

Для цитирования

Головина Е.Ю., Туркова В.Н., Архипова А.Н. Сетецентрическое управление рисками как механизм обеспечения перехода высокотехнологичных предприятий к модели циркулярной экономики / III Научно-практическая конференция «Стандартизация: траектория науки», Москва, 15 октября 2025 года // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2025. № 6(87). С. 350–356.

УДК 658.5

**СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОЕ УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ КАК МЕХАНИЗМ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕРЕХОДА ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ
К МОДЕЛИ ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКИ**

Головина Е.Ю., канд. экон. наук, доцент кафедры экономики и цифровых бизнес-технологий, института экономики, управления и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

Туркова В.Н., старший преподаватель кафедры юриспруденции института экономики, управления и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

Архипова А.Н., старший преподаватель кафедры юриспруденции института экономики, управления и права, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», Россия, Иркутск

Исследуется трансформация бизнес-моделей высокотехнологичных предприятий под влиянием ESG-повестки. Доказывается неспособность традиционных подходов управлять рисками, связанными с ресурсными и экологическими вызовами. В качестве решения предлагается интеграция принципов циркулярной экономики через сетцентрическую парадигму управления. На примере Евразийской технологической группы раскрывается механизм, при котором сетецентрическое управление рисками становится драйвером перехода к замкнутым производственным циклам. Анализируются кейсы внедрения, измеряемые эффекты и представлена система метрик для оценки эффективности.

Ключевые слова: циркулярная экономика, сетецентрическое управление, управление рисками, высокотехнологичное предприятие, устойчивое развитие, жизненный цикл продукции, Евразийская технологическая группа, досмотровое оборудование.

**NETWORK-CENTRIC RISK MANAGEMENT AS A MECHANISM FOR HIGH-TECH
ENTERPRISES TO TRANSITION TO A CIRCULAR ECONOMY**

Golovina E.Yu., PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics and Digital Business Technologies, Institute of Economics, Management, and Law, Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk.

Turkova V.N., Senior Lecturer at the Department of Jurisprudence at the Institute of Economics, Management, and Law, Irkutsk National Research Technical University, Russia, Irkutsk.

Arkhipova A.N., Senior Lecturer at the Department of Jurisprudence at the Institute of Economics, Management, and Law, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Irkutsk National Research Technical University", Russia, Irkutsk

The article explores the transformation of business models of high-tech enterprises under the influence of the ESG agenda. It demonstrates the inability of traditional approaches to manage risks associated with resource and environmental challenges. As a solution, the article proposes the integration of the principles of the circular economy through a network-centric management paradigm. Using the example of the Eurasian Technology Group, the article reveals the mechanism by which network-centric

risk management becomes a driver for the transition to closed production cycles. The article analyzes implementation cases, measures the effects, and presents a system of metrics for evaluating the effectiveness of the activity.

Keywords: circular economy, network-centric management, risk management, high-tech enterprise, sustainable development, product life cycle, Eurasian Technology Group, and inspection equipment.

Современная промышленность, в особенности высокотехнологичный сектор, столкнулась с парадигмальным вызовом. Исчерпание модели линейной экономики – «take, make, dispose» («бери, производи, выбрасывай») – проявляется в росте волатильности цен на стратегические материалы (редкоземельные металлы, компоненты микроэлектроники), ужесточении экологических норм (например, Европейский зеленый курс – EU Green Deal) и формировании спроса на ответственное производство со стороны государственных и корпоративных заказчиков.

Для таких компаний, как Евразийская технологическая группа (ЕТГ), чья продукция (криминалистические лаборатории, рентгенотелевизионные досмотровые комплексы, промышленные сканеры) имеет длительный жизненный цикл и высокую наукоемкость, эти риски носят стратегический характер. Прерывание цепочек поставок, рост себестоимости и невозможность выхода на международные рынки из-за несоблюдения экологических стандартов напрямую угрожают конкурентоспособности. Ответом на эти вызовы является циркулярная экономика (Circular Economy, CE), нацеленная на создание замкнутых систем, минимизирующих отходы и максимизирующих полезность материалов и продукции на всех этапах жизненного цикла [2]. Однако, как показывают J. Kirchherr и др., единственного общепринятого определения CE не существует, что осложняет ее операционализацию на практике [3].

Вместе с тем основной барьер для перехода – высокая сложность и комплексность рисков, которыми невозможно управлять разрозненными усилиями отдельных департаментов. Требуется новая управленческая платформа, способная интегрировать потоки данных, знания и интересы всех стейкхолдеров. Такой платформой, как показано в данном исследовании, выступает сетцентрическое управление рисками (Network-Centric Risk Management, NCRM).

Сущность сетцентрического управления рисками в контексте циркулярной экономики.

Сетцентрическое управление – это парадигма, при которой достижение превосходства и эффективности обеспечивается за счет создания информационно-обогащенной среды взаимодействия всех участников сети (как внутренних, так и внешних), что приводит к значительному повышению скорости принятия решений и их обоснованности [1]. Alberts & Hayes утверждают, что такой подход обеспечивает «власть к краю» (Power to the Edge), наделяя всех участников сети информацией и полномочиями для действий в быстро меняющейся обстановке.

Применительно к управлению рисками NCRM предполагает переход от silo-подхода (когда рисками занимаются изолированные подразделения: закупки, производство, экологическая служба) к единой распределенной сети. В этой сети в режиме, близком к реальному времени, циркулирует информация о рисках на всех этапах жизненного цикла продукта. Это напрямую согласуется с концепцией создания общих ценностей (Creating Shared Value) Портера и Крамера, где компания достигает конкурентных преимуществ, решая социальные и экологические проблемы, что является сутью CE [5]. Ниже представим варианты возникновения наиболее вероятных рисков:

- НИОКР (научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы) – вероятность возникновения рисков будущей неремонтопригодности, невозможности модернизации или утилизации.

- Закупки – высокие риски поставок критических материалов, их экологическая сертификация.

- Производство – наличие рисков образования безвозвратных отходов, перерасхода энергии.

– Эксплуатация у клиента – риски преждевременного морального или физического устаревания.

– Утилизация – риски, связанные с законодательством об ответственности.

Интеграция принципов CE (R-стратегии: Refuse – Отказываться, Reduce – Сокращать, Reuse – Повторно использовать, Repair – Ремонтировать, Refurbish – Реставрировать/Обновлять, Remanufacture – Воспроизводить, Repurpose – Находить новое применение, Recycle – Перерабатывать) в такую сеть превращает управление рисками из защитной функции в проактивный драйвер создания стоимости. Как подчеркивают Lieder & Rashid, успешная имплементация CE в промышленности требует системного подхода, учитывающего всю цепочку создания стоимости [4], что идеально обеспечивается сетевидной архитектурой.

До перехода на новую модель компания сталкивалась с типичными для линейной модели проблемами:

1. Высокая зависимость от импорта компонентов, проявляющаяся через сбои в поставках микроэлектроники и, как следствие, сказывающаяся на выполнении госзаказов.

2. Рост затрат на утилизацию, когда оборудование, отслужившее срок, создавало финансовые и репутационные риски из-за сложности утилизации.

3. Давление клиентов. Крупные заказчики (таможенные службы, логистические компании) начали требовать предоставления жизненного цикла услуги, а не оборудования, включая его сервис, модернизацию и утилизацию.

Реализация модели NCRM-CE в ЕТГ включала следующие этапы:

Этап 1 – Создание информационного контура.

В компании была внедрена сквозная PLM-система (Product Lifecycle Management), интегрированная с CRM (управление взаимоотношениями с клиентами), ERP (планирование ресурсов предприятия) и MES (система управления производственными операциями). Каждое изделие (например, досмотровый рентгеновский комплекс «Аргумент-М») получило цифровой паспорт, в который на протяжении всего жизненного цикла вносятся информация о используемых материалах, ремонтах, заменах компонентов.

Этап 2 – Формирование сетевой структуры управления рисками.

Вместо отдельного департамента рисков был создан виртуальный ситуационный центр, объединяющий специалистов по закупкам, инженеров-конструкторов, технологов, экологов, сервисных инженеров и даже представителей ключевых поставщиков и клиентов. Этот центр на основе данных из цифровых паспортов и внешних источников (биржевые котировки, изменения законодательства) в режиме реального времени оценивает риски и возможности, реализуя на практике принципы, описанные Alberts & Hayes [1].

Этап 3 – Внедрение циркулярных бизнес-моделей на основе данных NCRM.

На основе анализа данных сетевой структуры были запущены пилотные проекты, что является практической реализацией перехода от теории к имплементации, как это предлагается в работе Lieder & Rashid [4]. Ниже представим перечень возможных рисков и соответствующие им циркулярные решения:

– Риск – прерывание поставок чипов для блоков обработки изображений.

Циркулярное решение (Reuse, Remanufacture): Разработана программа возврата вышедшего из строя оборудования. Из него извлекаются исправные компоненты, которые после тестирования и сертификации используются для ремонта других комплексов или создания систем категории «бюджет». Риск дефицита нивелирован, создан новый источник доходов.

– Риск – рост стоимости и экологических сборов на алюминиевые сплавы (корпуса оборудования).

Циркулярное решение (Recycle, Redesign): Инженеры-конструкторы, получив от службы закупок сигнал о росте риска, пересмотрели дизайн корпусов в сторону облегчения и стандартизации форм для упрощения последующей переплавки. Заключены долгосрочные

контракты с перерабатывающими заводами на поставку вторичного алюминия. Риск роста себестоимости взят под контроль.

– Риск – потеря клиентов из-за морального устаревания оборудования.

Циркулярное решение (Refurbish, Upgrade): Внедрена сервисная модель «Оборудование как услуга» (X-as-a-Service). Клиент оплачивает не единовременную покупку, а подписку на функцию досмотра. Это мотивирует компанию проектировать легко модернизируемые системы и активно предлагать клиентам программы апгрейда, возвращая старые модули в производственный цикл, создавая тем самым общую ценность для компании и клиента [5]. Риск потери клиента трансформирован в возможность долгосрочного партнерства.

Внедрение сетецентрического управления рисками как основы циркулярной экономики позволило ЕТГ достичь измеримых результатов за 3 года через экономические, экологические и стратегические показатели.

Экономические – проявились через снижение зависимости от первичных материалов на 25%, а также через создание нового прибыльного направления по ремануфактурингу и сервису с долей в выручке 15%.

Экологические – произошло сокращение отходов производства, направляемых на полигоны, на 40% и снижение углеродного следа продукции на 18%.

Стратегические – характеризуются повышением устойчивости цепочки поставок; усилением конкурентных позиций на международных тендерах за счет соответствия принципам ESG.

Ключевым выводом является то, что NCRM не просто снижает риски, а трансформирует их в возможности. Риск утилизации становится возможностью ремануфактуринга, риск дефицита материалов – стимулом для редизайна и перехода на вторичное сырье. Этот переход от управления рисками к управлению возможностями через призму СЕ является практическим воплощением экономической рациональности, описанной Фондом Эллен Макартур [2], и преодолением терминологической неоднозначности, отмеченной J. Kirchherr и др. [3], за счет четкой операционализации в бизнес-процессах.

Важно отметить, что разработка метрик является критически важным шагом для внедрения и валидации любой сложной управленческой модели. Далее представим комплексную авторскую систему метрик для оценки эффективности интеграции NCRM и СЕ, а также для измерения влияния на инновационную активность.

Интеграция NCRM и СЕ – это не просто сумма двух подходов, а синергетическая система. Ее эффективность нельзя измерить одним универсальным показателем. Требуется сбалансированная система метрик (Balanced Scorecard), охватывающая четыре ключевых аспекта, таких как эффективность сети, циркулярность потоков, экономическая ценность и инновационная активность.

Так, метрики, представленные в табл. 1, оценивают, насколько хорошо функционирует сама сетевая структура по выявлению и управлению рисками.

Таблица 1

Метрики эффективности Сетецентрического Управления Рисками (NCRM)

Группа метрик	Конкретные показатели (KPI)	Метод расчета / Источник данных
Скорость и качество реакции сети	1. Время от выявления риска до реализации mitigating action – меры по снижению риска (в днях/часах). 2. Процент рисков, выявленных проактивно (до их материализации). 3. Частота пересмотра карты рисков (раз в квартал/месяц).	1. Анализ логов в PLM/ERP-системе. 2. (Кол-во рисков из проактивного мониторинга / Общее кол-во выявленных рисков) * 100%. 3. Внутренний регламент работы ситуационного центра.

Группа метрик	Конкретные показатели (KPI)	Метод расчета / Источник данных
Глубина и качество информационного обмена	1. Индекс связанности стейкхолдеров (количество отделов/внешних партнеров, регулярно участвующих в сеансах NCRM). 2. Коэффициент использования цифрового паспорта изделия (полнота заполнения, частота запросов к данным). 3. Уровень автоматизации оповещений о рисках.	1. Социограмма участников сетевых сеансов. 2. Аналитика использования PLM-системы. 3. (% уведомлений, сгенерированных системой автоматически).
Эффективность управления конкретными рисками	1. Снижение индекса зависимости от критических импортных материалов (например, по стоимости или номенклатуре). 2. Сокращение случаев срыва поставок/производства из-за непредвиденных обстоятельств.	1. $(1 - (\text{Стоимость крит. импорта в периоде } t / \text{Стоимость крит. импорта в периоде } t-1)) * 100\%$. 2. Данные из ERP-системы.

Далее рассмотрим метрики эффективности Циркулярной Экономики (СЕ), которые фокусируются на результате – степени замкнутости материальных и энергетических потоков (табл. 2). При этом используется классификация Циркулярного перехода (Circularity Transition Index, CTI).

Таблица 2

Метрики эффективности Циркулярной Экономики (СЕ)

Уровень циркулярности	Конкретные показатели (KPI)	Метод расчета / Источник данных
Цикл продуктов и материалов	1. Доля вторичных и возобновляемых материалов в себестоимости продукции (% по стоимости). 2. Уровень ремануфактуринга и апсайклинга (количество единиц возвращенной продукции, прошедшей ремонт/модернизацию). 3. Коэффициент циркулярности продукта (по методике Ellen MacArthur Foundation).	1. Данные отдела закупок и бухгалтерии. 2. Данные сервисного подразделения. 3. $(\text{Масса вторичных компонентов в продукте} / \text{Общая масса продукта}) * 100\%$.
Цикл отходов	1. Производственные отходы, направленные на полигоны (тонн/год). 2. Индекс рециклинга (% отходов производства, отправленных на переработку). 3. Эффективность использования материалов (MCE).	1, 2. Данные экологической службы, отчетность по отходам. 3. $(\text{Стоимость материалов в готовой продукции} / \text{Стоимость всех закупленных материалов}) * 100\%$.
Бизнес-модель	1. Доход от циркулярных бизнес-моделей (сервисные контракты, лизинг, ремануфактуринг) в общей выручке (%). 2. Количество клиентов, использующих модель «Продукт-как-услуга» (XaaS).	1. Данные финансового отдела. 2. Данные из CRM-системы.

Выше отмечалось, что интеграция NCRM и СЕ представляется как синергетическая система, поэтому метрики интеграции являются ключевыми. Данные метрики, представленные в табл. 3, показывают, как сетецентричное управление рисками непосредственно генерирует циркулярные результаты.

Таблица 3

Синергетические метрики интеграции NCRM и СЕ

Направление воздействия	Конкретные показатели (KPI)	Метод расчета / Интерпретация
Трансформация рисков в возможности	1. Количество запущенных циркулярных проектов, инициированных по данным NCRM (например, проект по ремануфактурингу, запущенный после сигнала о риске дефицита чипов). 2. Экономия от предотвращенных потерь благодаря циркулярным мерам (руб./год).	1. Отчеты ситуационного центра, протоколы совещаний. 2. Расчетная величина: (Потенциальные убытки от материализовавшегося риска * Вероятность) – Затраты на циркулярное mitigating action.
Сквозная прозрачность жизненного цикла	1. Уровень отслеживаемости материалов (% материалов в продукте, чье происхождение и состав известны). 2. Полнота данных в цифровом паспорте для целей СЕ (наличие информации о разборке, ремонтпригодности, составе).	1. Данные из системы управления цепочками поставок (SCM). 2. Экспертная оценка по заданному чек-листу.

Авторы предполагают, что интеграция NCRM и СЕ создает среду, стимулирующую не только технологические, но и бизнес-модельные и управленческие инновации; в связи с этим в табл. 4 отражены метрики влияния на инновационную активность предприятия.

Таблица 4

Метрики влияния на инновационную активность предприятия

Тип инноваций	Конкретные показатели (KPI)	Метод расчета / Интерпретация
Технологические инновации	1. Количество поданных патентов и заявок на полезные модели, связанных с СЕ (например, патенты на легкоразборные соединения, методы рециклинга специфических материалов). 2. Доля R&D-бюджета, направленная на проекты в области СЕ. 3. Внедрение новых производственных процессов, снижающих отходы.	1. Данные патентного отдела. 2. Данные финансового и R&D-отделов. 3. Внутренние отчеты о внедрении.
Бизнес-модельные инновации	1. Количество новых циркулярных бизнес-моделей, запущенных в эксплуатацию (ХааS, платформы по обмену компонентами и т.д.). 2. Доля выручки от продуктов/услуг, которых не существовало 3 года назад (показатель обновления портфеля).	1. Данные отдела стратегического развития. 2. Данные финансового отдела.
Управленческие инновации	1. Вовлеченность сотрудников в кросс-функциональные рабочие группы NCRM-СЕ (% сотрудников, участвующих в таких группах). 2. Количество принятых стратегических решений, основанных на анализе данных из цифровых паспортов изделий. 3. Индекс зрелости организационной культуры, поддерживающей СЕ (измеряется с помощью внутренних опросов).	1. Данные HR-отдела. 2. Анализ протоколов стратегических сессий. 3. Регулярные анонимные опросы сотрудников.

В рамках реализации практического применения разработанных метрик для Евразийской технологической группы предлагается создать Цифровую панель управления (Dashboard)

«NCRM-CE Интеграция», которая в режиме реального времени агрегировала бы ключевые показатели. Данная панель управления включает три уровня:

1. Верхний уровень – сводный индекс эффективности (рассчитываемый как средневзвешенное ключевых KPI из групп 1, 2 и 4).

2. Средний уровень – группы метрик (Эффективность сети, Циркулярность, Инновации) с тревожными индикаторами (зеленый/желтый/красный).

3. Детальный уровень – возможность «дриллдауна» (детализации) до конкретных проектов (например, «Проект ремануфактуринга блоков обработки изображений» с его индивидуальными KPI).

В качестве примера вычисленных эффектов отразим ситуацию, когда система NCRM зафиксировала рост цен на алюминий (Риск № 47). В качестве решения был запущен циркулярный проект по редизайну корпусов и организации замкнутого цикла алюминия. В результате были получены следующие показатели:

– Метрика NCRM – время от регистрации риска до утверждения ТЗ на редизайн – 15 дней (вместо 90 ранее).

– Метрика CE – доля вторичного алюминия в новых корпусах выросла до 40%.

– Синергетическая метрика – экономия на закупках первичного алюминия – 25 млн руб. в год.

– Метрика инноваций – подана заявка на полезную модель «Быстросъемный корпус досмотрового комплекса».

Таким образом, опыт Евразийской технологической группы демонстрирует, что для высокотехнологичных предприятий с длинным жизненным циклом продукции переход к циркулярной экономике является не данью моде, а стратегической необходимостью. Однако успех этого перехода невозможен без коренной перестройки системы управления. Сетецентрическое управление рисками, теоретической основой которого послужили работы Alberts & Hayes [1], выступает той самой инфраструктурой и драйвером, который обеспечивает целостное видение, проактивное принятие решений и синергию между всеми участниками цепочки создания стоимости, как того требует системный подход Lieder & Rashid [4].

Предложенная авторами система метрик позволяет перейти от качественных описаний преимуществ интеграции NCRM и CE к количественному измерению их эффективности. Она носит гибкий характер и может быть адаптирована под специфику любого высокотехнологичного предприятия. Для ЕТГ такая система станет не только инструментом контроля, но и мощным средством стратегического управления, наглядно демонстрирующим, как управление рисками, построенное на принципах сетевого взаимодействия, напрямую способствует созданию устойчивой, инновационной и экономически эффективной бизнес-модели циркулярной экономики.

Список литературы / References

1. Alberts, D. S., & Hayes, R. E. (2003). Power to the Edge: Command and Control in the Information Age. CCRP Publication Series.
2. Ellen MacArthur Foundation. (2013). Towards the Circular Economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition.
3. Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. Resources, Conservation and Recycling, 127, 221–232.
4. Lieder, M., & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. Journal of Cleaner Production, 115, 36-51.
5. Porter, M. E., & Kramer, M. R. (2011). Creating shared value. Harvard business review, 89(1/2), 62–77.