

УДК 330.43

**Д. Г. Родионов**

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
Санкт-Петербург, e-mail: drodionov@spbstu.ru

**Н. Д. Дмитриев**

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,  
Санкт-Петербург, e-mail: ndmitriev1488@gmail.com

**Л. Э. Дубаневич**

НОЧУ ВО «Московский экономический институт», Москва,  
e-mail: ldubanevich@mail.ru

## ПОСТРОЕНИЕ ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, эконометрика, экономико-математическое моделирование, эконометрическая модель, прогнозирование устойчивости, промышленное предприятие.

Обеспечение устойчивого развития хозяйственной деятельности является актуальным направлением в экономической науке и бизнес-среде. Особенно высокая значимость поддержания стратегической устойчивости наблюдается в последнее время в связи с усиленным влиянием глобальных экстерналий, к которым можно отнести пандемию COVID-19, экологические катастрофы, макроэкономические дисбалансы, перенаселение и так далее. В таком контексте вызывает интерес поиск и изучение способов рационализации и стратегического поддержания устойчивого развития на всех уровнях управления. Одним из эффективных способов выявления ключевых факторов «влияния» на устойчивое положение предприятия является построение экономико-математических моделей, в частности путем использования эконометрического аппарата. В данной статье предлагается построить эконометрическую модель устойчивого развития на уровне предприятия, учитывая его участие в промышленном производстве. Для этого предлагается использовать методический аппарат, основанный на инструментарии стресс-тестирования, регрессионном анализе и экспертном моделировании. Ключевым ограничением данного подхода является классическая проблема неполноты информации. На основе полученных данных появляется возможность сформировать новые формы моделирования качественных зависимостей между показателем устойчивого развития и другими факторами, подконтрольными предприятию. В рамках исследования была также проведена упрощенная апробация данной модели на промышленном предприятии, что позволяет сделать справедливый вывод о жизнеспособности предложенного подхода.

**D. G. Rodionov**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg,  
e-mail: drodionov@spbstu.ru

**N. D. Dmitriev**

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg,  
e-mail: ndmitriev1488@gmail.com

**L. E. Dubanevich**

Moscow Institute of Economics, Moscow, e-mail: ldubanevich@mail.ru

## THE ECONOMETRIC MODEL CONSTRUCTION OF INDUSTRIAL ENTERPRISE SUSTAINABLE DEVELOPMENT

**Keywords:** sustainable development, econometrics, economic and mathematical modeling, econometric model, sustainability forecasting, industrial enterprise.

Ensuring the sustainable development of economic activity is an urgent area in economic science and the business environment. The importance of maintaining strategic sustainability has been particularly high recently due to the increased impact of global externalities, such as the COVID-19 pandemic, environmental disasters, macroeconomic imbalances, overpopulation, and so on. In this context, it is interesting to find and study ways to rationalize and strategically maintain sustainable development at all levels of government. One of the most effective ways to identify the key factors of “influence” on the sustainable position of the enterprise is the construction of economic and mathematical models, in particular by using the econometric

apparatus. This article proposes to build an econometric model of sustainable development at the enterprise level, taking into account its participation in industrial production. For this purpose, it is proposed to use a methodological apparatus based on the tools of stress testing, regression analysis and expert modeling. The key limitation of this approach is the classical problem of incomplete information. On the basis of the obtained data, it becomes possible to form new forms of modeling of qualitative dependencies between the indicator of sustainable development and other factors controlled by the enterprise. As part of the study, a simplified approbation of this model was also carried out at an industrial enterprise, which allows us to draw a fair conclusion about the viability of the proposed approach.

### Введение

Предпринимательский сектор претерпевает серьезные изменения, обусловленные ускоренным распространением глобализации и усилением макроэкономической нестабильности. Поддержание стратегической устойчивости многих предприятий находится в тесной взаимосвязи с аспектами хозяйственной деятельности и методами ведения бизнеса. На данный момент в экономической науке и бизнес-среде твердо закрепились принципы устойчивого развития, на базе которых должна строиться новая парадигма рыночных отношений. Без создания устойчивых условий функционирования невозможно повысить конкурентоспособность хозяйственной деятельности, особенно в условиях несистемных кризисов, свойственных российской экономике. В то же время высокий уровень неопределенности и недостаточная информационная оснащенность препятствуют развитию бизнес-субъектов на пути поддержания устойчивости [1-3].

Наиболее острая необходимость создания траекторий достижения устойчивого развития наблюдается в текущих условиях, что связано с усиленным влиянием глобальных экстерналий. В частности, непосредственное влияние на устойчивое развитие оказывают следующие угрозы «сегодняшнего дня»: пандемия COVID-19 поставила под угрозу экономическую безопасность многих предприятий и нанесла существенный ущерб промышленному производству; экологические катастрофы обусловили необходимость создания «чистого» и «безотходного» производства, что требует проведение новых НИОКР и увеличение сопутствующих затрат; макроэкономические дисбалансы приводят к серьезному разрыву между бедными и богатыми странами и различными социальными слоями населения, не позволяя эффективно задействовать рыночные механизмы поддержания равновесия и баланса; перенаселение планеты определяет непрерывное возрастание потребления, что приводит к истощению

невозобновляемых ресурсов, сокращению природного пространства и биологического разнообразия. Данный перечень не является исчерпывающим, однако все перечисленные аспекты оказывают непосредственное влияние на функционирование рыночной экономики [4-6]. Таким образом, подтверждается актуальность поиска способов обеспечения устойчивого развития на различных уровнях управления, а рассмотрение промышленного производства как одного из ключевых элементов народного хозяйства принимает первоочередное значение в контексте поддержания стратегической устойчивости.

В рамках исследования предлагается рассмотреть возможность обеспечения устойчивого развития промышленных предприятий на основе построения эконометрической модели. С авторской позиции, использование экономико-математического инструментария является эффективным способом рационализации и стратегического поддержания устойчивого развития. Выработанная эконометрическая модель позволяет сформировать стратегию устойчивого развития предприятия с учетом выявления производственного потенциала его структурных подразделений.

**Цель исследования** заключается в построении эконометрической модели устойчивого развития на уровне предприятия, учитывая его участие в промышленном производстве. Для этого предлагается решить следующие задачи: рассмотреть значимость построения эконометрической модели устойчивого развития предприятия; выработать инструментарий определения уровня устойчивого развития; использовать регрессионную модель для выявления и оценки зависимости ключевых показателей предприятия от функционирования его структурных единиц, где были реализованы мероприятия устойчивого развития.

### Материалы и методы исследования

Теоретической базой исследования послужили труды авторов в области устойчи-

вого развития, экономико-математического моделирования, инновационных преобразований и экономики промышленности. Предлагается рассмотреть использование модели на примере промышленного предприятия, поскольку именно от промышленности зависит состояние всего народного хозяйства. Исследователями отмечается, что в современных условиях невозможно обеспечить конкурентоспособность без создания благоприятных условий для устойчивого развития. Методической базой исследования являются как общенаучные методы, способствующие комплексному рассмотрению и выявлению сущности устойчивого развития, так и специальные, в первую очередь эконометрическое и экспертное моделирование.

### **Построение модели и ее обсуждение**

На первом этапе предлагается построить теоретическое обоснование экономико-математического моделирования устойчивого развития на уровне предприятия и определить специфику модели, учитывая производственный аспект деятельности экономического субъекта. Создание эффективных в стратегической перспективе бизнес-моделей строится на основе активного взаимодействия между обществом, государством, предприятиями и окружающей средой, которое в комплексе имеет прямую направленность на обеспечение стабильности и защиты интересов всех участников экономических отношений. В контексте устойчивого развития предприятия ключевым элементом выступает инновационная среда. Инновационное пространство открывает ряд возможностей для формирования организационно-экономического механизма управления устойчивым развитием, рационально используя весь доступный ресурсный потенциал. На уровне предприятия инновационное пространство позволяет принимать управленческие решения об оптимизации норм использования располагаемых материально-технических ресурсов при реализации инновационных программ и мероприятий, способствующих созданию устойчивости [7; 8].

Одним из способов создания и поддержания устойчивости на уровне промышленного предприятия является производство инновационной продукции и планирование комбинированных производственных программ. В таком ключе способы повышения

эффективности деятельности предприятия следует строить на основе бизнес-плана, часть комплекса мероприятий которого в современных условиях безусловно будет соответствовать принципам устойчивого развития. Использование экономико-математического моделирования в данном контексте является классическим направлением, например, широко распространен метод линейного программирования для оптимизации производства инновационной продукции [9]. В то же время классические стратегии выстраиваются по иерархическому принципу и носят комплексный характер, тогда как устойчивое развитие должно также учитывать состояние институциональной среды, а также выделять компоненты, которые зачастую невозможно интегрировать в классическую цепочку построения стратегии. Наличие институциональных ограничений и механизмов реализации государственной и региональной политики препятствует не только инновационному преобразованию экономических систем, но и ставит под угрозу стабильность функционирования рыночных механизмов, которые требуется частично реформировать для расширенной адаптации промышленности к аспектам устойчивого развития [10-12].

Эконометрическая модель устойчивого развития промышленного предприятия позволяет рассмотреть стратегические преобразования его производственных структур в виде логических зависимостей, которые можно выразить системами уравнений. Объединенные группы уравнений позволяют выявить элементы модели в составе стратегии устойчивого развития предприятия. Преимущество полученных моделей заключается в получении подтверждающих расчетов для обеспечения функционального планирования повышения устойчивости и выявления потенциальных угроз. В классическом понимании создание и поддержание устойчивости на уровне предприятия зависит от ряда базовых компонент, которые способствуют созданию конкурентного производства: ресурсы, технологии, управление. В то же время устойчивая инновационная деятельность требует серьезных капиталовложений, что определяет введение инвестиций как одной из базовых компонент построения модели управления устойчивым развитием через активизацию инновационных процессов [8; 13; 14]. Такой аппарат выявления траекторий устойчивого развития на уровне пред-

приятия в общем виде можно представить следующим образом:

$$L_{sd} = \{R; T; I; M\}, \quad (1)$$

где  $L_{sd}$  – уровень устойчивого развития;

$R$  – ресурсный потенциал предприятия;

$T$  – технологический потенциал предприятия;

$I$  – доступность инвестиционных ресурсов;

$M$  – состояние системы управления.

В существующих методиках оценки и управления устойчивым развитием рассматриваются зависимости между экономическими, социальными и экологическими блоками показателей. При этом внутри данных блоков происходит учет множества разнонаправленных интересов, гармонизация которых будет содействовать повышению устойчивости на всех уровнях управления. Рыночно-ориентированное управление предприятием на данный момент является незавершенной системой, интеграция элементов в концептуальном аппарате которой не может совершенствоваться без учета аспектов устойчивого развития. Таким образом, устойчивое развитие предприятия складывается из системы факторов «влияния» по ряду направлений [6; 15]. В частном случае эконометрические модели должны учитывать производственные аспекты промышленности, например, наличие возможностей для глубокой диверсификации и сокращения. Для планирования функционала производственной и финансовой систем возможно использовать оптимизационные системы, например, выстроенные на основе теоретико-игровых методов. Игровые подходы позволяют выстроить систему планирования взаимосвязанных ресурсов предприятия на основе определения критериев его стратегических ориентаций и выработать конкурентный аппарат в составе потенциала устойчивости [16; 17].

Множество подходов к процессу формирования стратегии устойчивого развития предприятий отражает вариативность соотношения экономических и эколого-социальных аспектов. Методический инструментарий позволяет спрогнозировать ситуацию развития промышленного предприятия, опираясь на конкретные локальные критерии. Однако для получения достоверной методической информации требуется наличие статистических показателей реального состояния анализируемого субъекта,

что зачастую является проблемой в связи с ограниченностью и неполнотой информации [13; 18]. Перечень показателей, предлагаемых исследователями для оценки уровня устойчивого развития, может быть значителен, однако зачастую различные методики взаимно не согласованы и дублируют друг друга. В рамках построенных моделей целесообразно выделить фактический и потенциально возможный уровень устойчивого развития, что предоставит возможность произвести расчет эффективности устойчивости. Данный процесс можно выразить следующим образом:

$$E_{sd} = L_{sd \text{ (факт)}} / L_{sd \text{ (потенциал)}}, \quad (2)$$

где  $E_{sd}$  – эффективность устойчивого развития;

$L_{sd \text{ (факт)}}$  – фактический уровень устойчивого развития;

$L_{sd \text{ (потенциал)}}$  – потенциально возможный уровень устойчивого развития.

Показатель  $E_{sd}$  допустимо использовать для получения информации о результативности функционирования системы устойчивости предприятия и полноты использования широты ее потенциала. При этом критерий эффективности должен обеспечить максимальное использования потенциала устойчивости предприятия ( $E_{sd} \rightarrow \max$ ), а показатель  $L_{sd \text{ (потенциал)}}$  следует формировать с учетом поправки на коэффициент стресс-тестирования. Поправки на стресс-тест (рассмотрен в [19]) способствуют оптимизации рискованных условий на основе анализа негативных последствий и нестабильности окружающего экономического фона. Для минимизации рискованных ситуаций можно использовать методы прогнозирования наилучших сценариев, способных определить наличие барьеров устойчивости у предприятий и возможный процент сокращения производства и других показателей эффективности. Следовательно, показатель  $E_{sd}$  в результате стресс-тестирования может варьироваться в определенном диапазоне и прогнозироваться по нескольким наиболее возможным сценариям.

Авторский взгляд на устойчивое развитие схематически представлен на рисунке 1. Стоит отметить, что в процессе формирования стратегии устойчивого развития предприятия, учитывая его участие в промышленном производстве, целесообразно использовать показатели производственного блока (компоненты).

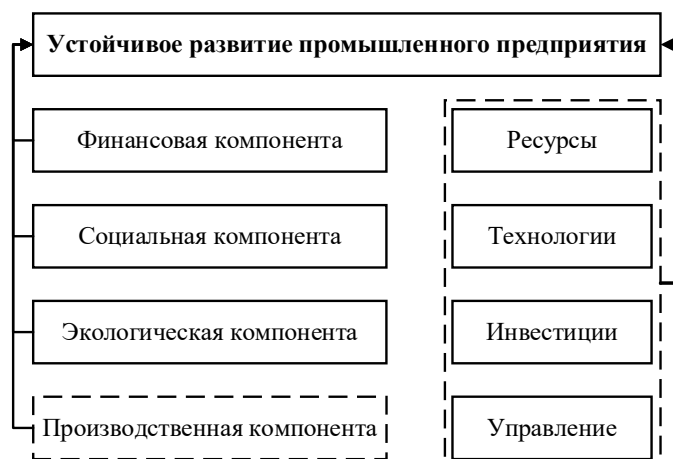


Рис. 1. Компоненты устойчивого развития промышленного предприятия

По каждой предложенной компоненте следует выполнить следующие этапы: собрать необходимый перечень данных; произвести расчет каждого показателя по выбранной методике; выделить индикаторы для их сопоставления и анализа; оценить уровень устойчивости путем определения ключевых показателей эффективности (KPI); проанализировать полученные результаты. Полученные данные предоставляют возможность сформировать комплексную агрегированную систему показателей устойчивого развития по каждой компоненте и выделить интегральную оценку [15; 20].

Высокая значимость предложенного метода подтверждается возможностью использовать системный подход в процессе отбора факторов «влияния». Схожее исследование покомпонентного использования анализа устойчивого развития было рассмотрено в статье [21], где были предложены индикаторы по трем подсистемам, совокупность которых позволяет выявить уровень устойчивого развития региона. Следует отметить, что для построения формализованных эконометрических моделей требуется выделить совокупность показателей (индикаторов) для оценки устойчивого развития промышленного предприятия:

1. Финансовая компонента ( $L_1$ ): состояние экономической безопасности; финансовая устойчивость; ликвидность; инвестиционная привлекательность; конкурентоспособность; капитализация и так далее. Данная компонента направлена на рациональное использование ресурсного потенциала предприятия.

2. Социальная компонента ( $L_2$ ): инвестиции в КСО; средняя заработная плата; кадровые коэффициенты; состояние человеческого потенциала; содействие развитию социальной сферы и так далее. Данная компонента направлена на получение максимальной отдачи от человеческих ресурсов и создание благоприятных условий труда.

3. Экологическая компонента ( $L_3$ ): объем отходов; доля перерабатываемых отходов; количество выбросов CO<sub>2</sub>; состояние экологической инфраструктуры; расходы на охрану окружающей среды и так далее. Данная компонента показывает способность предприятия к обеспечению экологического равновесия и минимизация негативного воздействия на окружающую среду.

4. Производственная компонента ( $L_4$ ): состояние основных фондов; выполнение производственной программы; зависимость от поставщиков; затраты на НИОКР; инновационный потенциал и так далее. Данная компонента является специфической для промышленного предприятия, поскольку позволяет определить функциональное состояние не только предприятия, но и его отдельных структурных элементов.

На следующем этапе необходимо рассчитать интегральный показатель по предприятию ( $L_{sd}$ ), который учитывает вес каждой компоненты ( $a_1, a_2, a_3, a_4$ ;  $a_1 + a_2 + a_3 + a_4 = 1$ ). Расчет интегрального показателя оценки уровня устойчивого развития промышленного предприятия выглядит следующим образом:

$$\Delta L_{sd} = a_1 \times L_1 + a_2 \times L_2 + a_3 \times L_3 + a_4 \times L_4, (3)$$



В результате имеется возможность получить интегральное значение уровня устойчивого развития. Значения могут быть различными, однако стоит отметить стандартизованные границы: 1) от 0,00 до 0,39 – отсутствие устойчивого развития; 2) от 0,40 до 0,79 – стандартное функционирование со средним уровнем устойчивости; 3) от 0,80 до 1,19 – допустимый уровень устойчивого развития; 4) от 1,20 до 1,60 – высокий уровень устойчивого развития; 5) свыше 1,60 – стабильный непрерывный рост устойчивости бизнеса. В зависимости от отобранных показателей и специфики хозяйственной деятельности интерпретация результатов может быть различной, однако использование полученных данных в эконометрических моделях позволяет выявить зависимость показателей предприятия от устойчивого развития, чтобы обосновать эффективность мероприятий по созданию и поддержанию устойчивости. Стоит отметить, что полученное значение может находиться в определенном диапазоне, стресстест которого позволяет выявить минимальное и максимальное значение устойчивости, а средней показатель за конкретный период позволяет получить данные об общей оценке уровня устойчивого развития анализируемого объекта.

Формирование эконометрического инструментария с помощью регрессионного анализа было рассмотрено в статье [22], где была выявлена зависимость инвестиционной привлекательности региона от различных показателей. Использование похожего инструментария в рамках авторской модели подразумевает решение классической регрессии с небольшими дополнениями в области управляемых параметров:

$$Y = a_i \times X_i + const, \quad (4)$$

где  $Y$  – результирующий показатель, отражающий эффективность деятельности промышленного предприятия;

$X$  – множество управляемых параметров, часть из которых учитывает влияние интегрального показателя устойчивого развития.

#### Апробация модели

В качестве объекта исследования для расчета устойчивого развития промышленного предприятия был взят бизнес-субъект, функционирующий на американском рынке. У данного предприятия имеется 8 фи-

лиалов ( $X1 - X8$ ), часть из которых реализует политику устойчивого развития. Для построения эконометрической модели экспертным методом была отобрана система индикаторов для оценки устойчивого развития промышленного предприятия. Используя авторский алгоритм, были получены значения интегрального показателя по подразделениям.

Предлагается провести апробацию авторского инструментария на подразделении  $X1$ . Для расчета компонент структурных единиц предприятия был рассмотрен ряд показателей, а также приведены параметры их изменения (роста; в таблице –  $\Delta$ ). При этом положительное значение роста наблюдается при  $>1,0$ ; отрицательное значение роста (упадок) наблюдается при  $<1,0$ . Данные факторы влияния позволяют получить наиболее полную информацию о функционировании анализируемого структурного подразделения, следовательно, их изменение предоставляет возможность оценить уровень устойчивости. В таблице 1 представлены полученные результаты изменения показателей по каждой компоненте подразделения  $X1$ .

Аналогичный расчет был проведен по каждому структурному подразделению предприятия. В результате получены следующие средние значения  $\Delta L_{sd}$  за анализируемый период:  $X1 - 1,05$ ;  $X2 - 0,67$ ;  $X3 - 0,99$ ;  $X4 - 0,91$ ;  $X5 - 0,71$ ;  $X6 - 1,31$ ;  $X7 - 1,39$ ;  $X8 - 0,82$ . Полученные значения свидетельствуют о высоком уровне устойчивого развития  $X6$  и  $X7$ .

Для проверки значимости устойчивого развития предлагается использовать в эконометрической модели следующие данные:  $Y$  – капитализация предприятия;  $X1-X8$  – оборот подразделений в денежном выражении;  $I$  – совокупный оборот предприятия по всем подразделениям. Единицы измерения – миллион долларов США. Данные представлены в таблице 2 и на рисунке 2.

Для начала была определена зависимость капитализации от совокупного оборота всех подразделений:  $Y = -175 + 0,29894 \times I$ ;  $T = 17$ ;  $R\text{-квадрат} = 0,928921$ ; Исправленный  $R\text{-квадрат} = 0,924182$ ;  $P\text{-значение} < 0,00001$ . Таким образом, можно выявить наличие зависимости капитализации от объемов оборота, что подтверждает значимость изучения оборота в контексте повышения капитализации предприятия.

Таблица 1

Показатели структурного подразделения X1 для расчета уровня устойчивого развития

<b>Финансовая компонента</b>	<b>k</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Δ стоимости	0,35	0,75	1,06	1,27	0,93	0,83	0,91	1,57	0,83
Δ ликвидности	0,15	0,95	1,13	1,02	0,81	0,97	1,08	0,82	1,37
Δ оценки инвестиционной привлекательности	0,20	1,67	0,65	1,67	0,55	0,92	1,45	1,06	1,51
Δ финансовой устойчивости	0,30	0,87	0,83	0,71	1,25	1,66	0,63	0,69	1,07
$L_1$	-	1,00	0,92	1,14	0,93	1,12	0,96	1,09	1,12
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Δ стоимости		1,35	0,96	1,41	1,07	1,16	1,46	0,97	0,67
Δ ликвидности		0,83	1,18	1,56	1,47	0,80	1,70	0,84	0,70
Δ оценки инвестиционной привлекательности		0,77	1,26	1,08	0,90	1,64	0,97	1,19	0,98
Δ финансовой устойчивости		1,42	0,56	1,75	0,61	2,14	0,79	0,48	1,55
$L_1$		1,18	0,93	1,47	0,96	1,50	1,20	0,85	1,00
<b>Социальная компонента</b>	<b>k</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Δ инвестиций в КСО	0,30	0,55	1,14	1,70	0,59	1,35	1,01	1,11	0,60
Δ средней заработной платы	0,30	1,04	0,92	1,05	0,97	0,95	1,00	0,96	1,15
Δ коэффициента текучести кадров	0,20	1,01	1,06	1,04	0,88	0,85	1,23	1,07	0,99
Δ эффективности использования человеческого капитала	0,20	0,88	1,19	1,10	0,72	1,29	0,83	1,26	0,99
$L_2$	-	0,85	1,07	1,25	0,79	1,12	1,01	1,09	0,92
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Δ инвестиций в КСО		1,44	1,29	1,04	0,84	1,35	0,82	1,11	1,02
Δ средней заработной платы		0,90	1,08	0,98	1,02	0,97	0,91	1,05	1,05
Δ коэффициента текучести кадров		0,84	0,87	1,16	1,07	1,10	0,79	1,23	1,06
Δ эффективности использования человеческого капитала		1,05	1,01	1,03	0,80	0,98	1,22	1,13	0,86
$L_2$		1,08	1,09	1,04	0,93	1,11	0,92	1,12	1,00
<b>Экологическая компонента</b>	<b>k</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Δ зеленых инвестиций	0,35	0,63	0,99	2,25	0,58	1,65	0,58	1,09	0,82
Δ сокращения выбросов CO2	0,15	1,22	1,15	0,82	0,85	0,91	1,26	0,85	1,28
Δ объемов переработки отходов	0,20	0,86	0,98	0,92	0,94	1,03	0,81	0,88	1,15
Δ объемов сокращения отходов	0,30	1,07	1,05	1,06	1,00	1,12	1,16	1,02	1,01
$L_3$	-	0,89	1,03	1,42	0,82	1,26	0,90	0,99	1,01
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Δ зеленых инвестиций		1,13	1,97	0,88	0,60	2,30	0,68	0,80	0,98
Δ сокращения выбросов CO2		1,25	1,24	1,01	0,98	1,03	1,16	0,98	1,05
Δ объемов переработки отходов		0,94	1,23	1,17	0,91	0,92	1,23	1,24	1,16
Δ объемов сокращения отходов		1,25	0,95	1,17	0,87	0,81	0,94	0,94	1,15
$L_3$		1,15	1,41	1,05	0,80	1,39	0,94	0,96	1,08
<b>Производственная компонента</b>	<b>k</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Δ выполнения плановых показателей	0,35	1,11	0,91	1,09	0,91	1,02	0,92	1,00	0,99
Δ инвестиций в НИОКР	0,30	1,29	1,32	1,86	0,76	1,41	0,68	0,96	0,78
Δ инновационного потенциала	0,20	1,09	0,99	1,02	0,94	0,95	1,02	1,07	1,01
Δ модернизации основных фондов	0,15	1,31	0,98	1,08	1,00	0,85	0,90	1,06	1,20
$L_4$	-	1,19	1,06	1,30	0,89	1,10	0,86	1,01	0,96

Окончание табл. 1

		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Δ выполнения плановых показателей		1,12	0,88	1,06	1,03	1,07	0,97	1,03	1,01
Δ инвестиций в НИОКР		1,01	1,54	0,98	1,03	0,96	1,19	0,95	0,79
Δ инновационного потенциала		0,99	1,03	0,9	0,98	1,02	1,11	0,98	0,96
Δ модернизации основных фондов		0,88	1,16	0,98	1,02	0,95	0,85	0,91	1,22
$L_4$		1,02	1,15	0,99	1,02	1,01	1,05	0,98	0,97
<b>Интегральный показатель уровня устойчивого развития предприятия</b>	<b>a</b>	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
$L_1$	0,278	1,00	0,92	1,14	0,93	1,12	0,96	1,09	1,12
$L_2$	0,177	0,85	1,07	1,25	0,79	1,12	1,01	1,09	0,92
$L_3$	0,232	0,89	1,03	1,42	0,82	1,26	0,90	0,99	1,01
$L_4$	0,313	1,19	1,06	1,30	0,89	1,10	0,86	1,01	0,96
$L_{sd}$	-	1,01	1,02	1,28	0,87	1,14	0,93	1,04	1,01
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
$L_1$		1,18	0,93	1,47	0,96	1,50	1,20	0,85	1,00
$L_2$		1,08	1,09	1,04	0,93	1,11	0,92	1,12	1,00
$L_3$		1,15	1,41	1,05	0,80	1,39	0,94	0,96	1,08
$L_4$		1,02	1,15	0,99	1,02	1,01	1,05	0,98	0,97
$L_{sd}$		1,11	1,14	1,15	0,94	1,25	1,04	0,96	1,01

Примечание: Полученная динамика предоставляет возможность для комплексного анализа деятельности подразделения, однако в настоящем исследовании носит исключительно математический характер, позволяющий получить необходимую расчетную информацию об устойчивом положении структурного подразделения субъекта. Весовые коэффициенты были заданы на основе экспертного моделирования, возможно их изменение и рассмотрение в динамике или диапазоне за конкретные периоды времени.

Таблица 2

Показатели предприятия для построения эконометрической модели

Год	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	V
2004	91,730	121,230	178,079	137,800	66,500	20,160	94,400	29,400	108,000	847,299
2005	93,565	136,641	170,956	125,398	61,180	22,563	109,952	31,752	101,520	853,527
2006	101,985	153,438	153,860	117,874	67,298	29,946	101,554	33,022	109,642	868,620
2007	104,025	159,370	156,938	126,125	74,028	28,351	105,554	32,692	115,124	902,206
2008	92,226	131,395	160,076	124,954	81,431	26,516	106,554	22,346	107,065	852,562
2009	83,688	133,309	163,278	119,003	76,545	27,011	129,461	20,111	107,065	859,470
2010	93,890	160,707	168,176	130,123	77,310	37,181	126,198	31,500	109,206	934,291
2011	106,378	168,921	181,630	141,632	80,403	38,727	121,484	35,130	112,483	986,788
2012	118,761	195,667	167,100	154,206	76,382	45,540	148,780	33,094	114,732	1054,263
2013	131,633	213,720	170,442	165,001	74,855	59,653	143,844	38,425	119,321	1116,894
2014	154,011	216,408	177,260	166,051	74,855	51,421	169,059	45,000	121,708	1175,773
2015	187,113	214,044	193,213	162,051	71,112	44,421	181,593	47,250	130,227	1231,025
2016	183,309	238,725	197,077	166,453	74,668	52,921	196,266	58,085	138,041	1305,544
2017	226,773	245,887	189,194	168,117	79,148	55,213	214,503	64,082	132,519	1375,436
2018	278,982	236,052	187,302	152,987	79,939	62,473	230,543	84,716	144,446	1457,440
2019	297,352	231,330	202,286	122,278	79,140	65,150	236,965	95,163	131,446	1461,110
2020	255,722	215,210	218,469	111,432	84,680	66,156	216,947	91,098	128,817	1388,532



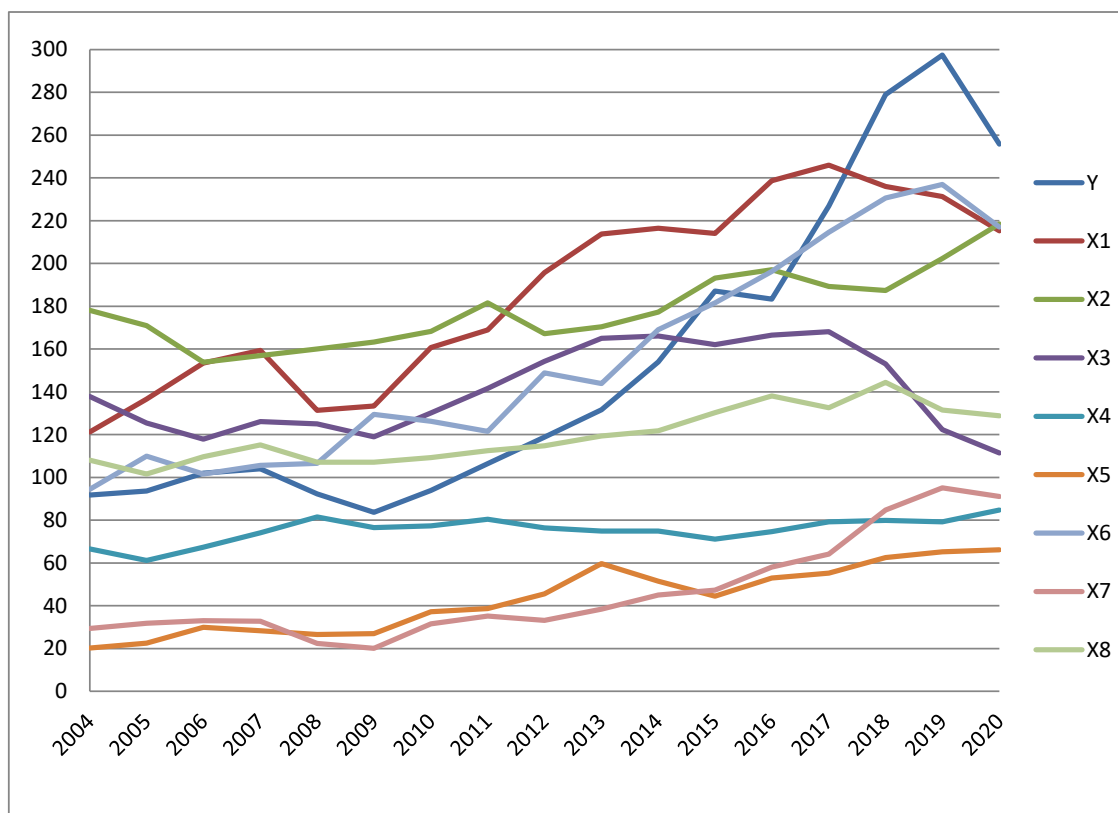


Рис. 2. Динамика показателей капитализации и оборота структурных единиц предприятия

В результате проведения регрессии по всем структурным подразделениям были получены следующие данные:

- R-квадрат = 0,98842;
- Исправленный R-квадрат = 0,976841.
- Значение X1 = – 0,246063;
- Значение X2 = – 0,49847;
- Значение X3 = 0,361875;
- Значение X4 = 0,0853801;
- Значение X5 = – 0,39594;
- Значение X6 = 0,641647;
- Значение X7 = 2,41942;
- Значение X8 = 0,387493.

Можно сделать вывод: чем выше уровень устойчивого развития структурного подразделения, тем выше значение показателя в регрессионной модели. Однако в данной модели на основе метода инфляционных факторов наблюдается мультиколлинеарность, что не позволяет использовать данные для построения объективных прогнозов. У показателей X1, X5, X6, X7, X8 значение  $> 10$ , что указывает на наличие мультиколлинеарности.

Путем отбора показателей были оставлены показатели X6 и X7, которые соответствуют всем допустимым критериям.

В результате проведения регрессии ( $T = 17$ ) по всем структурным подразделениям были получены следующие данные:

- R-квадрат = 0,980766;
- Исправленный R-квадрат = 0,978018;
- Значение const = – 24,279;
- Р-значение = 0,04093\*\*;
- Значение X6 = 0,588381;
- Р-значение = 0,00070\*\*\*;
- Значение X7 = 1,84684;
- Р-значение = 0,00001\*\*\*.

Метод инфляционных факторов не показал наличие мультиколлинеарности ( $6,272 < 10$ ), что позволяет использовать данные показатели в расчетах. В итоге получается следующее уравнение:

$$Y = -24,3 + 0,588 \times X6 + 1,85 \times X7.$$

Полученная модель свидетельствует о высокой значимости устойчивого развития с позиции создания стоимости промышленного предприятия. Именно подразделения с наибольшим уровнем устойчивого развития обеспечивают возрастание стоимости предприятия. Разумеется, данная модель является абстрагированной, поскольку отсутствует полный перечень информации,

однако в рамках исследования проделанная апробация позволяет делать выводы о жизнеспособности метода и потенциале его дальнейшей проработки.

### Выводы

В результате исследования были получены следующие выводы:

– Рассмотрена возможность экономикоматематического моделирования устойчивого развития промышленного предприятия на основе выделения ряда компонент. Кроме классических компонент (социальная, финансовая, экологическая) была также предложена производственная, что соответствует значимости промышленного производства. Такая практика позволяет учитывать стратегию устойчивого развития на основе производственно-хозяйственной, финансовой, социальной и экологоориентированной деятельности промышленного предприятия.

– Предложен инструментарий определения уровня устойчивого развития на основе

формирования интегрального показателя из расчета индикаторов каждой отдельной компоненты. Данный механизм должен обеспечить совершенствование существующих методов регулирования устойчивого развития в производственной сфере на уровне предприятия, интеграция в который наибольшего количества показателей даст возможность отобразить большее количество альтернативных путей для достижения устойчивого развития. Ограничения данного подхода связаны с неполнотой информации.

– Обоснована возможность эконометрического моделирования зависимости между показателем устойчивого развития и факторами «влияния», учитывающими использование мероприятий, направленных на повышение устойчивости. В результате апробации авторского инструментария была рассмотрена зависимость капитализации предприятия от оборота структурных подразделений, где была реализована политика устойчивого развития.

### Библиографический список

1. Цвиль М.М., Пьянова Ю.С. Эконометрический анализ финансовой устойчивости организации // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. 2016. № 6-2. С. 96-99.
2. Хильченко Н.В., Атаманова Е.А., Славиковская Ю.О. Диагностика эколого-социальных угроз развития территории // Экономика региона. 2020. № 1. С. 43-58.
3. Ефимова Г.А., Зайцев А.А. Абсолютная рента в управлении устойчивостью аграрных отношений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 27. С. 233-237.
4. Пястолов С.М. Формирование принципов управления наукой в постпандемическую эпоху // Социальные и гуманитарные науки. Отечественная и зарубежная литература. Сер. 8. Науковедение: Реферативный журнал. 2020. № 4. С. 118-131.
5. Стрижов С.А. Устойчивое развитие в условиях новых вызовов // Социальные новации и социальные науки. 2020. № 1. С. 28-36.
6. Калининченко М.П. Устойчивое развитие предприятия: оценка, проект, функциональная стратегия маркетинг менеджмента // Вестник АГТУ. Серия: Экономика. 2019. № 1. С. 40-52.
7. Родионов Д.Г., Мельниченко А.М. Моделирование организационно-экономического механизма управления развитием инновационной среды // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2019. № 11-3. С. 72-83.
8. Сидорин А.В., Сидорин В.В. Модель устойчивого развития предприятия на основе инновационной деятельности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 9-2. С. 35-40.
9. Родионов Д.Г., Алферьев Д.А. Устойчивость оптимального плана производства инновационной продукции промышленного предприятия // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2020. № 5. С. 106-119.
10. Рахмеева И.И. Институциональные механизмы управления предложением рабочих профессий и их престижностью на региональном рынке труда // Проблемы функционирования и развития территориальных социально-экономических систем: материалы конференции. 2020. С. 231-236.
11. Талерчик С.М., Зайцев А.А. Инновационная устойчивость как ключевой фактор успешного развития региона // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 25-2. С. 238-243.

12. Зайцев А.А. Рента монополии и монополия рента в управлении устойчивостью аграрных отношений // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2012. № 26. С. 284-289.
13. Жабина Н.В., Невежин В.П. Методика исследования устойчивого развития предприятия на основе эконометрических моделей // Бизнес и общество: электронный журнал. 2015. № 4. С. 8.
14. Игнатьева М.В. Модель оценки устойчивого развития промышленного сектора экономики // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=15163> (дата обращения: 21.06.2021).
15. Захаров Г.Н., Логинов К.В. Механизм управления устойчивым развитием промышленного предприятия: процессный подход. СПб: СПбГИЭУ, 2008. 167 с.
16. Зайцев А.А., Михель Е.А., Дмитриев Н.Д. Использование теоретико-игрового подхода для формирования финансовой стратегии взаимодействия предприятий // Бизнес. Образование. Право. 2020. № 3. С. 81-67.
17. Буньковский Д.В. Стратегии диверсификации и сокращения в промышленном предпринимательстве // Научный дайджест Восточно-Сибирского института МВД России. 2020. № 1. С. 98-102.
18. Мерзляков В.Ф., Винокуров А.А. Разработка модели стратегии устойчивого развития фирмы // Российское предпринимательство. 2013. № 23. С. 81-87.
19. Родионов Д.Г., Зайцев А.А., Дмитриев Н.Д. Стресс-тестирование в промышленном производстве: моделирование барьера устойчивости // Вестник Алтайской академии экономики и права. 2020. № 11-1. С. 119-130.
20. Кузнецов А.П., Селименков Р.Ю. Устойчивое развитие региона: эколого-экономические аспекты. Вологда: ИСЭРТ РАН, 2015. 136 с.
21. Головина А.С. Стратегическое управление деловой активностью субъектов малого и среднего предпринимательства // Российское предпринимательство. 2013. № 18. С. 20-33.
22. Дмитриев Н.Д., Родионов Д.Г., Кубарский А.В. Формирование эконометрического инструментария для оценки инвестиционной привлекательности региона // Kant. 2020. № 4. С. 70-77.