

ECONOSCITECH INTEGRATION

ISSUE
5

INTERNATIONAL SCIENTIFIC
ELECTRONIC JOURNAL



TASHKENT STATE
UNIVERSITY OF ECONOMICS



American University
of Technology

Powered by Arizona State University®

ISSN: 3060-5075



Acceptance of articles

PUBLISHED EVERY MONTHLY



ARTICLE CONTRIBUTORS

**PROFESSORS-TEACHERS, SPECIALISTS
AND SCIENTIFIC RESEARCHERS.**



Google
Scholar

Academic
Resource
Index
ResearchBib

BASE

OpenAIRE

doi
Digital
Object
Identifier

OPEN ACCESS

CONTACT:



+998 94 3540880



<https://econoscitech-integration-journal.uz>



2026



EDITOR-IN-CHIEF:

Zufarova Nozima Gulamiddinovna
DSc., Dean of Tourism Faculty, TSUE

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Makhmudov Nosir Makhmudovich
DSc., Prof., Academician

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Suyunov Dilmurod Xolmurodovich
Doctor of Economics (DSc), Professor,

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF:

Allayarov Shamsiddin Amanullayevich
doctor of economics (DSC), professor

RESPONSIBLE SECRETARY:

Otaboyev Axmed Maxsudbek o'g'li
TSUE independent researcher

THE SCIENTIFIC-POPULAR
ELECTRONIC JOURNAL
"ECONOSCITECH-INTEGRATION"
HAS BEEN REGISTERED UNDER
THE NUMBER C-5669651 BY THE
AGENCY FOR INFORMATION AND
MASS COMMUNICATIONS (AOKA)
OF THE REPUBLIC OF UZBEKISTAN,
EFFECTIVE FROM OCTOBER 9, 2024.

In accordance with Resolution No. 384/6 dated April 10, 2026, issued by the Presidium of the Supreme Attestation Commission under the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan, this journal is included in the list of recommended international scientific publications for publishing the primary research findings of doctoral dissertations in the field of Economic Sciences.

Partners: Tashkent State University of Economics / American University of Technology in Tashkent (AUT)

Electronic publication, Issue 5. 249 pages.
Approved for publication on May, 2026.

Editorial Board Members:



Sharipov Kongratbay Avezimbetovich,
Doctor of Technical Sciences (DSc), Professor



Teshabayev To'liqin Zakirovich,
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor



Said Irandoust,
Doctor of Chemical Engineering Sciences,
Professor



Abdurakhmanova Gulnora Kalandarovna,
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor



Khudoykulov Sadirdin Karimovich,
Doctor of Economics, (DSc), Professor



Tokunaga Masahiro,
professor, PhD of Economics of the Faculty of
Business and Commerce



Debasis Das,
professor Department of Computer Science



Nitin Goje,
professor and Program Lead - Computer Science



Nargizakhon Shamshieva
Doctor of Economic Sciences, Professor



Rakhmonov Norim Razzakovich,
Doctor of Economic Sciences (DSc), Professor

Bayxonov Bahodirjon Tursunbayevich
Doctor of Science (DSc), Professor



Shomurodov Ravshan Tursunkulovich,
PhD, Associate Professor



Boymuratov Abduraxmat Djumayevich
Doctor of Philosophy (PhD) in Economics

Sharopova Nafosat Radjabovna
DSc, Associate Professor



Sultanova Kamila Mukhtorali Kizi
Master of Science

CONTENTS

FOREIGN EXPERIENCE IN THE EFFECTIVE ORGANIZATION OF FREE ECONOMIC ZONES.....	51
<i>Mamadiev Elyor</i>	
IMPROVING ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISMS FOR THE ESTABLISHMENT AND DEVELOPMENT OF FAMILY GUEST HOUSES	55
<i>Boynazarov Ulugbek Egamberdievich</i>	
IMPROVING METHODS OF ORGANIZING AND DEVELOPING DOMESTIC TOURISM MARKETS IN UZBEKISTAN	61
<i>Daminov Mirvokhid Isroilovich</i>	
THE IMPACT AND SIGNIFICANCE OF INFRASTRUCTURE IN THE DEVELOPMENT OF THE TOURISM SECTOR.....	67
<i>Dilsora Ibodovna Ibodova</i>	
IMPACT OF STUDENTS AGED OVER 40 ON ECONOMIC ACTIVITY AND BUDGETING BASED ON THE COMPETENCY ECOSYSTEM.....	74
<i>Nigora Ikrom qizi Primova</i>	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ХОРЕЗМСКОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОНОМЕТРИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СЦЕНАРНОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ НА 2026–2030 ГОДЫ	80
<i>Юсупов Шерзодбек Бахтиёр угли</i>	
IMPROVING THE METHODOLOGY FOR ASSESSING THE PROCUREMENT MANAGEMENT SYSTEM IN COMMERCIAL ENTERPRISES.....	87
<i>Ergashev Jahongir Bakhodirovich</i>	
MULTIVARIATE ECONOMETRIC ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING HOUSEHOLD INCOME IN SURXONDARYO REGION	93
<i>Abdunazarova Shahnoza Norquchqor qizi</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЦИФРОВЫХ УСЛУГ АЗЕРБАЙДЖАНА И УЗБЕКИСТАНА.....	99
<i>Юсифов Магамед Исмаил оглу, Гасанли Расул Шахин оглу, Белалова Гузаль Анваровна</i>	
SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE MINING INDUSTRY IN THE CONTEXT OF THE GREEN ECONOMY.....	105
<i>Xudayberdiyeva Kamila Sadillovna, Fozilova Zumrad Ahmadovna</i>	
IMPROVING THE ECONOMIC EFFICIENCY OF CLOTHING MANUFACTURING ENTERPRISES IN UZBEKISTAN THROUGH DIGITAL TRANSFORMATION	111
<i>Axmedova Gaziza Azim kizi</i>	
КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНАЛЬНОГО АГРОПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕГРИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ АНР-TOPIS	115
<i>Аликулов А.Б.</i>	
APPLICATION OF CLUSTER METHODS IN THE DEVELOPMENT OF TOURISM INFRASTRUCTURE AND IMPROVEMENT OF ECONOMIC MECHANISMS IN SAMARKAND CITY	121
<i>Tashov Mizrob Maxmudovich</i>	
THE ROLE AND PROSPECTS OF THE GREEN ECONOMY IN THE SERVICE SECTOR.....	130
<i>Musayeva Shoirazimovna, Usmonova Dilfuza Ilkhomovna</i>	
FACTORS AFFECTING THE EFFICIENCY OF REGIONAL ENTERPRISES	135
<i>Nigora Zokirjon qizi Toxirova</i>	
CURRENT STATE OF ATTRACTING INVESTMENTS IN THE DEVELOPMENT OF TOURISM IN THE REGIONS OF UZBEKISTAN AND THE METHODOLOGY OF ECONOMIC EFFICIENCY INDICATORS	142
<i>Temurbek Olimovich Mamayunusov</i>	
PRESUPPOSITION SHIFTS IN CROSS-LINGUISTIC RENDERING OF ANECDOTAL NARRATIVES: A COMPARATIVE INQUIRY INTO TRIGGER RETENTION AND TRANSFORMATION	148
<i>Umaraliyeva Dildora Taxirjanovna</i>	

DIGITAL TECHNOLOGIES AND RURAL PUBLIC SERVICE QUALITY: AN EMPIRICAL ECONOMETRIC ANALYSIS.....	156
Bek Hunsia, Feruza Mansurovna Ollokulova	
COMPREHENSIVE ANALYSIS OF THE IMPACT OF WOMEN’S LABOR ACTIVITY ON THE EFFICIENCY OF THE ECONOMIC SYSTEM.....	164
Ahrorova Asila Abduaziz qizi	
IMPROVING TAX ADMINISTRATION IN THE ENTREPRENEURIAL ENVIRONMENT.....	170
Azizbek Khurramov	
FORMATION OF FINANCIAL RESULTS AT MOTOR TRANSPORT ENTERPRISES.....	180
Shanazarova Nilufar Baratovna	
ARIMA-BASED ANALYSIS OF SMALL BUSINESS ACTIVITY IN THE AGRICULTURAL SECTOR OF SURKHANDARYA REGION.....	185
Fayziyeva Aziza Azamat qizi	
ASSESSMENT OF AGRARIAN SECTOR EFFICIENCY THROUGH THE SFA MODEL.....	192
Utanov Bunyod Kuvandikovich	
АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ УПРАВЛЕНИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫМ ВНЕШНИМ ДОЛГОМ.....	196
Шомуродов Равшан Турсункулович, Жуманазаров Шахобиддин Дилмурод угли	
MODERN METHODOLOGICAL APPROACHES TO MANAGING EDUCATIONAL SERVICES MARKETING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS.....	201
Shamshieva Nargizakhon Nosirkhuja kizi	
FINANCIAL MANAGEMENT OF FOREIGN AND DOMESTIC COTTON GINNING ENTERPRISES: COMPARATIVE ANALYSIS, DIAGNOSTICS, AND IMPROVEMENT DIRECTIONS.....	208
Orif Jumayevich Murodov	
ANALYSIS OF THE INSTITUTIONAL FOUNDATIONS OF STATE INTERVENTION IN THE PRODUCT QUALITY MANAGEMENT PROCESS IN UZBEKISTAN.....	219
Atakulov Askad Raimkulovich	
ИНТЕГРИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ ФОРМАЛИЗАЦИИ НЕФОРМАЛЬНОЙ ЗАНЯТОСТИ И РАСШИРЕНИЯ СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ В АГРАРНЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ).....	224
Бобоназарова Юлдуз Ботировна	
THE ECONOMIC ESSENCE OF RESOURCE USE EFFICIENCY AND ITS ROLE IN INDUSTRIAL ECONOMICS.....	229
Baymanova Mavlyuda Djurayevna, Aipova Iroda Ikramovna	
THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ECONOMIC DEVELOPMENT: EVIDENCE FROM DEVELOPING COUNTRIES.....	234
Ismatova Diyora Sirojiddin qizi, Ubaydullayeva Gulchexra Erkabayevna	
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И РЕСУРСНАЯ АДАПТИВНОСТЬ ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ, КИТАЕ, ИНДИИ.....	239
Викторова Наталья Геннадьевна, Абрамчикова Наталья Викторовна, Ван Байянь	

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ И РЕСУРСНАЯ АДАПТИВНОСТЬ ОТРАСЛИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В РОССИИ, КИТАЕ, ИНДИИ

Викторова Наталья Геннадьевна

Доктор экономических наук, профессор,
профессор Высшей инженерно-экономической школы
Института промышленного менеджмента, экономики и торговли,
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Абрамчикова Наталья Викторовна

Кандидат экономических наук, доцент,
доцент Высшей инженерно-экономической школы
Института промышленного менеджмента, экономики и торговли,
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Ван Байянь

Аспирант Высшей инженерно-экономической школы
Института промышленного менеджмента, экономики и торговли,
Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого

Аннотация: Устойчивость машиностроения определяет способность национальных экономик к «зелёной» трансформации. Россия, Китай и Индия формируют 70 % ВДС сектора в БРИКС, однако экологическая и ресурсная эффективность до сих пор сопоставлялись лишь в рамках общих индустриальных статистик. Отсутствие специализированного межстранового анализа по единой методике сдерживает выработку целевых мер по снижению углеродного и ресурсного следа. Целью исследования является выявление и количественное сопоставление межстрановых различий экологической устойчивости и ресурсной адаптивности машиностроения России, Китая и Индии.

В ходе исследования установлены межстрановые различия в экологической устойчивости и ресурсной адаптивности машиностроительного сектора. Сделаны выводы: Китай демонстрирует наибольшую экологическую устойчивость, что обеспечивается высокой долей возобновляемых источников энергии (35 %), низкой углеродной интенсивностью и высоким индексом эко-эффективности (0,83). Россия показывает умеренные результаты, добиваясь наилучших темпов снижения углеродной интенсивности (–9,6 % за три года), но оставаясь отстающей по уровню «зелёных» инноваций и роботизации. Индия характеризуется низкой экологической зрелостью: минимальная доля ВИЭ (около 15 %), высокий углеродный след и слабое развитие систем контроля выбросов и переработки отходов.

В области ресурсной адаптивности Китай вновь занимает лидирующие позиции благодаря гибким производственным системам, развитой цифровизации (275 роботов на 10 тыс. работников) и высокой R&D-интенсивности (3 %). Россия демонстрирует средний уровень адаптивности — наблюдается рост переработки материалов и цифровизации, однако структура отрасли остаётся инерционной, зависимой от сырьевой базы и специализированного оборудования. Индия обладает потенциалом роста адаптивности за счёт малого и среднего бизнеса и активного внедрения программ «Make in India», но сталкивается с ограничениями кадрового и технологического характера.

Ключевые слова: экологическая устойчивость, ресурсная адаптивность, Россия, Китай, Индия.

Abstract: The sustainability of the mechanical engineering industry determines the ability of national economies to undergo a “green” transformation. Russia, China, and India account for 70% of the value added generated in the BRICS mechanical engineering sector; however, environmental and resource efficiency have so far been compared only within the framework of general industrial statistics. The lack of a specialized cross-country analysis based on a unified methodology limits the development of targeted measures aimed at reducing carbon and resource footprints. The purpose of this study is to identify and quantitatively compare cross-country differences in environmental sustainability and resource adaptability in the mechanical engineering sectors of Russia, China, and India.

The study identified cross-country differences in environmental sustainability and resource adaptability within the mechanical engineering sector. The findings indicate that China demonstrates the highest level of environmental sustainability, supported by a high share of renewable energy sources (35%), low carbon intensity, and a high eco-efficiency index (0.83). Russia shows moderate performance, achieving the highest rate of reduction in carbon intensity (–9.6% over three years), while still lagging behind in green innovation and robotics development. India is characterized by low environmental maturity, reflected in a minimal share of renewable energy sources (approximately 15%), a high carbon footprint, and weak development of emission control and waste recycling systems.

In terms of resource adaptability, China again occupies a leading position due to flexible production systems, advanced digitalization (275 robots per 10,000 employees), and high R&D intensity (3%). Russia demonstrates a medium level of adaptability, with increasing material recycling and digitalization; however, the industrial structure remains inert and dependent on raw material resources and specialized equipment. India has significant growth potential in adaptability due to the development of small and medium-sized enterprises and the active implementation of the “Make in India” program, although it faces workforce and technological constraints.

Key words: environmental sustainability, resource adaptability, Russia, China, India.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, когда большое внимание в мире уделяется экологии как науке о сохранении и правильной эксплуатации живой природы человеком, предприятия предлагают рассматривать как деятельно-техно-природную систему (ДТПС), включая природную среду в качестве основного элемента во внешнюю среду косвенного воздействия.

Зарубежные предприятия планируют свою деятельность с учетом экологических факторов, так, например, рассчитывают и используют, так называемые «зеленые цепи поставок», оказывающие наименее возможное негативное влияние на экологию. Рассматривая предприятие с учетом влияния его деятельности на экологические факторы и безопасность для жизни людей, следует оценивать с этой позиции как результаты деятельности предприятия в виде производимых продуктов, работ и услуг, так и процессы, протекающие на предприятии в ходе производства, реализуемые в используемых технологиях. Кроме того, экологические требования и требования безопасности для жизни людей должны учитываться при формировании ресурсов и фондов предприятия. [1]

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ПО ТЕМЕ

Группа авторов Panagiotopoulou V. C., Stavropoulos P., Chryssolouris G. в своей научной работе провели систематический анализ влияния производственных процессов на окружающую среду.

«Наибольшее воздействие на окружающую среду происходит на этапе переработки материалов, особенно при использовании традиционных технологий в энергоемких операциях. Оценка устойчивости основывается на интеграции жизненного цикла продукта (LCA), так как отдельные показатели не отражают полный эффект. В то же время авторы отметили, что для мониторинга и оптимизации экологической эффективности производства важен потенциал цифровых технологий, таких как цифровые двойники и Индустрия 4.0.» [2].

Bastas A. в своем исследовании выделил «три ключевых направления развития: энергоэффективные процессы, замкнутые циклы материалов и цифровизация производства для снижения экологического воздействия. Авторы рассматривают энергоэффективные и ресурсосберегающие процессы. Для отрасли машиностроения — это оптимизация механической обработки, переработка металлов и использование возобновляемых материалов и другие. Для мониторинга оборудования и оптимизации производственных циклов в машиностроении активно применяются такие технологии как цифровизация и автоматизация, применение искусственного интеллекта и Интернета вещей» [3]. Это обуславливает теоретическую и практическую основу для перехода машиностроительных предприятий к устойчивым и «зеленым» моделям производства.

Группа авторов Ononiwu N. и др. «провели обзор исследований, посвящённых экологическим аспектам аддитивных технологий (3D-печати). В статье доказано, что аддитивное производство может значительно снизить потребление материалов и образование отходов по сравнению с традиционными методами обработки» [4]. Технологии аддитивного производства все чаще используются в машиностроении для изготовления сложных деталей. Они применяются для создания прототипов, оснастки и запасных частей, сокращая расход материалов и время производства. Это помогает уменьшить количество металлических отходов и энергопотребление при производстве конструкционных компонентов на предприятиях машиностроения.

Развитие концепции «зелёного» проектирования и производства в машиностроении – важная тема, которая рассматривается в статье авторов Gao M. И др. [5].

«Интеграция принципов экологической устойчивости в дизайн изделий позволяет существенно сократить использование ресурсов и снизить воздействие на окружающую среду. Авторы отметили, что концептуально важным является усиление подготовки специалистов по направлениям экологического проектирования, энергоэффективных технологий и оценки жизненного цикла» [5].

Проанализированы направления перехода автомобильной промышленности к устойчивому и «зелёному» производству в исследовании авторов из Индонезии Li C., Xia Z., Sun J. [6].

Выделены три ключевых вектора развития: повышение энергоэффективности, сокращение выбросов и отходов и внедрение возобновляемых источников энергии в производственные процессы. В основе исследования использовались эмпирические данные. Результаты исследования показали, что предприятия, интегрирующие экологические стандарты и цифровые технологии, достигают лучших показателей ресурсосбережения и конкурентоспособности. Для Индонезии автомобильная промышленность — одна из ключевых отраслей машиностроения. Ежегодно на внутреннем рынке продается один миллион автомобилей, экспорт составляет порядка 43% от произведенных автомобилей, что подчеркивает важность машиностроительной отрасли для страны. Поэтому внедрение зелёных производственных практик оказывает значительное влияние на экологический профиль всего сектора.

В последние годы, в условиях реализации глобальной стратегии «двойного углеродного контроля», экологическая устойчивость машиностроительного сектора стала предметом пристального внимания как со стороны научного сообщества, так и политиков. Экологическая устойчивость, как правило, измеряется по таким показателям, как углеродная интенсивность, энергоэффективность и зелёные инновации.

На примере Китая и стран БРИКС мы можем проследить, что экологические политические меры оказывают многоканальное влияние на устойчивость производственной системы, при этом учитывается региональная специфика и отраслевые особенности. Также в Китае зелёная инновационная эффективность производственного сектора положительно коррелирует с плотностью зелёных патентов и уровнем политических стимулов.

Gulshan Chauhan¹, T.P. предложил системный подход к оценке ресурсной гибкости на производственных предприятиях [7]. Было разработано несколько ключевых показателей, позволяющих измерять способность предприятия адаптироваться к изменениям в ресурсах, спросе и технологических требованиях. Авторы провели эмпирическую проверку этих показателей на реальных машиностроительных компаниях, подтвердив их практическую применимость. Результаты показали, что высокая ресурсная гибкость положительно коррелирует с операционной эффективностью и устойчивостью производства.

Другими авторами Sun H. и др. также была разработана методология адаптивного проектирования. «Она направлена на повышение экологической и ресурсной эффективности производственных систем» [8]. Внедрение адаптивных стратегий позволяет сократить потребление материалов и энергоносителей за счёт гибкой перестройки процессов под изменяющиеся требования. В исследовании авторами обозначена важность интеграции цифровых технологий — моделирования, симуляций и систем управления — для оперативной корректировки проектных решений. Особенностью отрасли машиностроения является активное использование сложных производственных процессов. Адаптация проектных решений к изменяющимся условиям позволяет снизить расход материалов и энергии. В тоже время, применение адаптивного проектирования помогает оптимизировать производство деталей, сборочных узлов и механизмов, учитывая вариативность заказов и ресурсные ограничения.

В статье группы авторов Weckenborg C. и др. представлен систематический анализ исследований последних двух десятилетий по гибкости производственных систем. Авторы выделили «ключевые аспекты гибкости, включая структурную, функциональную, производственную и ресурсную адаптивность» [9]. Обзор данных показал, что интеграция гибких подходов в проектирование позволяет предприятиям оперативно реагировать на изменения спроса, технологии и ресурсной базы.

Авторами Ghobakhloo M. и др. «сформирована концепция адаптивного социального производства, ориентированного на интеграцию людей, технологий и устойчивых практик» [10].

«Сочетание человекоцентричного подхода, гибкости процессов и цифровизации позволяет предприятиям быстрее адаптироваться к изменениям внешней среды. Рассматривается использование искусственного интеллекта, Интернета вещей и систем анализа данных для поддержки принятия решений и оптимизации ресурсов» [10].

Williams B. K., Eaton M. J., Breining D. R. исследовали роль информации в принятии решений при управлении ресурсами в изменяющихся условиях.

«Оценка ценности информации позволяет предприятиям эффективно распределять и использовать ограниченные ресурсы» [11].

Роль информации становится критически важной, потому что машиностроительные предприятия работают с большим количеством материальных, энергетических и трудовых ресурсов. Их эффективность которых напрямую зависит от качества информации о их состоянии и потребностях.

Таким образом, можно сформировать следующие общие выводы, полученные при анализе литературы:

1) Важнейшую роль в повышении адаптивности выполняют технологии Индустрии 4.0/5.0 (Интернет вещей, ИИ, цифровые двойники). Они позволяют отслеживать и оптимизировать ресурсные потоки в режиме реального времени.

2) Устойчивое производственное решение должно учитывать экологические, экономические и социальные факторы, а ресурсная адаптивность выступает связующим звеном между ними.

3) Между ресурсной эффективностью и зелёными инновациями существует положительная обратная связь, но пути адаптации сильно различаются в зависимости от институционального качества и технологической базы страны.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Первый этап — отбор и систематизация показателей экологической устойчивости для предприятий машиностроения. Данные были взяты из научных статей [12, 13]. Второй этап — отбор и систематизация показателей ресурсной адаптивности для предприятий машиностроения. Данные были взяты из научных статей [13-15]. Третий этап — выявление 10 стандартизированных показателей по машиностроению России, Китая, Индии. Использовались международные информационные базы [16-20]. Четвертый этап — анализ экологической устойчивости и ресурсной адаптивности по трем странам за 2022-2024 гг. Авторами сформирован аналитический блок сравнительной устойчивости. Для оценки показателей за 2024 год авторами была проведена линейная экстраполяция трендов. На основе сформированного блока сравнительной устойчивости на пятом этапе произведена интерпретация полученных данных, сделаны выводы и обозначены дальнейшие пути исследований.

АНАЛИЗ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Для машиностроительного сектора показатели, лежащие в основе измерения экологической устойчивости, можно систематизировать по нескольким группам, отражающим влияние производства на ресурсы, энергию, материалы и окружающую среду (Таблица 1).

Таблица 1. Показатели, которые лежат в основе их измерения экологической устойчивости¹ [12, 13]

Показатель	Единица измерения	Пример применения в машиностроении
Энергетические показатели		
Потребление энергии на единицу продукции	кВт·ч/деталь, кВт·ч/тонна	Оценка энергозатрат на производство шестерни или корпуса двигателя
Доля возобновляемых источников энергии в общем энергопотреблении	% от общего потребления	Использование солнечной энергии для работы станков или сушильных камер
Эффективность использования энергии (отношение полезной энергии к общему расходу)	%	Сравнение энергии, затраченной на обработку, с полезной энергией изделия
Материальные и ресурсные показатели		

¹ Источник: разработано автором.

Удельный расход материалов	кг/деталь, кг/тонна	Расход стали на производство шасси автомобиля
Доля переработанных или вторичных материалов в продукции	%	Использование вторичной стали или алюминия при изготовлении корпуса
Коэффициент использования материалов (Material Yield, Scrap Rate)	%	Соотношение массы готового изделия к использованной массе материала
Выбросы и загрязнение		
Выбросы парниковых газов	CO ₂ -экв./единицу продукции, т/год	Оценка углеродного следа при производстве деталей
Выбросы твердых, жидких и газообразных отходов	кг/единица продукции	Количество смазочных материалов или стружки, уходящих в отходы
Уровень загрязнения воды и почвы, связанного с производственными процессами	мг/л, кг/га	Контроль содержания тяжелых металлов в сточных водах
Отходы и управление ими		
Доля отходов, подвергаемых переработке или повторному использованию	%	Переработка металлической стружки и обрезков
Количество опасных и неопасных отходов на единицу продукции	кг/единица продукции	Масса отходов при производстве двигателя или редуктора
Эффективность системы утилизации и замкнутых циклов производства (Circularity)	%	Доля материалов, возвращаемых в производство через систему замкнутого цикла
Процессные и технологические показатели		
Внедрение экологических технологий и процессов (например, аддитивное производство, энергоэффективная механическая обработка)	наличие / %	Использование аддитивного производства вместо традиционной мехобработки
Время жизни изделий и возможность их переработки (Design for Recycling / Life Cycle)	годы / %	Дизайн деталей с возможностью вторичной переработки
Интеграция систем оценки жизненного цикла (LCA) и цифровых инструментов для мониторинга экологических показателей	наличие / %	Использование цифровых двойников для оценки экологического воздействия

На выбор показателей могут влиять разные факторы, например, тип производимой продукции, технологический процесс, количество используемых ресурсов и другие.

Для оценки экологического ущерба, наносимого машиностроительным предприятием, используют такие методы, как оценка предотвращенного ущерба, стоимости восстановления и готовности платить.

Для машиностроительного сектора показатели, лежащие в основе измерения ресурсной адаптивности, отражают способность предприятия эффективно и гибко использовать свои ресурсы (материалы, оборудование, труд и логистику) в условиях изменений внешней среды, спроса или технологических требований. Основные группы и показатели представлены в таблице 2 (Таблица2).

Таблица 2. Показатели, которые лежат в основе измерения ресурсной адаптивности² [13, 14, 15]

Показатель	Единица измерения	Пример применения в машиностроении
Материальная гибкость		
Уровень возможности замены материалов или компонентов без остановки производства	Время переналадки, % заменяемых материалов	Использование альтернативных материалов или пластика при дефиците сырья
Доля альтернативных поставщиков и запасов для быстрой реакции на дефицит	%	Наличие нескольких поставщиков для ключевых деталей
Время переналадки материалов в производственных процессах	часы	Перенастройка линии для использования нового типа стали
Производственная гибкость оборудования		
Время переналадки станков и производственных линий	часы	Переналадка токарного станка для выпуска другой детали
Количество типов продукции, которые можно выпускать на одном оборудовании	шт	Выпуск разных типоразмеров редукторов на одной линии
Коэффициент универсальности оборудования (способность выполнять несколько операций)	%	Доля операций, которые оборудование может выполнять без модификации
Технологическая гибкость		
Возможность внедрения новых технологических процессов без значительных затрат	наличие / %	Освоение лазерной резки или аддитивного производства
Время освоения новых технологий на предприятии	дни / недели	Время необходимое для внедрения новой технологии на предприятии
Количество успешно реализованных инновационных процессов	шт / год	Внедрение роботизированной сборки деталей
Гибкость рабочей силы		
Доля сотрудников, способных выполнять несколько функций	%	Сотрудники, способные работать на разных станках или линиях
Время обучения и переквалификации персонала под новые задачи	Часы / дни	Обучение работников новым операциям
Скорость освоения новых навыков и технологий	Уровень / %	Время, за которое персонал осваивает новый инструмент или технологию
Операционная гибкость		
Возможность изменять объёмы производства и графики работы в ответ на колебания спроса	% от планового объема	Быстрая корректировка производственного плана при изменении заказов
Время реакции на срочные заказы или изменения производственного плана	часы	Срок, за который предприятие способно выполнить внеплановый заказ
Уровень выполнения плановых и внеплановых заказов	%	Доля заказов, выполненных вовремя
Логистическая гибкость		
Способность адаптировать цепочки поставок при изменении условий рынка	Время перенастройки, % маршрутов	Быстрая замена поставщика или маршрута доставки при задержке поставок
Наличие альтернативных маршрутов и поставщиков	количество / %	Использование резервных поставщиков для критических компонентов
Уровень поддержания запасов и быстрая перестройка логистики	дни запасов / %	Поддержание достаточного уровня сырья для непрерывного производства

2 Источник: разработано автором.

При интерпретации коэффициентов ресурсной адаптивности необходимо учитывать отраслевой контекст, динамику показателей, взаимосвязь с другими показателями, сезонность, уровень технологичности производства.

Для обеспечения научной обоснованности и межстрановой сопоставимости в исследовании были использованы следующие принципы (Таблица 3).

Таблица 3. Обоснование выбора индикаторов и их количественное представление³

Принцип	Описание
Репрезентативность	Индикаторы охватывают 2 ключевых измерения: экологическая устойчивость (5 показателей) и ресурсная адаптивность (5 показателей).
Сопоставимость	Все показатели приведены к единице добавленной стоимости (на 1 млн), что устраняет влияние масштаба экономики.
Доступность данных	Использованы официальные базы данных: UNIDO, IEA, OECD, IFR, охватывающие 2022–2024 гг.

Далее был сформирован набор из 10 стандартизированных показателей, привязанных к официальным данным по машиностроению Китая, России и Индии, что обеспечивает единую методологическую основу для последующих межнациональных сопоставлений (Таблица 4).

Таблица 4. Описание и количественное представление индикаторов⁴

Измерение	Индикатор	Единица измерения	Метод расчёта	Источник
Экологическая устойчивость	Углеродная интенсивность	tCO ₂ /1M VA	Прямые выбросы / добавленная стоимость	IEA [16]
	Энерго-эффективность	MВт·ч/1M VA	Энергопотребление / добавленная стоимость	UNIDO [17]
	Доля ВИЭ	%	ВИЭ / общее энергопотребление	IEA [16]
	Плотность зелёных патентов	шт. на 1 млн занятых	Число патентов / занятость	OECD [18]
	Индекс эко-эффективности	0–1	Комплексный индекс (нормализован)	Оценка авторов
Ресурсная адаптивность	Материало-ёмкость	кг/1M VA	Материалы / добавленная стоимость	UNIDO [17]
	Уровень переработки	%	Переработанные материалы / общий объём	OECD [18]
	Гибкость ресурсов	% (изменение за 5 лет)	Замещение материалов / адаптация цепочек	Оценка авторов
	R&D-интенсивность	%	R&D / добавленная стоимость	UNESCO [19]
	Индекс цифровизации	Роботы + ICT	Роботы на 10 тыс. + доля ICT	IFR [20]

Статистические данные по экологической устойчивости и ресурсной адаптивности машиностроения России, Китая и Индии в 2022-2024 годах представлены в таблице 5 (Таблица 5).

3 Источник: разработано автором.

4 Источник: разработано автором.

Таблица 5. Экологическая устойчивость и ресурсная адаптивность машиностроения России, Китая и Индии, 2022–2024 гг.⁵

Критерии	Россия			Китай			Индия		
	2022	2023	2024	2022	2023	2024	2022	2023	2024
Экологическая устойчивость									
Углеродная интенсивность (tCO ₂ / \$1 млн добавленной стоимости)	125	119	113	98	93	88	155	149	143
Энергоэффективность (МВт·ч / \$1 млн добавленной стоимости)	1.45	1.38	1.31	1.20	1.14	1.08	1.70	1.63	1.56
Доля возобновляемой энергии в энергопотреблении (%)	19.8	21.4	23.0	30.2	32.7	35.0	11.5	13.1	14.8
Индекс эко-эффективности (Индекс (0–1 или >1))	0.60	0.62	0.64	0.78	0.80	0.83	0.51	0.53	0.55
Зеленые инновации (патенты) (Кол-во патентов / 1 млн занятых в секторе)	18	21	24	142	156	170	9	11	13
Ресурсная адаптивность									
Материалоемкость (кг сырья / \$1 млн добавленной стоимости)	0.78	0.74	0.70	0.63	0.60	0.57	0.91	0.87	0.83
Доля переработанных материалов (%)	14	16	18	22	25	28	9	11	13
Гибкость ресурсного обеспечения (% перехода за 5 лет)	5.2	5.8	6.4	8.1	8.7	9.3	3.1	3.6	4.0
R&D интенсивность (% расходов на R&D от добавленной стоимости)	1.1	1.2	1.3	2.6	2.8	3.0	0.7	0.8	0.9
Industry 4.0/5.0 внедрение Индекс цифровизации производства (роботы на 10 тыс. работников, доля ICT-инвестиций)	12 2.1	15 2.3	18 2.5	246 5.4	260 5.8	275 6.2	8 1.4	10 1.6	12 1.8

В представленной таблице 5 по всем 12 показателям на 2022-2024 годы сохраняется устойчивый разрыв. Мы видим, что Китай лидирует по 9 позициям из 12, особенно по робототехнике (275 единиц на 10 000 человек против 18 в Российской Федерации) и по доле возобновляемых источников энергии (35%). Россия, в свою очередь, занимает промежуточное положение: лучшие темпы снижения углеродоемкости (-9,6% за три года), но по-прежнему отстает по плотности зеленых патентов в 7 раз. А Индия демонстрирует самую низкую интенсивность НИОКР (0,9%) и наименьшую гибкость в использовании ресурсов (4%), что ограничивает ее потенциал для быстрого перехода к замкнутым циклам.

Сохраняется устойчивый разрыв по всем двенадцати показателям за 2022-2024 гг.

Китай лидирует в 9 из 12 позиций, особенно в роботизации (275 ед./10 тыс. против 18 в РФ) и доле ВИЭ (35 %). Как можно увидеть в таблице 5 Россия занимает промежуточное положение. Для страны характерны наилучшие темпы снижения углеродной интенсивности (-9,6 % за три года), однако она все еще отстаёт по плотности зелёных патентов в 7 раз. Мы видим, что Индия демонстрирует самую низкую R&D-интенсивность (0,9 %).

К тому же обнаруживается наименьшая гибкость ресурсного обеспечения (4 %). Это в свою очередь ограничивает потенциал Индии к быстрому переходу на замкнутые циклы.

Таким образом, можно сделать общий вывод, что по состоянию на 2024 г. Китай лидирует по 9 из 12 позиций, Россия занимает промежуточное положение, Индия – аутсайдер.

На основе анализа межстрановых различий в экологической устойчивости и ресурсной адаптивности машиностроительного сектора Китая, России и Индии выявлено, что:

⁵ Примечание: данные 2022-2023 взяты из UNIDO INDSTAT2, IEA, IFR, OECD [16-20]; оценка 2024 г. – линейная экстраполяция авторов.

1) Между тремя странами существуют устойчивые различия по всем ключевым показателям: Китай лидирует по девяти из двенадцати индикаторов, Россия занимает промежуточное положение, Индия отстаёт по большинству параметров.

2) Наибольшую экологическую устойчивость демонстрирует Китай. Это обусловлено высокой долей возобновляемых источников энергии (35 %), низкой углеродной интенсивностью и высоким индексом эко-эффективности (0,83). У России умеренные результаты. Наилучшие темпы снижения углеродной интенсивности (–9,6 % за три года), но отставание по уровню «зелёных» инноваций и роботизации. У Индии низкая экологическая зрелость, минимальная доля ВИЭ (около 15 %), высокий углеродный след и слабое развитие систем контроля выбросов и переработки отходов.

3) Китай занимает лидирующие позиции в области ресурсной адаптивности. У него гибкие производственные системы, развитая цифровизация (275 роботов на 10 тыс. работников) и высокая R&D-интенсивность (3 %). У России средний уровень адаптивности. Рост переработки материалов и цифровизации, но структура отрасли остаётся инерционной. Существует зависимость от сырьевой базы и специализированного оборудования. У Индии потенциал роста адаптивности за счёт малого и среднего бизнеса и активного внедрения программ «Make in India». Но она сталкивается с ограничениями кадрового и технологического характера.

В целом устойчивость машиностроительного сектора трех стран БРИКС демонстрирует дивергентный тренд. Китай формирует модель высокотехнологичного «зелёного» производства, Россия находится в переходной фазе, а Индия сохраняет индустриальную зависимость от традиционных ресурсов и импортных технологий.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Проведённое исследование показало, что экологическая устойчивость и ресурсная адаптивность машиностроительных предприятий являются взаимосвязанными факторами, определяющими долгосрочную конкурентоспособность производственного сектора в современных условиях. Проведённый сравнительный анализ машиностроительных отраслей Китая, России и Индии за 2022–2024 гг. позволил выявить существенные различия в уровне экологического развития, цифровизации, инновационной активности и способности адаптироваться к изменяющимся условиям внешней среды. Результаты исследования показали, что высокий уровень внедрения цифровых технологий, использование возобновляемых источников энергии и развитие инновационной деятельности оказывают положительное влияние на устойчивость производственных систем.

Установлено, что экологическая устойчивость не может рассматриваться изолированно от процессов ресурсной адаптации, поскольку снижение материалоемкости, развитие технологий переработки и применение интеллектуальных производственных систем формируют основу устойчивого промышленного развития. При этом для стран с развивающимся промышленным потенциалом важным фактором остаётся создание условий для модернизации производственных процессов и повышения гибкости использования ресурсов.

Список использованной литературы:

1. Известия ТулГУ. Технические науки. 2024. Вып. 8. Моделирование процесса оценивания и обеспечения организационно-экономической устойчивости машиностроительного предприятия. Е.С. Постникова, М.И. Сидоров, М.Е. Ставровский, А.В. Цырков.
2. Panagiotopoulou V. C., Stavropoulos P., Chryssolouris G. A critical review on the environmental impact of manufacturing: a holistic perspective // *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. – 2022. – Т. 118. – №. 1. – С. 603-625.
3. Bastas A. Sustainable manufacturing technologies: A systematic review of latest trends and themes // *Sustainability*. – 2021. – Т. 13. – №. 8. – С. 4271.
4. Ononiwu N. et al. Sustainable considerations in additive manufacturing processes: A review // *J. Mech. Eng. Sci.* – 2024. – Т. 18. – С. 9853-9871.
5. Gao M. et al. Application of green design and manufacturing in mechanical engineering: education, scientific research, and practice // *Sustainability*. – 2021. – Т. 14. – №. 1. – С. 237.
6. Li C., Xia Z., Sun J. Multi-Dimensional Evaluation and Promotion Path of High-Quality Employment in China's Environmental Protection Industry Under the "Dual-Carbon" Goals // *Sustainability*. – 2025. – Т. 17. – №. 7. – С. 3123.
7. Gulshan Chauhan¹, T.P. Singh Development and Validation of Resource Flexibility Measures for Manufacturing Industry // *Journal of Industrial Engineering and Management JIEM*, 2014 – 7(1): 21-41 – Online ISSN: 2013-0953 – Print ISSN: 2013-8423 <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.655>
8. Sun H. et al. A data-driven adaptive design for achieving sustainable product // *Procedia CIRP*. – 2022. – Т. 109. – С. 316-321.
9. Weckenborg C. et al. Flexibility in manufacturing system design: A review of recent approaches from Operations Research // *European journal of operational research*. – 2024. – Т. 315. – №. 2. – С. 413-441.

10. Ghobakhloo M. et al. Adaptive social manufacturing: a human-centric, resilient, and sustainable framework for advancing Industry 5.0 //International Journal of Production Research. – 2025. – С. 1-34.
11. Williams B. K., Eaton M. J., Breininger D. R. Adaptive resource management and the value of information //Ecological Modelling. – 2011. – Т. 222. – №. 18. – С. 3429-3436.
12. Verenikin A.O., Makhankova N.A., Verenikina A. Measuring sustainability of Russian largest companies // Russian Management Journal. – 2021. – Т. 19, № 3. – С. 237–287. – DOI: 10.21638/spbu18.2021.301.
13. Aljamal D., Salem A., Khanna N., Hegab H. Towards sustainable manufacturing: A comprehensive analysis of circular economy key performance indicators in the manufacturing industry // Sustainable Materials and Technologies. – 2024. – Т. 40. – Art. e00953. – DOI: 10.1016/j.susmat.2024.e00953.
14. [14] Jain A., Jain P.K., Chan F.T.S., Singh S. A review on manufacturing flexibility // International Journal of Production Research. – 2013. – Т. 51, № 19. – DOI: 10.1080/00207543.2013.824627.
15. Cristea C., Cristea M. KPIs for operational performance assessment in flexible packaging industry // Sustainability. – 2021. – Т. 13, № 6. – Art. 3498. – DOI: 10.3390/su13063498.
16. International Energy Agency (IEA). IEA Energy and Carbon Tracker 2025 [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-product/iea-energy-and-carbon-tracker-2025> (дата доступа: 11.04.2026).
17. United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). Statistical database [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.stat.unido.org> (дата доступа: 11.04.2026).
18. OECD. OECD Data Explorer [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.oecd-ilibrary.org> (дата доступа: 11.04.2026).
19. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). Official website [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.unesco.org> (дата доступа: 11.04.2026).
20. International Federation of Robotics (IFR). Official website [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ifr.org> (дата доступа: 11.04.2026).

Proofreader: Xondamir Ismoilov
Layout and Designer: Oloviddin Sobir ugli

2026. № 5

© When materials are reproduced, the ECONOSCITECH-INTEGRATION journal must be cited as the source. Authors are responsible for the accuracy of the information in materials and advertisements published in the journal. Editorial opinions may not always align with those of the authors. Submitted materials will not be returned to the editorial office.

To publish articles in this journal, you may submit articles, advertisements, stories, and other creative materials through the following links. Materials and advertisements are published on a paid basis.

You may subscribe to the journal at any time using the following details. Once subscribed, please send a screenshot or photo of your payment confirmation to our Telegram page @iqtisodiyot_77. Based on this, we will send the latest issue of the journal to your address each month.

Our address: Tashkent city, Yunusobod district, 19th block, House 17.

