

Международный научно-исследовательский журнал

«Прогрессивная экономика»

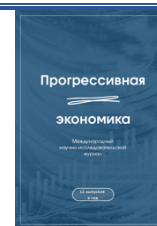
№ 10 / 2026 https://progressive-economy.ru/vypusk_1/konceptualnaya-model-upravleniya-ustojchivym-razvitiem-promyshlennyh-malyh-i-srednih-predpriyatij-v-usloviyah-cifrovoj-transformacii/

Научная статья / Original article

Шифр научной специальности ВАК: 5.2.3

УДК 338.24

DOI: 10.54861/27131211_2026_10_638



КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ УСТОЙЧИВЫМ РАЗВИТИЕМ ПРОМЫШЛЕННЫХ МАЛЫХ И СРЕДНИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

*Смелов А.Ю., аспирант, Московский государственный технологический
университет «СТАНКИН», г. Москва, Россия
127055, Москва, Вадковский пер., д. 1
e-mail: Smelov.RpS@yandex.ru*

Аннотация. Промышленные малые и средние предприятия ведут цифровую трансформацию и одновременно должны развиваться устойчиво, но в управлении эти две задачи обычно разведены. Цифровые проекты выбирают по готовым решениям рынка, а цели устойчивого развития ставят без учёта того, есть ли у предприятия цифровая опора для их достижения. Целью статьи является разработка концептуальной модели управления устойчивым развитием промышленных малых и средних предприятий, в которой контур управления устойчивым развитием и контур управления цифровой трансформацией связаны количественно. Научная новизна состоит в том, что связь контуров задаётся матрицей сопряжения семи направлений устойчивого развития и восьми компонентов цифровой зрелости. По этой матрице рассчитываются цифровая обеспеченность каждого направления, коэффициент цифровой конверсии устойчивости, разрыв конверсии и приоритет развития каждого компонента. Методологическую основу составили системный и процессный подходы, метод структурирования функции качества, метод анализа иерархий, коэффициент конкордации Кендалла и нормирование показателей по границам уровней. В результате построена модель из шести блоков, сформулировано правило постановки целей по направлениям с учётом цифровой обеспеченности, порядок расчёта показан на примере. Пример показывает, что предприятие со средней общей цифровой зрелостью может иметь низкую зрелость именно в тех компонентах, от которых зависит его устойчивость. Тогда первыми в очереди должны стоять проекты учёта ресурсов и цифровизации производства, проекты в области сбыта откладываются. Практическая значимость состоит в том, что модель даёт руководителю предприятия обоснованный порядок цифровых вложений при ограниченных ресурсах. Перспективы исследования связаны с экспертной оценкой матрицы сопряжения и апробацией модели на данных промышленных предприятий.



Ключевые слова: устойчивое развитие, промышленные МСП, цифровая трансформация, цифровая зрелость, концептуальная модель, матрица сопряжения, управление предприятием.

Конфликт интересов. Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Смелов А.Ю. Концептуальная модель управления устойчивым развитием промышленных малых и средних предприятий в условиях цифровой трансформации // Прогрессивная экономика. 2026. № 10. С. 638–656. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_10_638.

Статья поступила в редакцию: 15.09.2026 г. Одобрена после рецензирования: 27.10.2026 г. Принята к публикации: 30.10.2026 г.

CONCEPTUAL MODEL FOR MANAGING THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF INDUSTRIAL SMALL AND MEDIUM-SIZED ENTERPRISES IN THE CONTEXT OF DIGITAL TRANSFORMATION

*Smelov A. Yu., Postgraduate Student, Moscow State University of Technology
“STANKIN”, Moscow, Russia
127055, Moscow, Vadkovsky lane, 1
e-mail: Smelov.RpS@yandex.ru*

Abstract. Industrial small and medium-sized enterprises (SMEs) are going through digital transformation and at the same time have to develop sustainably, yet in management practice these two tasks are usually handled separately. Digital projects are chosen from ready-made market solutions, while sustainability targets are set without checking whether the enterprise has a digital basis for reaching them. The aim of the article is to develop a conceptual model for managing the sustainable development of industrial SMEs in which the sustainability management loop and the digital transformation management loop are linked quantitatively. The scientific novelty is that the link between the loops is set by a coupling matrix of seven sustainability dimensions and eight digital maturity components. The matrix is used to calculate the digital support of each dimension, the coefficient of digital-to-sustainability conversion, the conversion gap and the development priority of each component. The methodological basis includes the systems and process approaches, quality function deployment, the analytic hierarchy process, Kendall's coefficient of concordance and normalization of indicators by level thresholds. As a result, a six-block model has been built, a rule for setting targets by dimension with regard to digital support has been formulated, and the calculation procedure has been shown on an illustrative example. The example shows that an enterprise with medium overall digital maturity may have low maturity precisely in the components on which its sustainability depends. In that case, projects in resource accounting and production digitalization should come first, ahead of sales. The practical significance is that the model gives the manager a justified sequence of digital investments under limited resources. Further research involves expert assessment of the coupling matrix and testing the model on data from industrial enterprises.



Keywords: sustainable development, industrial SMEs, digital transformation, digital maturity, conceptual model, coupling matrix, enterprise management.

JEL classification: L60, L25, O33, Q01.

Conflict of interest. The author declares that there is no conflict of interest.

For citation: Smelov A.Yu. (2026). Kontseptual'naya model' upravleniya ustoichivym razvitiem promyshlennykh malyykh i srednikh predpriyatii v usloviyakh tsifrovoi transformatsii [A conceptual model for managing the sustainable development of industrial small and medium-sized enterprises in the context of digital transformation]. Progressivnaya ekonomika [Progressive Economy], 10, 638–656. https://doi.org/10.54861/27131211_2026_10_638. (In Russ., abstract in Eng.)

The article was submitted to the editorial office: 15/09/2026. Approved after review: 27/10/2026. Accepted for publication: 30/10/2026.

Введение

Малые и средние предприятия (МСП) занимают в российской экономике заметное место, но их доля растёт медленно. По данным Росстата, доля МСП в валовом внутреннем продукте составляла 20,8 % в 2020 году, 20,6 % в 2021 году и 21,0 % в 2022 году [1]. За три года она почти не изменилась. Внутри сектора отдельно стоят промышленные МСП. У них своё производство и своё оборудование, часто и собственные разработки. Поэтому устойчивое развитие такого предприятия складывается из многого. Это прибыль и запас финансовой прочности, состояние производственной базы, расход энергии и материалов, кадры, нагрузка на окружающую среду.

Актуальность темы связана с двумя обстоятельствами. Во-первых, цифровизация промышленных МСП идёт неравномерно. В 2023 году интернетом пользовались 93,7 % обследованных малых предприятий обрабатывающих производств (без микропредприятий), сервисами цифровых платформ 66,2 %. Интернет вещей применяли 14,4 % таких предприятий, промышленных роботов и автоматизированные линии 9,2 % [1]. Получается, что цифровые средства связи и сбыта у предприятий в основном уже есть, а цифровых решений в самом производстве и в учёте ресурсов мало. Во-вторых, средства на цифровые вложения у МСП ограничены. Отставание малых и средних предприятий от крупных по внедрению цифровых технологий подробно описано в обзоре ОЭСР [2]. Инновационную деятельность в 2023 году вели только 7,9 % малых предприятий обрабатывающих производств [1]. Ошибка в выборе цифрового проекта обходится такому предприятию дорого, второй попытки в том же году может и не быть.

Отсюда проблема, которой посвящена статья. Цели устойчивого развития и цифровые проекты на промышленном МСП обычно выбираются отдельно друг от друга. Цифровой проект может улучшить то, что у



предприятия и так в порядке, а направление, где оно отстаёт, останется без цифровой опоры. Сроки целей при этом ставятся так, будто такая опора уже есть. Нужна модель управления, в которой видно, какой компонент цифровой зрелости работает на какое направление устойчивого развития, и по которой можно решить, с какого цифрового проекта начинать.

Целью статьи является разработка концептуальной модели управления устойчивым развитием промышленных МСП в условиях цифровой трансформации, в которой контур управления устойчивым развитием и контур управления цифровой трансформацией связаны количественно. Статья подготовлена по материалам диссертационного исследования автора.

Обзор литературы

Работы, на которые опирается модель, удобно разобрать по тому, что в них измеряется. Начнём с исследований устойчивого развития предприятия. Основу большинства систем показателей задаёт концепция тройного итога J. Elkington, в которой результаты предприятия рассматриваются в экономическом, экологическом и социальном измерениях [3]. D. Krajnc и P. Glavič предложили сводный индекс устойчивого развития компании [4]. Показатели в нём нормируются, группируются в экономический, экологический и социальный субиндексы, веса задаются методом анализа иерархий. Эта схема с тех пор стала типовой, и об этом нужно сказать прямо. Нормирование, веса, субиндексы и сводный индекс сами по себе научной новизной уже не являются.

Для промышленности трёх измерений оказалось мало. С. В. Joung и соавторы систематизировали показатели устойчивого производства и выделили пять измерений: экологическое, экономическое, социальное, технологическое и управленческое [5]. Для малых и средних предприятий важны работы А. Trianni, Е. Cagno и их коллег. Обследование 26 промышленных МСП Германии и Италии показало, что такие предприятия применяют в среднем только 18 показателей устойчивого развития. Многие из них смотрят почти исключительно на экономическую составляющую, а социальную и экологическую учитывают в основном ради соблюдения требований законодательства [6]. Те же авторы предложили три системы измерения с убывающим числом показателей, чтобы систему можно было подобрать под размер предприятия и его ресурсы [7]. Отечественную линию представляет, например, концептуальная модель Р. М. Качалова и Ю. А. Слепцовой [8]. Процесс управления устойчивым развитием раскрыт в ней через управление уровнем риска, выделены этапы целеполагания, сбора информации, оценки окружения и выполнения решений. Общая черта работ этой группы такова. Измерение устойчивости разработано подробно, а цифровая трансформация в нём не рассматривается.

Вторая группа работ посвящена цифровой зрелости. G. Vial по итогам обзора литературы определил цифровую трансформацию как процесс, в

котором цифровые технологии вызывают изменения, а предприятие отвечает на них стратегически и меняет способы создания ценности [9]. Моделей цифровой зрелости предложено много. S. Mittal и соавторы разобрали модели зрелости для «умного» производства и Индустрии 4.0 и установили, что особенности МСП учитывают лишь немногие из них. Начальный уровень большинства моделей оказался выше реального состояния многих малых и средних предприятий, поэтому авторы предложили добавить к шкале нулевой уровень [10]. А. В. Бабкин и соавторы ввели понятие разрыва цифровой зрелости, то есть разницы между текущим и целевым уровнем зрелости, и разработали методику его оценки из 14 этапов, апробированную на 20 промышленных предприятиях [11]. И. Н. Краковская, Ю. В. Корокошко и Ю. Ю. Слушкина по данным анкетирования подтвердили, что готовность промышленных предприятий к цифровой трансформации прямо зависит от достигнутой цифровой зрелости технологий и бизнес-процессов [12]. Для малых и средних предприятий методику оценки готовности к цифровой трансформации предложили В. И. Абрамов, А. В. Борзов и К. Ю. Семенов [13]. Результат цифровизации для устойчивости в этих работах предметом оценки не является, зрелость измеряется как самостоятельная величина. А. Е. Термелева на примере промышленности Самарской области описала «цифровой парадокс», когда развитая инфраструктура соседствует с умеренными социально-экономическими эффектами цифровизации [14]. Это наблюдение хорошо согласуется со статистикой, приведённой во введении.

Третья группа, это работы, где цифровизацию и устойчивость пытаются связать. М. Ghobakhloo выделил функции, через которые Индустрия 4.0 может повышать устойчивость, и методом структурного моделирования показал порядок их проявления. Экономические функции, например эффективность производства, проявляются раньше, а социально-экологические, например энергосбережение и снижение выбросов, позже [15]. С. Isensee и соавторы по итогам систематического обзора 80 работ отметили, что организационная культура, экологическая устойчивость и цифровизация МСП обычно изучаются по отдельности, и описали связи между ними [16]. А. В. Мясков и Е. Н. Елисеева рассматривают устойчивое развитие промышленного предприятия как условие эффективности цифровых преобразований и предлагают дополнить экономическую, социальную и экологическую сферы устойчивости технологической [17]. О. А. Курносова и О. А. Тимашкова построили концептуальную модель управления бизнес-процессами промышленного предприятия, целью которой служит повышение цифровой зрелости [18]. Пэн Юэ, Г. Ю. Силкина и М. Г. Ливинцова разработали методику оценки готовности организации к устойчивому развитию в условиях цифровой трансформации [19]. В методике пять компонентов, один из них цифровая зрелость, 25 показателей и интегральный индекс готовности.

За последние два года появились модели, в которых оба измерения объединены. J. Fortier, S. Gamache и C. Fonrouge по итогам систематического обзора встроили показатели экономической, социальной и экологической результативности в модели цифровой зрелости малых и средних промышленных предприятий [20]. A. Tiron-Tudor и D. Deliu предложили для МСП синергетическую модель зрелости цифрового устойчивого развития и проверили её в фокус-группах [21]. S. Pohursky и F. Teuteberg разработали матрицу двойной трансформации. Она размещает предприятие на двух осях, цифровой зрелости и зрелости в области устойчивого развития, и по квадрантам описывает сочетания этих уровней [22].

Анализ научных источников показал следующее. В объединённых моделях оба измерения сводятся в одну шкалу или в один индекс [19–21]. Вклад цифровой зрелости в итоговую оценку тогда растворяется, и по индексу нельзя понять, на какое направление устойчивости работает тот или иной цифровой компонент. В двухосевой матрице [22] измерения разделены, но связаны только положением предприятия в координатах. Руководитель видит, где находится предприятие, и не видит, что цифровизировать в первую очередь. В отечественных концептуальных моделях [8, 18] управление устойчивым развитием и управление цифровой трансформацией описаны по отдельности.

Неразработанным остаётся вопрос, как связать два контура управления на уровне их составных частей. Имеется в виду связь «компонент цифровой зрелости, направление устойчивого развития», по которой отставание предприятия по направлениям переводится в очередность цифровых инициатив, а цифровая обеспеченность направлений учитывается в сроках целей. По мнению автора, такую связь даёт матрица сопряжения, и в ней состоит вклад настоящего исследования.

Материалы и методы

Материалами исследования послужили данные Росстата о малом и среднем предпринимательстве [1], обзор ОЭСР о цифровой трансформации МСП [2] и публикации о системах показателей устойчивого развития и моделях цифровой зрелости, разобранные выше. Использованы также результаты диссертационного исследования автора, в котором разработаны система показателей устойчивого развития промышленных МСП и анкета оценки их цифровой зрелости.

Структура модели построена на системном и процессном подходах. Предприятие рассматривается как открытая система, управление как замкнутый цикл с обратной связью. Связь двух контуров управления формализована матрицей отношений по образцу «дома качества» из метода структурирования функции качества [23]. В этом методе требования потребителей связываются с характеристиками изделия, а силу связи на практике обычно оценивают по шкале 0, 1, 3, 9. В предлагаемой модели на



месте требований стоят направления устойчивого развития, на месте характеристик изделия компоненты цифровой зрелости. Веса направлений определяются методом анализа иерархий [24]. Согласованность оценок экспертов проверяется коэффициентом конкордации Кендалла [25]. Показатели приводятся к шкале от 0 до 1 нормированием по заранее заданным границам уровней, это вариант нормирования относительно ориентиров, описанного в руководстве ОЭСР по построению сводных индикаторов [26]. Он выбран потому, что оценка должна выполняться на одном предприятии. Способам, основанным на минимуме и максимуме по выборке, нужна выборка предприятий. Порядок расчёта показан на примере, его числа заданы автором для иллюстрации.

Результаты и обсуждение

Модель строится вокруг одного вопроса, как решение о цифровой трансформации связано с решением об устойчивом развитии предприятия. Ответ дан в виде шести связанных блоков (рис. 1). Ниже они описаны по порядку.

Первый блок, это диагностика. Состояние предприятия оценивается в нём отдельно, по двум наборам данных. Первый набор описывает устойчивое развитие по семи направлениям, которые выведены из пяти измерений устойчивого производства [5]. Экономическое измерение разделено на финансовое и операционное направления. Финансовое показывает итог, то есть прибыльность и запас финансовой прочности. Операционное показывает, за счёт чего итог получен, это производительность труда, длительность оборота, потери от брака, использование оборудования. Технологическое измерение тоже разделено надвое. Технологическое направление описывает состояние производственной базы, инновационное её обновление за счёт разработок. Управленческое измерение названо стратегическим направлением.



Рис. 1. Концептуальная модель управления устойчивым развитием промышленного МСП в условиях цифровой трансформации

Источник: составлено автором

Fig. 1. Conceptual model for managing the sustainable development of an industrial SME in the context of digital transformation

Source: compiled by the author

Вместе с социальным и экологическим получается семь направлений. По каждому направлению считается субиндекс, затем интегральный индекс устойчивого развития:

$$I_k = \frac{1}{n_k} \sum_{i=1}^{n_k} x'_i \quad (1)$$

$$I_{уст} = \sum_{k=1}^7 \alpha_k I_k, \quad \sum_{k=1}^7 \alpha_k = 1 \quad (2)$$

Здесь x'_i обозначает нормированное значение i -го показателя направления k , n_k число показателей направления, по которым есть данные, α_k вес направления, найденный методом анализа иерархий.

Показатели нормируются по границам уровней. Для каждого показателя заранее заданы две границы. Граница *a* отделяет низкий уровень от среднего, граница *b* отделяет средний уровень от высокого. Значению *a* ставится в соответствие 1/3, значению *b* 2/3. Шкала достраивается двумя крайними точками, $x_0 = a - (b - a)$ получает 0, $x_1 = b + (b - a)$ получает 1, между точками значение меняется линейно. У такого нормирования есть удобное свойство. Если все показатели стоят на границе *a*, то и субиндексы, и индекс равны 1/3 при любых весах. Значит, уровни индекса (ниже 1/3 низкий, от 1/3 до 2/3 средний, от 2/3 высокий) следуют из границ самих показателей и отдельно не назначаются. Выборка предприятий для такого нормирования не нужна.

Второй набор описывает цифровую зрелость по восьми компонентам. Это инфраструктура и данные (Ц1), разработка продукции (Ц2), производство и качество (Ц3), ресурсы и экология (Ц4), управление и финансы (Ц5), персонал и охрана труда (Ц6), сбыт, закупки и документооборот (Ц7), интеграция информационных систем (Ц8). Процессы разделены на группы намеренно. Цифровой документооборот и цифровой учёт энергии дают устойчивому развитию разный результат, и модель должна это различать. По каждому компоненту в анкете три утверждения. Ответ «да» даёт 1 балл, «частично» 0,5 балла, «нет» 0. Зрелость компонента Z_j равна среднему баллу, общая цифровая зрелость равна среднему по компонентам:

$$I_{\text{ц}} = \frac{1}{8} \sum_{j=1}^8 Z_j \quad (3)$$

Отдельно нужно сказать о главном правиле первого блока. Цифровые показатели в индекс $I_{\text{уст}}$ не входят. Если включить их туда, цифровая зрелость будет учтена дважды, один раз в индексе устойчивости и второй раз в собственной оценке. Две оценки тогда перестанут быть независимыми, и сравнивать их будет бессмысленно.

Второй блок, это матрица сопряжения, центральный элемент модели. В её строках стоят семь направлений устойчивого развития, в столбцах восемь компонентов цифровой зрелости, всего 56 клеток. Эксперты отвечают для каждой клетки на один вопрос: насколько повышение зрелости компонента *j* помогает улучшить результаты предприятия по направлению *k*. Шкала взята из практики структурирования функции качества. Оценка 0 означает, что связи нет, 1 слабую связь, 3 умеренную, 9 сильную. Оценки экспертов усредняются, и среднее делится на 9:

$$\rho_{kj} = \frac{s_{kj}}{9} \quad (4)$$

Здесь s_{kj} обозначает среднюю оценку экспертов, ρ_{kj} силу связи в пределах от 0 до 1. Согласованность экспертов проверяется коэффициентом конкордации Кендалла [25]. Веса направлений находятся методом анализа иерархий [24], анкета с отношением согласованности выше 0,10 возвращается эксперту на уточнение.

Из матрицы выводятся четыре показателя. Первый из них, это цифровая обеспеченность направления:

$$D_k = \frac{\sum_{j=1}^8 \rho_{kj} Z_j}{\sum_{j=1}^8 \rho_{kj}} \quad (5)$$

По сути, D_k есть средняя зрелость тех компонентов, от которых направление зависит, взятых с силой связи. По ней видно, есть ли у предприятия цифровая опора именно для этого направления. Второй показатель, значимость компонента для устойчивого развития:

$$\theta_j = \frac{\sum_{k=1}^7 \alpha_k \rho_{kj}}{\sum_{j=1}^8 \sum_{k=1}^7 \alpha_k \rho_{kj}} \quad (6)$$

Компонент значим, если он сильно связан с направлениями, у которых большой вес. Сумма θ_j по всем компонентам равна единице. Третий показатель, это коэффициент цифровой конверсии устойчивости $K_{цку}$, вместе с ним считается разрыв конверсии $\Delta_{ц}$:

$$K_{цку} = \sum_{j=1}^8 \theta_j Z_j, \quad \Delta_{ц} = I_{ц} - K_{цку} \quad (7)$$

Общая зрелость $I_{ц}$ считает все компоненты одинаковыми. Коэффициент $K_{цку}$ берёт их с весами θ_j , то есть показывает ту часть цифровой зрелости, которая работает на устойчивое развитие. Положительный разрыв означает, что предприятие развивает цифровизацию там, где она мало влияет на устойчивость. Четвёртый показатель, приоритет развития компонента:

$$P_j = (1 - Z_j) \sum_{k=1}^7 \alpha_k (1 - I_k) \rho_{kj} \quad (8)$$

В приоритете соединены запас роста самого компонента $(1 - Z_j)$ и отставание направлений от высшего уровня $(1 - I_k)$, взятое с весом

направления и силой связи. Высокий приоритет компонент получает тогда, когда он сам развит слабо и связан с направлениями, где предприятие отстаёт.

Третий и четвёртый блоки, это два контура управления. Контур управления устойчивым развитием ставит цели по направлениям, планирует мероприятия и контролирует результат. Контур управления цифровой трансформацией формирует портфель цифровых инициатив, ведёт проекты и следит за их сроками и бюджетом. Двухконтурная схема сама по себе известна. Отличие модели в том, как контуры связаны (рис. 1). Из контура устойчивого развития в матрицу передаются веса направлений и отставание по ним. Из матрицы в контур цифровой трансформации приходят приоритеты P_j , по ним инициативы ставятся в очередь. В обратную сторону контур цифровой трансформации передаёт достигнутую зрелость компонентов Z_j . Через матрицу она превращается в цифровую обеспеченность направлений D_k , а от неё зависят сроки целей в контуре устойчивого развития.

Правило постановки целей в модели такое. Цели ставятся по направлениям ступенями. Целью служит ближайшая граница следующего уровня, то есть $1/3$ или $2/3$. Срок на одну ступень зависит от цифровой обеспеченности направления. При D_k не ниже $2/3$ на ступень отводится один плановый период, при D_k от $1/3$ до $2/3$ два периода, при D_k ниже $1/3$ три периода. Смысл правила в следующем. Если цифровой опоры у направления нет, её сначала нужно создать. Отдача от цифровых вложений к тому же приходит с запаздыванием, потому что им нужны дополнительные нематериальные вложения, обучение людей и перестройка процессов [27]. Социально-экологические результаты цифровизации, как показано в [15], проявляются позже экономических. Правило предлагается как плановая норма, число периодов на ступень следует уточнять по фактическим данным предприятий.

Пятый блок, это мониторинг. Контуры проверяются отдельно, а их результаты затем сопоставляются. Проверка первого контура отвечает на вопрос, идут ли цифровые проекты по плану по срокам и бюджету. Проверка второго отвечает на вопрос, достигнуты ли целевые значения субиндексов тех направлений, на которые проекты рассчитаны. Сочетаний получается четыре. Если проекты идут по плану и результат есть, режим штатный. Если проекты выполнены, а показатели не выросли, это случай «нет отдачи». Тогда пересчитываются приоритеты P_j , уточняются оценки связей в матрице и ищутся нецифровые ограничения, например кадры или спрос. Если результат достигнут при отстающих проектах, проверяется, нужны ли эти проекты в прежнем объёме. Если нет ни выполнения проектов, ни результата, принимаются меры по самим проектам и сдвигается срок цели. Когда расчёт выполнен за несколько лет, считается фактическая конверсия:

$$\kappa = \frac{\Delta I_{\text{уст}}}{\Delta K_{\text{цкк}}} \quad (9)$$

Она показывает, сколько пунктов индекса устойчивого развития предприятие получило на один пункт прироста значимой цифровой зрелости. На κ влияют и внешние причины, например цены и спрос, поэтому её нужно читать как сигнал для разбора. Точной оценкой эффекта она не является.

Шестой блок фиксирует результаты. Главным результатом считается достижение целевых уровней по направлениям. Попутно должен расти коэффициент $K_{\text{цкк}}$, а разрыв конверсии сокращаться. Данные следующего периода снова поступают в первый блок, и цикл замыкается (штриховая линия на рис. 1).

Для краткости взяты три направления, финансовое (Ф), операционное (О) и экологическое (Эк), и четыре компонента цифровой зрелости, Ц3, Ц4, Ц5 и Ц7. Исходные данные и результаты приведены в таблице 1. Все значения заданы автором для иллюстрации, опросом экспертов и данными предприятия они не являются. Структура примера выбрана похожей на ту, что видна в статистике [1]. Компонент сбыта и документооборота развит хорошо, производственный компонент и учёт ресурсов развиты слабо.

Таблица 1

Пример расчёта показателей матрицы сопряжения

Table 1

Example of calculating the coupling matrix indicators

Направление	α_k	I_k	Ц3	Ц4	Ц5	Ц7	D_k
Финансовое (Ф)	0,40	0,55	3	1	9	3	0,469
Операционное (О)	0,35	0,40	9	3	3	3	0,306
Экологическое (Эк)	0,25	0,20	3	9	1	0	0,077
Зрелость Z_j			0,17	0,00	0,50	0,83	
Значимость θ_j			0,320	0,232	0,307	0,141	
Приоритет P_j			0,281	0,290	0,136	0,022	

Примечание: в столбцах Ц3–Ц7 для направлений приведены оценки связи s_{kj} по шкале 0, 1, 3, 9, сила связи $r_{kj} = s_{kj}/9$. Компоненты: Ц3 (производство и качество), Ц4 (ресурсы и экология), Ц5 (управление и финансы), Ц7 (сбыт, закупки и документооборот).

Источник: составлено и рассчитано автором

Source: compiled and calculated by the author

Расчёт по формулам (2)–(8) даёт следующее. Интегральный индекс устойчивого развития $I_{\text{уст}} = 0,40 \cdot 0,55 + 0,35 \cdot 0,40 + 0,25 \cdot 0,20 = 0,41$, это средний уровень. Общая цифровая зрелость по четырём компонентам $I_{\text{ц}} = 0,375$, тоже средний уровень. Коэффициент цифровой конверсии устойчивости равен 0,324, то есть лежит ниже границы $1/3$, и по нему цифровая зрелость предприятия низкая. Разрыв конверсии $\Delta_{\text{ц}} = 0,051$.



Получается, что, по общей оценке цифровая опора у предприятия есть, а по тем компонентам, от которых зависит его устойчивость, её почти нет.

Цифровая обеспеченность сильно различается по направлениям (табл. 1). У финансового направления она равна 0,469, это средний уровень, у операционного 0,306, у экологического всего 0,077. По правилу постановки целей финансовое направление с субиндексом 0,55 получает цель 2/3 и срок два периода. Операционное направление (0,40) получает ту же цель, но срок три периода. Экологическое (0,20) получает цель 1/3 и тоже три периода. Приоритеты компонентов распределились так: Ц4 (0,290), Ц3 (0,281), Ц5 (0,136), Ц7 (0,022). Первые два почти равны, и выбор между ними можно сделать по стоимости проектов. Компонент Ц7 развит лучше всех ($Z = 0,83$), дальнейшие вложения в него для устойчивости почти ничего не дают. Если бы предприятие выбирало проекты по общей зрелости или по готовым решениям рынка, оно, скорее всего, продолжило бы развивать сбыт и документооборот. Модель показывает, что начинать нужно с учёта ресурсов и цифровизации производства. Сравнение модели с известными подходами приведено в таблице 2.

Таблица 2

Сравнение предлагаемой модели с известными подходами

Table 2

Comparison of the proposed model with existing approaches

Подход	Как учитывается цифровая зрелость	Что получает руководитель
Сводный индекс устойчивого развития [4, 7]	Не учитывается	Уровень устойчивости по направлениям и в целом
Модели цифровой зрелости и её разрывов [10–13]	Оценивается как самостоятельная величина, результат для устойчивости не оценивается	Уровень зрелости и разрыв до целевого уровня
Объединённые модели зрелости и индексы готовности [19–21]	Входит в общую шкалу или индекс вместе с показателями устойчивости	Общий уровень без разделения вклада
Двухосевая матрица [22]	Отдельная ось, связь с устойчивостью только через положение предприятия	Тип предприятия (квадрант матрицы)
Предлагаемая модель	Оценивается отдельно и связана с направлениями матрицей сопряжения p_{kj}	Цифровая обеспеченность направлений D_k , очередность инициатив P_j , сроки целей

Источник: составлено автором по данным [4; 7; 10–13; 19–22]

Source: compiled by the author based on [4; 7; 10–13; 19–22]

Из таблицы 2 видно, чем модель отличается от известных подходов. Измерения в ней не смешиваются, как в объединённых моделях, и не остаются только осями координат, как в двухосевой матрице. Между ними стоит матрица сопряжения, и через неё решение одного контура становится входом для другого. Для МСП это существенно. Денег обычно хватает на один или



два цифровых проекта одновременно, поэтому порядок проектов важнее их общего числа.

У модели есть ограничения. Веса направлений и сила связей получены экспертным путём, при другом составе экспертов они могут измениться. Поэтому согласованность оценок нужно проверять, а сами оценки пересматривать при существенных изменениях в работе предприятия. Самооценка цифровой зрелости по утверждениям грубее полного аудита, зато она посильна для малого предприятия. Фактическую конверсию к можно посчитать только за несколько лет. Правило сроков пока остаётся плановой нормой и требует проверки на данных предприятий.

Заключение

В процессе исследования автором разработана концептуальная модель управления устойчивым развитием промышленных МСП в условиях цифровой трансформации. Модель состоит из шести блоков. Это диагностика, матрица сопряжения, контур управления устойчивым развитием, контур управления цифровой трансформацией, мониторинг и результаты.

Научная новизна модели состоит в способе связи двух контуров управления. Связь задана матрицей сопряжения семи направлений устойчивого развития и восьми компонентов цифровой зрелости. По ней рассчитываются цифровая обеспеченность направлений, коэффициент цифровой конверсии устойчивости, разрыв конверсии и приоритеты компонентов. Это позволяет выводить состав и очерёдность цифровых инициатив из отставания предприятия по направлениям и ставить сроки целей с учётом цифровой обеспеченности каждого направления. Устойчивое развитие и цифровая зрелость оцениваются раздельно, поэтому двойного учёта цифровых показателей в модели нет.

Пример показал, что предприятие со средней общей цифровой зрелостью (0,375) может иметь низкую зрелость в значимых для устойчивости компонентах ($K_{цк\text{у}} = 0,324$). В таком случае первыми в очереди модель ставит проекты учёта ресурсов и цифровизации производства. Дальнейшее развитие сбыта уходит в конец очереди. Практическая значимость в том, что руководитель промышленного МСП получает обоснованный порядок цифровых вложений и реалистичные сроки целей устойчивого развития. Перспективы исследования связаны с экспертной оценкой матрицы сопряжения для промышленных МСП и с апробацией модели на данных предприятий за несколько лет. Это позволит проверить правило сроков и оценить фактическую конверсию.

Литература

1. Малое и среднее предпринимательство в России. 2024: стат. сб. / Росстат. М., 2024. 97 с.
2. OECD. The Digital Transformation of SMEs. OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship. Paris: OECD Publishing, 2021. <https://doi.org/10.1787/bdb9256a-en>.
3. Elkington J. Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business // Environmental Quality Management. 1998. Vol. 8. № 1. P. 37–51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>.
4. Krajnc D., Glavič P. A model for integrated assessment of sustainable development // Resources, Conservation and Recycling. 2005. Vol. 43. № 2. P. 189–208. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.06.002>.
5. Joung C.B., Carrell J., Sarkar P., Feng S.C. Categorization of indicators for sustainable manufacturing // Ecological Indicators. 2013. Vol. 24. P. 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.030>.
6. Trianni A., Cagno E., Neri A., Howard M. Measuring industrial sustainability performance: Empirical evidence from Italian and German manufacturing small and medium enterprises // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 229. P. 1355–1376. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.076>.
7. Cagno E., Neri A., Howard M., Brenna G., Trianni A. Industrial sustainability performance measurement systems: A novel framework // Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 230. P. 1354–1375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.021>.
8. Качалов Р.М., Слепцова Ю.А. Концептуальная модель процесса управления устойчивым развитием предприятия // Journal of Economic Regulation (Вопросы регулирования экономики). 2021. Т. 12. № 2. С. 68–84. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.2.068-084>.
9. Vial G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda // The Journal of Strategic Information Systems. 2019. Vol. 28. № 2. P. 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>.
10. Mittal S., Khan M.A., Romero D., Wuest T. A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs) // Journal of Manufacturing Systems. 2018. Vol. 49. P. 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>.
11. Бабкин А.В., Шкарупета Е.В., Гилева Т.А., Положенцева Ю.С., Чэнь Л. Методика оценки разрывов цифровой зрелости промышленных предприятий // МИР (Модернизация. Инновации. Развитие). 2022. Т. 13. № 3. С. 443–458. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458>.
12. Краковская И.Н., Корокошко Ю.В., Слушкина Ю.Ю. Цифровая зрелость промышленных предприятий: опыт оценки // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2024. Т. 40. № 3. С. 433–459. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2024.305>.



13. Абрамов В.И., Борзов А.В., Семенов К.Ю. Оценка готовности малых и средних предприятий к цифровой трансформации // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12. № 3. С. 1573–1596. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.115000>.
14. Термелева А.Е. Механизм воздействия цифровизации на инновационное развитие региональной промышленности // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2025. Т. 16. № 4. С. 143–153. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-4-143-153>.
15. Ghobakhloo M. Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 252. Art. 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>.
16. Isensee C., Teuteberg F., GRIESE K.-M., Topi C. The relationship between organizational culture, sustainability, and digitalization in SMEs: A systematic review // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 275. Art. 122944. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122944>.
17. Мясков А.В., Елисеева Е.Н. Устойчивое развитие отечественных промышленных предприятий как фактор эффективности цифровых преобразований // Экономические системы. 2024. Т. 17. № 4. С. 12–27. <https://doi.org/10.29030/2309-2076-2024-17-4-12-27>.
18. Курносова О.А., Тимашкова О.А. Концептуальная модель управления бизнес-процессами промышленных предприятий в условиях цифровой трансформации // Теория и практика общественного развития. 2024. № 10. С. 145–155. <https://doi.org/10.24158/tipor.2024.10.18>.
19. Пэн Юэ, Силкина Г.Ю., Ливинцова М.Г. Методика оценки готовности организации к устойчивому развитию в условиях цифровой трансформации // Прикладные экономические исследования. 2026. № 8. С. 220–230. <https://doi.org/10.47576/2949-1908.2026.8.8.027>.
20. Fortier J., Gamache S., Fonrouge C. Integrating Sustainable Performance into the Digital Maturity Models for SMEs in Manufacturing // Applied Sciences. 2025. Vol. 15. № 7. Art. 4041. <https://doi.org/10.3390/app15074041>.
21. Tiron-Tudor A., Deliu D. The Sustainability Performance of SMEs in Industry 5.0: A Proposal for a Synergetic Digital Sustainable Development Maturity Model (SDSDMM) // Eastern European Economics. 2025. Vol. 63. № 5. P. 739–783. <https://doi.org/10.1080/00128775.2024.2442306>.
22. Pohursky S., Teuteberg F. Entwicklung im Doppeltakt: Integrierte Reifegradbewertung digitaler und nachhaltiger Transformation mit der Twin-Transformation-Matrix // HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik. 2026. Vol. 63. № 1. P. 80–101. <https://doi.org/10.1365/s40702-025-01236-x>.
23. Hauser J.R., Clausing D. The House of Quality // Harvard Business Review. 1988. Vol. 66. № 3. P. 63–73.

24. Saaty T.L. Decision making with the analytic hierarchy process // International Journal of Services Sciences. 2008. Vol. 1. № 1. P. 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>.

25. Kendall M.G., Babington Smith B. The Problem of m Rankings // The Annals of Mathematical Statistics. 1939. Vol. 10. № 3. P. 275–287. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177732186>.

26. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., Hoffmann A., Giovannini E. Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide. Paris: OECD Publishing, 2008. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>.

27. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. The Productivity J-Curve: How Intangibles Complement General Purpose Technologies // American Economic Journal: Macroeconomics. 2021. Vol. 13. № 1. P. 333–372. <https://doi.org/10.1257/mac.20180386>.

References

1. Maloe i srednee predprinimatel'stvo v Rossii. 2024: statisticheskii sbornik [Small and Medium Entrepreneurship in Russia. 2024: Statistical Collection]. (2024). Moscow: Rosstat. 97 p. (In Russ.)

2. OECD (2021). The Digital Transformation of SMEs. OECD Studies on SMEs and Entrepreneurship. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/bdb9256a-en>. (In Eng.)

3. Elkington J. (1998). Partnerships from cannibals with forks: The triple bottom line of 21st-century business. Environmental Quality Management, 8(1), 37–51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>. (In Eng.)

4. Krajnc D., Glavič P. (2005). A model for integrated assessment of sustainable development. Resources, Conservation and Recycling, 43(2), 189–208. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2004.06.002>. (In Eng.)

5. Joung C.B., Carrell J., Sarkar P., Feng S.C. (2013). Categorization of indicators for sustainable manufacturing. Ecological Indicators, 24, 148–157. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.05.030>. (In Eng.)

6. Trianni A., Cagno E., Neri A., Howard M. (2019). Measuring industrial sustainability performance: Empirical evidence from Italian and German manufacturing small and medium enterprises. Journal of Cleaner Production, 229, 1355–1376. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.076>. (In Eng.)

7. Cagno E., Neri A., Howard M., Brenna G., Trianni A. (2019). Industrial sustainability performance measurement systems: A novel framework. Journal of Cleaner Production, 230, 1354–1375. (In Eng.)

8. Kachalov R.M., Sleptsova Yu.A. (2021). Kontseptual'naya model' protsessa upravleniya ustoichivym razvitiem predpriyatiya [Conceptual model of the enterprise sustainable development management process]. Journal of Economic Regulation [Voprosy regulirovaniya ekonomiki], 12(2), 68–84. <https://doi.org/10.17835/2078-5429.2021.12.2.068-084>. (In Russ., abstract in Eng.)



9. Vial G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems*, 28(2), 118–144. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>. (In Eng.)
10. Mittal S., Khan M.A., Romero D., Wuest T. (2018). A critical review of smart manufacturing & Industry 4.0 maturity models: Implications for small and medium-sized enterprises (SMEs). *Journal of Manufacturing Systems*, 49, 194–214. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.10.005>. (In Eng.)
11. Babkin A.V., Shkarupeta E.V., Gileva T.A., Polozhentseva Yu.S., Chen L. (2022). Metodika otsenki razryvov tsifrovoi zrelosti promyshlennykh predpriyatiy [Methodology for assessing digital maturity gaps in industrial enterprises]. *MIR (Modernizatsiya. Innovatsii. Razvitie) [MIR (Modernization. Innovation. Research)]*, 13(3), 443–458. <https://doi.org/10.18184/2079-4665.2022.13.3.443-458>. (In Russ., abstract in Eng.)
12. Krakovskaya I.N., Korokoshko Yu.V., Slushkina Yu.Yu. (2024). Tsifrovaya zrelost' promyshlennykh predpriyatiy: opyt otsenki [Digital maturity of industrial enterprises: Assessment experience]. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika [St Petersburg University Journal of Economic Studies]*, 40(3), 433–459. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Abramov V.I., Borzov A.V., Semenov K.Yu. (2022). Otsenka gotovnosti malykh i srednykh predpriyatiy k tsifrovoi transformatsii [Assessing the readiness of small and medium-sized enterprises for digital transformation]. *Voprosy innovatsionnoi ekonomiki [Russian Journal of Innovation Economics]*, 12(3), 1573–1596. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.3.115000>. (In Russ., abstract in Eng.)
14. Termeleva A.E. (2025). Mekhanizm vozdetsviya tsifrovizatsii na innovatsionnoe razvitie regional'noi promyshlennosti [Mechanism of the impact of digitalization on the innovative development of regional industry]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie [Vestnik of Samara University. Economics and Management]*, 16(4), 143–153. <https://doi.org/10.18287/2542-0461-2025-16-4-143-153>. (In Russ., abstract in Eng.)
15. Ghobakhloo M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>. (In Eng.)
16. Isensee C., Teuteberg F., Griesse K.-M., Topi C. (2020). The relationship between organizational culture, sustainability, and digitalization in SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122944. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122944>. (In Eng.)
17. Myaskov A.V., Eliseeva E.N. (2024). Ustoichivoe razvitie otechestvennykh promyshlennykh predpriyatiy kak faktor effektivnosti tsifrovyykh preobrazovaniy [Sustainable development of domestic industrial enterprises as a factor in the effectiveness of digital transformations]. *Ekonomicheskie sistemy [Economic Systems]*, 17(4), 12–27. (In Russ., abstract in Eng.)

18. Kurnosova O.A., Timashkova O.A. (2024). Kontseptual'naya model' upravleniya biznes-protsessami promyshlennykh predpriyatii v usloviyakh tsifrovoi transformatsii [Conceptual model of business process management in industrial enterprises under digital transformation]. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and Practice of Social Development], 10, 145–155. <https://doi.org/10.24158/tipor.2024.10.18>. (In Russ., abstract in Eng.)
19. Pen Yue, Silkina G.Yu., Livintsova M.G. (2026). Metodika otsenki gotovnosti organizatsii k ustoichivomu razvitiyu v usloviyakh tsifrovoi transformatsii [Methodology for assessing organizational readiness for sustainable development under digital transformation]. *Prikladnye ekonomicheskie issledovaniya* [Applied Economic Research], 8, 220–230. <https://doi.org/10.47576/2949-1908.2026.8.8.027>. (In Russ., abstract in Eng.)
20. Fortier J., Gamache S., Fonrouge C. (2025). Integrating sustainable performance into the digital maturity models for SMEs in manufacturing. *Applied Sciences*, 15(7), 4041. <https://doi.org/10.3390/app15074041>. (In Eng.)
21. Tiron-Tudor A., Deliu D. (2025). The sustainability performance of SMEs in Industry 5.0: A proposal for a synergetic digital sustainable development maturity model (SDSDMM). *Eastern European Economics*, 63(5), 739–783. <https://doi.org/10.1080/00128775.2024.2442306>. (In Eng.)
22. Pohurskyy S., Teuteberg F. (2026). Entwicklung im Doppeltakt: Integrierte Reifegradbewertung digitaler und nachhaltiger Transformation mit der Twin-Transformation-Matrix. *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik*, 63(1), 80–101. <https://doi.org/10.1365/s40702-025-01236-x>. (In Germ.)
23. Hauser J.R., Clausing D. (1988). The house of quality. *Harvard Business Review*, 66(3), 63–73. (In Eng.)
24. Saaty T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>. (In Eng.)
25. Kendall M.G., Babington Smith B. (1939). The problem of m rankings. *The Annals of Mathematical Statistics*, 10(3), 275–287. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177732186>. (In Eng.)
26. Nardo M., Saisana M., Saltelli A., Tarantola S., Hoffmann A., Giovannini E. (2008). *Handbook on Constructing Composite Indicators: Methodology and User Guide*. Paris: OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264043466-en>. (In Eng.)
27. Brynjolfsson E., Rock D., Syverson C. (2021). The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies. *American Economic Journal: Macroeconomics*, 13(1), 333–372. <https://doi.org/10.1257/mac.20180386>. (In Eng.)

© Смелов А.Ю., 2026



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.