Роль стандартов организаций и технических условий в информационном обеспечении стандартизации. Часть 1. стандарты организаций и технические условия как основа импортозамещения // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 4(68). С. 4–9.
9. Гетц М., Янковска Б. Индустрия 4.0 как фактор конкурентоспособности компаний в условиях постпереходной экономики // Форсайт. 2020. Т. 14. № 4. С. 61–78. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.4.61.78.
10. Сливичкий А.Б. Коэволюция техники и общества в цифровую эпоху: проблемные вопросы // Большая Евразия: развитие, безопасность, сотрудничество: ежегодник. – М.: ИНИОН РАН, 2022. – С. 279–287.
11. Бурый А.С., Стреха А.А. Когнитивный подход к управлению организационными изменениями предприятий // Транспортное дело России. 2015. № 4. С. 3–6.
12. Ranta V., Aarikka-Stenroos L., Väisänen J.M. Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy – Multiple case study // Resources, Conservation and Recycling. 2021. Vol. 164. Art. no. 105155.
13. Lacy P., Keeble J., McNamara R., Rutqvist J., et al. Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth // Accenture: Chicago, IL, USA. 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <https://accntu.re/2cR5sVq> (дата обращения 19.10.2022).
14. European Commission. Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains, 2014. [Электронный ресурс]. – URL: <https://eco.nomia.pt/contents/documentacao/kh0114775enn-002.pdf> (дата обращения 19.10.2022).
15. Andersen M.S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy // Sustainability Science. 2007. 2(1): 133–140. DOI: 10.1007/s11625-006-0013-6.
16. Business models for the circular economy : opportunities and challenges for policy / Organisation for Economic Co-operation and Development. Paris: OECD Publishing, 2019. 112 p.
17. Гурьева М.А. Циркулярная экономика как инновационная модель развития социально-экономического пространства // Вопросы инновационной экономики. 2019. Т. 9. № 4. С. 1295–1316. DOI: 10.18334/vines.9.4.41236.

CLOSED-LOOP SMART ECONOMY: THE BASIS OF DIGITAL STRATEGIES OF MANUFACTURING COMPANIES.

Part 2. Circular business models

Aronov I.Z., Doctor of Technical Sciences, Professor, MGIMO University, FSBI «RSI»

Buryi A.S., Doctor of Technical Sciences, Director of the Department, FSBI «RSI»

Rybakova A.M., Candidate of Biological sciences, assistant professor, MGIMO University, FSBI «RSI»

The directions of improving the concept of sustainable development of society based on the introduction of the ideas of the closed-cycle economy are considered. It is proposed to synchronize the dynamics of business processes, social development of society and environmental management mechanisms based on the intellectualization of production processes within the innovative technologies of Industry 4.0. The synergetic effect of the introduction of digital technologies aimed at the implementation of mobility, cloud computing, a new machine-to-machine interface based on wireless devices, and the industrial Internet of Things into the business model of the closed-cycle economy will radically change the production value chains, thereby improving the quality of the sociosphere.

The aim of the work is to improve the scientific and methodological base in the development of a conceptual approach to the formation of requirements for products obtained on the basis of organizational business models of closed-cycle economy and digital technologies of Industry 4.0.

Keywords: closed-cycle economics, system approach, co-evolution of developing systems, business model, digital technologies of Industry 4.0.

References

1. Aronov I.Z., Buryi A.S., Rybakova A.M. Umnaya ekonomika zamknutogo cikla: osnova cifrovyyh strategiy proizvodstvennyh kompanij. CHast' 1. Tekhnologicheskaya sinergiya industrii 4.0. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022, no. 4(68), pp. 54–63.
2. Bobylev S.N., Solov'eva S.V. Cirkulyarnaya ekonomika i ee indikatory dlya Rossii. Mir novoy ekonomiki. 2020, no. 14(2), pp. 63–72.
3. Ghisellini P., Cialani C., Ulgiati S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. Journal of Cleaner Production. 2016, vol. 114, pp. 11–32.
4. Aronov I.Z., Rybakova A.M. Evropejskij podxod k regulirovaniyu voprosov proektirovaniya izdelij s uchedom e`kologicheskix aspektov. Informacionno-ekonomicheskie aspekty` standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022, no. 3(67), pp. 15–20.
5. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Perspektivy` standartizatsii informacionnogo prostranstva umnogo goroda. Informacionno-ekonomicheskie aspekty` standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya, 2022, no. 2(66), pp. 4–11.
6. Buryi A.S., Lovtsov D.A. Informacionnye tekhnologii cifrovoj transformatsii umnyh gorodov. Pravovaya informatika. 2022, no. 2, pp. 4–13. DOI: 10.21681/1994-1404-2022-2-04-13.
7. Buryi A. S. Sovershenstvovanie gosudarstvennyh informacionnyh sistem kak trend cifrovogo obshchestva. Pravovaya informatika. 2020, no. 3, pp. 19–28. DOI: 10.21681/1994-1404-2020-3-19-28.
8. Grigor'ev A.V., Makoveev E.N. Rol' standartov organizatsij i tekhnicheskix uslovij v informacionnom obespechenii standartizatsii. CHast' 1. Standarty organizatsij i tekhnicheskix usloviya kak osnova importozameshcheniya. Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya. 2022, no. 4(68), pp. 4–9.
9. Götz M., Jankowska B. Adoption of Industry 4.0 Technologies and Company Competitiveness: Case Studies from a Post-Transition Economy. Foresight and STI Governance. 2020, vol. 14, no 4, pp. 61–78. DOI: 10.17323/2500-2597.2020.4.61.78.

10. Slivickij A.B. Koevoljuciya tekhniki i obshchestva v cifrovuyu epohu: problemnye voprosy. Bol'shaya Evraziya: razvitie, bezopasnost', sotrudnichestvo: ezhegodnik. Moscow, INION RAN Publ., 2022, pp. 279–287.
11. Buryi A.S., Strekha A.A. Kognitivnyj podhod k upravleniyu organizacionnymi izmeneniyami predpriyatij. Transportnoe delo Rossii. 2015, no. 4, pp. 3–6.
12. Ranta V, Aarikka-Stenroos L, Väisänen JM. Digital technologies catalyzing business model innovation for circular economy – Multiple case study. *Resources, Conservation & Recycling*. 2021, vol. 164, Art. no. 105155.
13. Lacy P., Keeble J., McNamara R., Rutqvist J., Haglund T.; et al. *Circular Advantage: Innovative Business Models and Technologies to Create Value in a World without Limits to Growth*; Accenture: Chicago, IL, USA, 2014. Available online: <https://accntu.re/2cR5sVq> (accessed on 19 October, 2022).
14. European Commission. Scoping study to identify potential circular economy actions, priority sectors, material flows and value chains, 2014. Available online: <https://eco.nomia.pt/contents/documentacao/kh0114775enn-002.pdf> (accessed on 19 October, 2022).
15. Andersen M.S. An introductory note on the environmental economics of the circular economy. *Sustainability Science*. 2007, no. 2 (1), pp. 133–140. DOI: 10.1007/s11625-006-0013-6.
16. *Business models for the circular economy: opportunities and challenges for policy*. Organisation for Economic Cooperation and Development. 2019, OECD Publ., Paris, 112 p.
17. Gur'eva M.A. Cirkulyarnaya ekonomika kak innovacionnaya model' razvitiya social'no-ekonomicheskogo prostranstva. *Voprosy innovacionnoj ekonomiki*. 2019, vol. 9, no. 4, pp. 1295–1316. DOI: 10.18334/vinec.9.4.41236.