

Относительная безубыточность как детерминанта динамического равновесия угольной промышленности России

О. А. Чернова  

Южный федеральный университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия
 chernova.olga71@yandex.ru

Аннотация. Устойчивость развития угольной промышленности во многом определяется факторными пропорциями, связывающими ее ресурсный потенциал с производственными и рыночными возможностями. Поэтому при разработке проектов стратегических модернизационных преобразований угольной промышленности важно выявить, как их реализация повлияет на параметры устойчивого развития отрасли. Цель статьи – исследование перспектив использования показателя относительной безубыточности для обеспечения устойчивого развития угольной промышленности России в условиях значительных внешних вызовов. Гипотеза исследования заключается в предположении, что использование показателя относительной безубыточности в разработке стратегических направлений развития угольной промышленности позволит обеспечить динамическое равновесие экономических и технологических аспектов в условиях значительных экзогенных шоков. В работе была использована параметрическая модель, позволяющая исследовать внутренние взаимосвязи между экономической и технологической составляющими угледобывающего производства. Значения показателей параметрической модели были определены в соответствии с целевыми показателями Программы развития угольной промышленности России – 2035. Особенность предлагаемой методики оценки параметров динамического равновесия состоит в том, что она интегрирует методы системной динамики и устойчивости, позволяя получить глубокое понимание взаимосвязей между экономической и технологической деятельностью угледобывающего производства. В результате исследования были определены условия сохранения относительной безубыточности угледобывающих производств с учетом сложившихся тенденций изменения факторных составляющих и поставленных задач модернизационного развития угольной промышленности: рост цен на уголь не менее 3%; снижение себестоимости добычи угля не менее чем на 14%; рост объемов добычи и реализации угля не менее чем на 45%. Определены условия сохранения параметров динамического равновесия угольной промышленности при различных сценариях изменения мировых цен на уголь. Сделан вывод о возможности использования параметрической модели относительной безубыточности производства для моделирования параметров устойчивого развития угольной промышленности. Практические результаты данного исследования могут быть использованы при формировании теоретико-методологических основ стратегического развития угольной промышленности и выработке соответствующих планово-управленческих решений.

Ключевые слова: угольная промышленность; динамическое равновесие; параметрическая модель; относительная безубыточность; Программа развития угольной промышленности России – 2035.

1. Введение

Угольная промышленность, несмотря на существующие проблемы ее

развития, является одной из ведущих отраслей топливно-энергетического комплекса национальной экономики.

Балансовые запасы угля в России находятся на уровне 160 млрд т¹ (2-е место в мире после США). Объемы добычи угля в целом по России имеют тенденцию к росту (рис. 1).

В энергетическом балансе России удельный вес угля в настоящее время составляет 15%². За последние го-

¹ Программа развития угольной промышленности России на период до 2035 года. <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CNNAxwIYZEE6zm6152S.pdf>.

² Угольная генерация: новые вызовы и возможности // Центр энергетики Московской школы управления Сколково. 2019. https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_Coal_generation_2019.01.01_Rus.pdf.

ды потребление угля на внутреннем рынке снижается в пользу более дешевого и экономичного газового топлива. Однако динамика экспорта угля демонстрирует стабильность (рис. 2), что позволяет России оставаться одним из крупнейших экспортеров (3-е место в мире). Экспортные поставки угля являются пятой по объему валютных поступлений статьей, достигнув 17 млрд долл. США в год³.

Развитие угольной промышленности имеет важное значение с точки

³ Доклад А. Новака на заседании Правительства РФ по вопросу «О Программе развития угольной промышленности на период до 2035 года». <https://minenergo.gov.ru/node/17131>.



Рис. 1. Объемы добычи угля в России, тыс. т

Fig. 1. Coal production in Russia, thousand tons

Источник: Официальный сайт Министерства энергетики РФ. <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic>



Рис. 2. Показатели экспорта угля из России, тыс. т

Fig. 2. Indicators of coal export from Russia, thousand tons

Источник: Официальный сайт Министерства энергетики РФ. <https://minenergo.gov.ru/activity/statistic>

зрения поддержания национальной экономической и энергетической безопасности. Однако в настоящее время угольная промышленность в России переживает кризис, связанный с отказом от угля ряда ключевых европейских потребителей топлива в пользу альтернативных экологических источников энергии в рамках принятого в 2016 г. Парижского соглашения по климату. По мнению ряда ученых, угольная промышленность несет ответственность за многочисленные социальные и экологические последствия, связанные с ухудшением здоровья населения, разрушением биологических экосистем [1], нарушением водного режима территорий [2], загрязнением воздуха [3] и пр. Наряду с этим отечественное угольное производство отличается низкой экономической эффективностью. Производственные издержки угольных компаний постоянно растут, в особенности транспортные расходы, составляющие порядка 70% стоимости угля.

В то же время некоторые эксперты отмечают, что основные требования отказа от угля в пользу альтернативных источников энергии в большей степени носят политико-идеологический характер на уровне общественного мнения [4]. Проводимые исследования демонстрируют, что использование альтернативных углю источников энергии также влечет за собой значительные экологические риски [5]. В частности, озабоченность ученых вызывают потенциальные последствия радиоактивного загрязнения морской среды от размещения плавучих атомных электростанций [6]. Siddiqui и Dincer указывают, что выходные выбросы ядерной, ветровой и гидроэнергетики включают диоксид углерода, метан, оксид серы, оксиды азота, оказывая в той или иной мере влияние на потенциал глобального потепления, потенциал эвтрофикации

и потенциал токсичности для человека [7]. Поэтому многие страны, для которых уголь представляет собой стратегическое сырье, не поддерживают план Европейской комиссии по декарбонизации, ориентированный на достижение к 2050 г. климатической нейтральности.

Будущее российской угольной промышленности во многом связано с реализацией проектов по внедрению технологий «чистой» угольной генерации, которая по величине затрат, а также по уровню экологических рисков имеет значительные конкурентные преимущества по сравнению с атомной и солнечной энергетикой, а также нефтедобычей. Программой развития угольной промышленности до 2035 г.⁴ предусмотрено решение задач развития производственного потенциала отрасли. Данная программа предусматривает финансирование около 6 трлн руб. на модернизацию существующих и строительство новых шахт и разрезов с планируемым ростом добычи угля до 668 млн т к 2035 г. Соответственно, одной из основных задач становится задача выбора из множества вариантов инвестиционных решений, характеризующихся определенным набором технико-экономических показателей (инвестиции, объем добычи, величина операционных затрат) тех, которые позволят обеспечить устойчивость (резилиентность) развития угольной промышленности.

За рубежом теория устойчивого развития (резилиентности) в последнее десятилетие получила широкое распространение при выявлении условий поддержания развития социально-экономических систем различного уровня: городские системы [8, 9],

⁴ Программа развития угольной промышленности до 2035 г. Распоряжение Правительства РФ от 13 июня 2020 г. №1582-р. <http://static.government.ru/media/files/OoKX6PriWgDz4CNNAxwIYZEE6zm6152S.pdf>.

хозяйствующие субъекты [10], системы водных ресурсов [11], отрасль [12], регион [13]. В российской практике, как отмечают Климанов и др. [14], несмотря на то, что обеспечение устойчивости отрасли, страны, региона к внешним вызовам входят в задачи долгосрочного развития, при разработке документов стратегического планирования они не рассматриваются. В угольной промышленности сохраняется использование относительно простых подходов к определению экономической целесообразности реализации инвестиционных проектов в рамках формируемых стратегий развития.

Механизм анализа сводится, как правило, к сравнению вариантов по показателю чистой приведенной стоимости или индексу дохода, срокам окупаемости инвестиций. Такой подход не позволяет оценить, как реализуемые проекты отразятся на параметрах динамического равновесия угледобывающего производства. Игнорируется сам факт влияния возникающих в результате реализации данных проектов изменений во внутренних факторных пропорциях в угледобывающем производстве на параметры устойчивого развития отрасли. Отсутствие измерения характера такого влияния повышает риск принятия практических решений, которые приведут к кризисным явлениям в угольной промышленности. Это предопределяет актуальность данного исследования.

Цель статьи – исследование перспектив использования показателя относительной безубыточности для обеспечения устойчивого развития угольной промышленности России в условиях значительных внешних вызовов.

Гипотеза исследования заключается в предположении, что использование показателя относительной безубыточности в разработке стратегических направлений развития угольной

промышленности позволит обеспечить в ней динамическое равновесие экономических и технологических аспектов в условиях значительных экзогенных шоков.

Статья структурирована следующим образом. Первая часть содержит обзор литературы по проблемам поддержания устойчивого развития социально-экономических систем в целом и угольной промышленности в частности. Вторая часть посвящена характеристике методов и описанию методики проведения исследования. В третьей части проводится анализ условий сохранения относительной безубыточности угледобывающих производств с учетом сложившихся тенденций изменения факторных составляющих и поставленных задач модернизационного развития угольной промышленности. Моделируются сценарные варианты развития угольной промышленности с определением для каждого из сценариев условий сохранения параметров динамического равновесия. В заключении делаются выводы о возможности использования практических результатов данного исследования.

2. Степень проработанности проблемы

Для любой организации, функционирующей в рыночных условиях, основной задачей является обеспечение непрерывности ее развития. Состояние, при котором обеспечивается непрерывность воспроизводственных процессов в неизменных или возрастающих масштабах, в экономической науке имеет название «устойчивое» (резилиентное) или «равновесное». В определении состояния социально-экономической системы принято различать статическое и динамическое равновесие.

В условиях статического равновесия факторные пропорции,

связывающие ресурсный потенциал системы с ее производственными возможностями, принято считать неизменными. Соответственно оптимальное равновесное состояние угольной промышленности может быть достигнуто в условиях полного использования ее производственных возможностей при достижении равновесия между спросом и предложением на уголь.

В условиях динамического равновесия наиболее значимым является не статическое состояние системы, а то состояние, в котором она находится в процессе развития. При этом динамика производственных возможностей должна обеспечивать возможности для экономического роста.

Исследованию динамических связей развития производственных систем, обеспечивающих им устойчивое развитие, посвящено достаточно большое количество работ.

Гарипов и Гизатулин отмечают, что состояние устойчивости может обеспечиваться: 1) в стабильном состоянии; 2) в условиях непрерывных изменений, при которых система не утрачивает своих основных функциональных параметров; 3) в условиях равновесия; 4) в условиях циклических изменений [15]. При этом они подчеркивают, что исследование устойчивости связано с прогнозированием состояния параметров системы, выявлением взаимодействий, которые позволяют обеспечить ее движение по намеченной траектории. Данное исследование позволяет обратить внимание на многофакторность производственных систем и необходимость соблюдения определенных требований к формированию их структуры и механизмов внутренних взаимосвязей между экономической и технологической подсистемами.

Чернобай и Левушкина обосновывают значимость обеспечения

взаимосвязанного развития экономической, финансовой и технологической компонент на основе развития предпринимательской инициативы и реализации научно-технических проектов [16]. Именно эта взаимосвязанность, по мнению данных авторов, определяет новое качество устойчивого развития производственных систем.

В исследовании межкомпонентных связей, обеспечивающих устойчивое развитие социально-экономической системы, Бейбалаева выделяет различные виды внутрисистемных межкомпонентных связей, акцентируя внимание на том, что определенным целям, функциональным особенностям и условиям деятельности будут соответствовать определенные рациональные формы соединения [17].

Отдельное направление исследований связано с рассмотрением роли внеинституциональных взаимодействий в обеспечении устойчивого развития производственных систем. Так, Шагеев в решении задач устойчивости развития предприятия обращает внимание на необходимость обеспечения баланса целевых характеристик развития внутренних и внешних подсистем, представленных заинтересованными группами людей [18]. Магарил и Мацнева обосновывают, что устойчивость развития предприятия обеспечивается в том числе рациональными неформальными взаимосвязями между различными акторами производственной системы [19].

Для характеристики состояния устойчивости исследователи используют как простейшие модели равновесия, описываемые системой дифференциальных уравнений (модель межотраслевого баланса Леонтьева, описание устойчивого поведения системы Ляпуновым), так и более сложные, связанные с характеристикой условий ее выживаемости в условиях изменяющихся

факторов внешней среды и внутренних трансформаций.

Korolev, Toroptsev и др. для решения задач гармонизации процессов инновационного развития и экономического роста применяют модель баланса «затраты – выпуск» для определения динамических свойств экономических систем [20].

Tauuab, Jemaï и др. разработали производственную модель устойчивого развития текстильного производства с учетом политики сокращения вредных выбросов в окружающую среду и дискретной инвестиционной политики [21].

Идеи создания предпринимательского сообщества, многочисленные внутренние и внешние связи которого сконструированы таким образом, что обеспечивают поддержку процессов устойчивого развития отрасли, нашли выражение в экосистемном подходе. В рамках экосистемного подхода ученые исследуют процессы динамической эволюции угольной промышленности в условиях различного рода экономических потрясений.

Wang, Wang и др. для иллюстрации влияния иерархических факторов на устойчивое развитие экосистем угольной промышленности предлагают динамическую модель, базирующуюся на совокупности стохастических дифференциальных уравнений, демонстрирующих эволюционный путь развития угольной промышленности в условиях экономических шоков [22]. Данная модель позволила им определить ключевые факторы, определяющие устойчивость развития отрасли с точки зрения имеющихся ресурсов, технологий, влияния на окружающую среду и ожидаемых выгод [23].

В работе Кусуршашевой и др. представлен экосистемный подход к анализу процессов эволюционного развития российской угольной промышленности

с выделением системных ограничений и циклических факторов [24].

Bryant, Straker и Wrigley обосновывают, что применение экосистемного подхода к исследованию перспектив развития энергетического сектора позволяет проектировать экономически, экологический и социально выгодный переход к модели его устойчивого развития [25].

Мекуш и Елгина анализируют экологические рамки устойчивого функционирования угольной промышленности поднимаются [26]. В качестве основы для расчета ценности экосистемных услуг в рамках регионального стратегического планирования они определяют биоразнообразие территории. Воздействие угольной промышленности на экосистему региона особенно сильно проявляется при проведении вскрышных работ. Поэтому экологические рамки устойчивого развития угледобывающих производств данные исследователи определяют экологическими издержками, связанными с восстановлением природного капитала территории.

Prakash и др. в качестве устойчивой основы развития угольных шахт определяют добровольное решение ими экологических проблем [27]. Разработанный авторами индекс устойчивости позволяет выявить экономический, экологический и социальный «след», оставляемый угледобывающим предприятием, и на этой основе определить направления разработки устойчивых технологий добычи.

Tai, Xiao и Tang соотносят экологические рамки устойчивого функционирования угольной промышленности с экологической, социальной и экономической уязвимостью шахтерских городов [28]. Характеризуя факторы уязвимости, данные исследователи рассматривают научно-технические инновации, связанные со структурными

изменениями в угледобывающих производствах, как основу для повышения их экономической устойчивости.

Zhang и др. считают, что экологические проблемы, создаваемые угольной промышленностью, формируют новую систему ценностей, определяющую индикаторы экологической эффективности угледобычи. Основным фактором, выступающим основой для повышения устойчивого развития, авторы считают технологические изменения [29].

Для исследования факторов, обеспечивающих устойчивость развития, ряд авторов использует модели системной динамики. Например, в разработанной Акоповым и др. [30] системе прогнозирования объемов нефтедобычи используются методы параметрической аппроксимации и имитационного моделирования, описывающие динамику добычи на каждой скважине. Методы системной динамики для понимания устойчивости производства были применены Zhang и др. [31]. На примере предприятия по производству металлического оборудования авторы моделируют взаимосвязи между техническими, экономическими, социальными и экологическими показателями эффективности на уровне отдельных бизнес-процессов и структурных подразделений.

Формируемые исследователями системные структуры, отражают взаимосвязи между техническими, экологическими, социальными и экономическими показателями эффективности производства на различных уровнях управления. В качестве основных критериев устойчивого развития, как правило, используют показатели, которые определяют главные задачи развития отрасли, выражающиеся в обеспечении определенного уровня доходности компаний. Для угольной промышленности таким показателями являются объем добычи угля, производительность труда,

себестоимость 1 т угля, а также зольность – показатели, формирующие прибыль и рентабельность производства.

Традиционные паттерны эффективного производства в угольной промышленности базируются на принципах обеспечения статического равновесия. Для оценки производственного потенциала угледобывающих компаний используют производственные функции, отражающие зависимость объема добычи от различных факторов (чаще всего – величина производственных фондов и затраты труда). Планируемые объемы добычи определяются на основе балансового подхода – с учетом имеющихся производственных мощностей при определенной эффективности их использования. При введении в действие новых производственных мощностей оценивается экономическая эффективность реализации проекта (на основе показателей чистого дисконтированного дохода и срока окупаемости инвестиций) и прогнозируются показатели роста объемов добычи. Исследование того, как изменение соотношения основных факторных параметров деятельности предприятия вследствие реализации модернизационного проекта скажется на условиях достижения состояния динамического равновесия, не осуществляется.

В существующих моделях равновесия решение задач определения параметров устойчивого развития горнодобывающего предприятия связано не столько с оценкой внутренних возможностей предприятия, сколько с оценкой величины потребительского спроса, действиями конкурентов, а также реализуемой экономической политикой.

Например, в модели Zhou, Zhang и др. рассматриваются различные технические и эксплуатационные ограничения, связанные с инфраструктурными, транспортными и технологическими

возможностями реализации определенного объема продукции [32]. Модель Liu и др. базируется на согласовании объемов спроса и предложения для оптимизации угольных потоков [33].

Таким образом, можно сказать о доминировании приоритета внешних факторов в определении перспектив стратегического развития угольной промышленности. При этом очевиден пробел в исследовании внутренних взаимосвязей между экономической и технологической деятельностью угледобывающего предприятия, определяющих динамику параметров устойчивого развития при реализации модернизационных преобразований.

Тем не менее имеются исследования, в которых отмечается важность изучения структурных отношений динамического развития социально-экономических систем. Например, Бейбалаева в своих исследованиях, посвященных проблемам динамического развития территориально-отраслевых структур, отмечает, что на устойчивость в значительной степени влияет характер соподчиненности и пропорциональности между составляющими ее элементами [34]. Kuhnonen также акцентирует, что устойчивость можно рассматривать как осуществление воспроизводственных процессов в условиях, когда структура предприятия и его деятельность хорошо согласуются с внешними факторами [35].

Методы динамического моделирования параметров устойчивого развития экономических систем представлены в исследованиях Богатина и Швандара [36]. Ими была разработана параметрическая модель прибыли, позволяющая определить границы безубыточности производственной деятельности.

$$I = \frac{b(pd - g) + (1 - r)(b - 1 - f)}{p - 1}, \quad (1)$$

где b – коэффициент изменения объема производства и реализации готовой продукции;

p – коэффициент рентабельности производства товарной продукции;

d – коэффициент изменения цены реализации товарной продукции;

g – коэффициент изменения себестоимости продукции под влиянием ее переменных составляющих;

r – коэффициент переменных затрат в базисном периоде;

f – коэффициент изменения постоянных затрат.

Формулы для определения параметрических показателей представлены в табл. 1.

Параметрическая модель прибыли получила распространение в практике рыночного моделирования параметров устойчивого развития предприятия. Сергиян и Мудрова используют данную модель для обоснования перспектив развития торговых сетей в условиях жесткой конкуренции [37]. Чеховская, Сидорова и Зенин с помощью параметрической модели прибыли дают оценку коммерческой эффективности инвестиционного проекта на предприятиях пищевой промышленности [38]. Параметрическая модель прибыли Богатина и Швандара была использована исследователями при оценке перспектив модернизационных преобразований горнодобывающих [39] и горно-металлургических предприятий [40]. Однако пока эта параметрическая модель не использовалась для решения задач обеспечения устойчивого развития социально-экономических систем более высокого уровня, например, отрасли.

В целом можно сказать, что различные методы оценки устойчивости промышленных систем включают следующие основные направления: 1) учет эколого-технико-экономических факторов; 2) исследование параметров

Таблица 1. Формулы для определения параметрических показателей

Table 1. Formulas for determining parametric indicators

Параметрический показатель	Формула	Расчетные показатели
коэффициент изменения объема производства и реализации готовой продукции	$b = \frac{Q_m}{Q_0}$	Q_m – объем производства и реализации продукции в текущем периоде; Q_0 – объем производства и реализации продукции в базисном периоде
коэффициент рентабельности производства товарной продукции	$p = \frac{П_0}{C_0}$	$П_0$ – цена реализации единицы товарной продукции в базисном периоде; C_0 – себестоимость единицы продукции в базисном периоде
коэффициент изменения цены реализации товарной продукции	$d = \frac{П_m}{П_0}$	$П_m$ – цена реализации единицы товарной продукции в текущем периоде; $П_0$ – цена реализации единицы товарной продукции в базисном периоде
коэффициент изменения себестоимости продукции под влиянием ее переменных составляющих	$g = K_{nep} * r + (1+r)$	K_{nep} – коэффициент изменения переменных затрат базисного периода в текущем периоде; r – коэффициент переменных затрат в базисном периоде
коэффициент переменных затрат в базисном периоде	$r = \frac{C_{nep}}{C_0}$	C_{nep} – переменные затраты на единицу продукции в базисном периоде; C_0 – себестоимость единицы продукции в базисном периоде
коэффициент изменения постоянных затрат	$f = \frac{\Delta C_{пост}}{C_{пост}}$	$\Delta C_{пост}$ – прирост условно-постоянных затрат в анализируемом периоде; $C_{пост}$ – условно-постоянные затраты в базисном периоде

Источник: составлено автором по источнику [36].

устойчивого развития промышленных систем в условиях внешних шоков; 3) эффективные стратегии восстановления параметров устойчивого развития. Однако все эти области исследований не были ориентированы на рассмотрение стратегических перспектив развития угольной промышленности.

Основываясь на рассмотренных выше работах, в данной статье для исследования внутренних взаимосвязей между экономической и технологической составляющих угледобывающего производства мы будем руководствоваться параметрической моделью прибыли Богатина и Швандара [36]. Данная

модель интегрирует методы системной динамики и оценки устойчивости, позволяя получить глубокое понимание взаимосвязей между экономической и технологической деятельностью угледобывающего производства. Она может стать основанием для принятия стратегических и тактических решений в области устойчивого развития как отдельного предприятия, так и угольной промышленности в целом при формировании стратегии модернизационного развития.

3. Предлагаемые методы

Важным фактором, определяющим отраслевую устойчивость (резилент-

ность) развития, является структура прибылеобразующих факторов производственной деятельности. Так, при прочих равных условиях, наиболее устойчивыми к рыночным потрясениям оказываются те сектора экономики, которые способны изыскать возможности скорректировать свои прибылеобразующие параметры с учетом конъюнктурных изменений.

Отраслевыми специфическими чертами угледобывающей промышленности являются: 1) нестабильность производственного потенциала шахт; 2) ограниченность срока службы горнодобывающего предприятия запасами полезного ископаемого, пригодными к добыче; 3) изменчивость и неоднозначность производственных ситуаций.

Все это приводит к тому, что угледобывающая промышленность, обладая значительными производственными мощностями, несет в своей деятельности значительные риски, связанные с невозможностью резкого изменения объемов добычи угля. Поэтому в условиях сокращения спроса на уголь, постоянного колебания мировых цен на топливные ресурсы угольная промышленность не может гарантировать устойчивость и надежность развития. Следовательно, для того чтобы в определенной степени компенсировать негативные факторы рынка, в структуре прибылеобразующих факторов в угледобывающей промышленности должны сложиться такие пропорции, которые будут обеспечивать условия поддержания безубыточного объема производства и получение определенного размера прибыли.

В итоге с точки зрения обеспечения динамического равновесия индикатором устойчивого развития угольной промышленности можно рассматривать показатель относительной безубыточности производства – такое состояние, при котором получаемая

прибыль (например, при реализации модернизационных преобразований или при изменении цен на уголь) будет не ниже ее предшествующего (базового) значения.

Из параметрической модели прибыли (1) можно определить границу относительной безубыточности, при которой полученная в результате модернизационных преобразований прибыль будет не ниже ее величины в базисном периоде. Таким образом будет выполняться условие $I = 1$. Соответственно параметрическая модель относительной безубыточности будет выглядеть следующим образом [36]:

$$I = \frac{b(pd - g) + (1-r)(b-1-f)}{p-1} = 1. \quad (2)$$

В нашей методике к прибылеобразующим факторам деятельности угледобывающего производства были отнесены следующие показатели параметрической модели (2):

- темпы изменения объемов добычи угля;
- темпы изменения рентабельности добычи угля;
- индекс изменения себестоимости угля;
- индекс постоянных затрат и индекс переменных затрат.

Используя параметрическую модель (2), были определены условия по каждому из ее параметров (по цене, себестоимости или объему добычи), следуя которым можно получить прибыль не меньше, чем в предшествующем (базисном) периоде.

$$d > \frac{bg + (p-r) - (1-r)(b-f)}{bp}, \quad (3)$$

$$g > \frac{bpd - (p-r) + (1-r)(b-f)}{b}, \quad (4)$$

$$b > \frac{p-r+f(1-r)}{pd-g+(1-r)}. \quad (5)$$

Важным достоинством данной модели с позиций решения задач обеспечения динамического равновесия угольной промышленности является возможность определения компенсационного прироста/снижения одного фактора при изменении другого фактора с условием, что прибыль остается на уровне базисного периода. В отличие от традиционных моделей анализа состояния экономической системы, при котором ее показатели деятельности сравниваются с эмпирически найденными усредненными, оптимальными показателями, в данном случае сравнение осуществляется с природой модели состояния исследуемого субъекта.

Для проведения исследования были использованы официальные данные сайтов Минэкономразвития и Минэнерго⁵, характеризующее современное состояние угольной промышленности, а также определяющие прогнозные значения основных показателей ее развития в перспективе до 2035 г. Для анализа был выбран период 2021–2025 гг., что соответствует первому этапу реализации Программы развития угольной промышленности до 2035 г. В качестве основных внешних факторов, оказывающих воздействие на параметры развития угольной промышленности, были рассмотрены изменение мировых цен на уголь, а также изменение спроса на уголь на мировом рынке. Основными внешними вызовами при этом выступают процессы декарбонизации, а также экономический кризис, обусловленный факторами пандемии COVID-19.

Методика проведения исследования включала следующие основные этапы (табл. 2).

⁵ Официальный сайт Минэкономразвития <https://minenergo.gov.ru/node/433> ; Официальный сайт Минэнерго https://www.economy.gov.ru/material/directions/makroec/prognozy_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya/prognoz_socialno_ekonomicheskogo_razvitiya_rf_na_2021_god_i_na_planovyy_period_2022_i_2023_godov.html.

На первом этапе исследования были определены условия сохранения динамического равновесия угольной промышленности при сложившейся структуре факторных пропорций. На втором этапе исследования были смоделированы сценарные варианты развития угольной промышленности в соответствии с оптимистичным и пессимистичным прогнозами изменения мировых цен на уголь; определены условия сохранения параметров динамического равновесия для каждого сценария. На третьем этапе проанализирован запас прочности угольной промышленности с учетом сложившихся тенденций изменения факторных составляющих в соответствии с поставленными задачами модернизационного развития.

4. Результаты исследования

Применительно к угольной промышленности под состоянием ее динамического равновесия понимается такое состояние, при котором факторные пропорции, связывающие объемы добычи угля, структуру и производительность ресурсов, способствуют устойчивому развитию.

В данном исследовании впервые проводится анализ взаимосвязи факторных пропорций, определяющих параметры динамического равновесия угледобывающего предприятия через показатель относительной безубыточности производства. Для проведения такого анализа была использована описанная выше параметрическая модель, позволяющая определить границы относительной безубыточности.

Значения показателей параметрической модели определены следующим образом:

– коэффициент изменения объема производства и реализации готовой продукции (*b*). В соответствии с Программой развития угольной

Таблица 2. Этапы проведения исследования параметров динамического равновесия угольной промышленности в условиях внешних вызовов

Table 2. Stages of the study of the parameters of the dynamic equilibrium of the coal industry in the context of external challenges

Этап	Название этапа	Содержание этапа
1	Определение условий сохранения динамического равновесия угольной промышленности в существующих экономических условиях	Определение показателей относительной безубыточности угледобывающего производства: – по цене; – по себестоимости; – по объему добычи
2	Моделирование оптимистичного и пессимистичного сценария развития угольной промышленности в соответствии с прогнозами изменения мировых цен на уголь	Определение показателей относительной безубыточности угледобывающего производства при росте и при снижении мировых цен на уголь: – по себестоимости; – по объему добычи
3	Определение запаса прочности угольной промышленности с учетом поставленных задач модернизационных преобразований	Расчет показателя страхового коэффициента относительной безубыточности при запланированном Программой – 2035 росте объемов добычи угля

промышленности России на период до 2035 г. ежегодный прирост объемов добычи угля составляет 5%. Предполагаем, что соответственно увеличится и объем реализации угля ($b=1,05$);

– коэффициент рентабельности производства товарной продукции (p). В соответствии с данными «Росинформуголь»⁶, рентабельность производства угля в настоящее время находится на уровне 8–10%. Для расчетов примем $p=1,1$;

– коэффициент изменения цены реализации товарной продукции – по долгосрочному сценарию развития рынка топливно-энергетических ресурсов прогнозируется снижение цены на уголь на 7–10%. Для расчетов примем значение $d=0,93$, предполагая снижение цены на 7%;

– коэффициент изменения себестоимости продукции (угля) под влиянием изменения переменных ее составляющих (g). По данным «Росинформуголь», данный показатель составляет в среднем около 1%. Согласно расчетам параметрических показателей по формулам, представленным в табл. 1, значение $g=1,006$;

– коэффициент переменных затрат в базисном периоде (r). В структуре себестоимости угля переменные издержки составляют порядка 60%. Соответственно, примем следующее значение коэффициента $r=0,6$;

– коэффициент изменения постоянных затрат. По результатам анализа итогов работы угольной промышленности России за 2016–2020 гг., рост себестоимости добычи угля происходит преимущественно за счет роста условно-постоянных затрат [41]. Для проведения расчетов примем $f=0,14$.

⁶ <http://rosgorprom.com/files/New%20informations/6VGS/minenergo.pdf>

Определим условия безубыточного угледобывающего производства по каждому параметру модели (по цене, себестоимости и объему добычи) (табл. 3).

В соответствии с полученными расчетами можно сказать, что динамическое равновесие в развитии угольной промышленности будет обеспечиваться при выполнении одного из следующих условий при том, что остальные параметры останутся на том же уровне:

- рост цен на уголь составит не менее 3 %;
- снижение себестоимости добычи угля не менее чем на 14 %;
- рост объемов добычи и реализации угля не менее чем на 45 %.

Вероятность выполнения первого условия представляет очень низкой. Так, в отношении цен на уголь по причине замедления темпов роста мировой экономики, реализации экологических инициатив, а также ужесточения конкуренции на рынке топливно-энергетических ресурсов, как было отмечено ранее, прогнозируется их снижение на 7–10 %.

Перспективы устойчивого развития угольной промышленности во многом связываются с ростом спроса на российский уголь на международном рынке. При этом для оптимистичного сценария предусматривается рост объемов добычи на 27 %, чего явно недостаточно для поддержания параметров динамического равновесия в условиях снижения мировых цен на уголь. Для того

чтобы гарантировать конкурентоспособность российских углей, необходимы модернизационные преобразования угольной промышленности, в том числе направленные на снижение производственных издержек.

Манипулируя входящими в модель (1) параметрами, можно определить то их соотношение, которое позволит обеспечить решение стратегических задач развития угольной промышленности с учетом внешних вызовов. Чаще всего при решении такой задачи оперируют показателями антиподами «цена реализации – производственные затраты», «цена реализации – объем реализации».

Рассмотрим различные сценарии развития угледобывающей промышленности в зависимости от того, как будет меняться ситуация с мировыми ценами уголь на и определим условия сохранения параметров динамического равновесия для каждого из них.

4.1. Результаты моделирования по первому сценарию

Первый сценарий предусматривает сохранение тенденции снижения мировых цен на уголь. Результаты расчетов необходимого прироста объемов добычи или снижения себестоимости производства для обеспечения параметров безубыточного функционирования угольной промышленности при изменении цены в пределах 1–10 % представлен в табл. 4.

Таблица 3. Условия безубыточного производства в угледобывающей промышленности

Table 3. Conditions of breakeven production in the coal mining industry

Параметр	Условие безубыточности
По цене	$d > 1,03$
По себестоимости	$g < 0,86$
По объему добычи	$b > 1,45$

Источник: рассчитано автором

Таблица 4. Параметры безубыточного функционирования угольной промышленности России при изменении мировых цен на уголь
 Table 4. Parameters of the break-even functioning of the coal industry in Russia amid changes in world coal prices

Коэффициент изменения цены	Условия безубыточности	
	по объему добычи	по себестоимости
0,99	1,15	0,93
0,98	1,18	0,92
0,97	1,21	0,91
0,96	1,24	0,90
0,95	1,27	0,89
0,94	1,30	0,88
0,93	1,33	0,87
0,92	1,37	0,86
0,91	1,41	0,85
0,90	1,45	0,83

Источник: рассчитано автором.

Из приведенных расчетов видно, что для сохранения параметров устойчивости развития угольной промышленности компенсировать снижение цен можно будет только при условии роста спроса на российский уголь на мировом рынке. Например, при снижении цены на 1% прирост объемов добычи должен составить 15%, при снижении цены на 2% – объем добычи должен увеличиться на 18% и т. д. Другим способом сохранения параметров динамического равновесия угольной промышленности является снижение производственных издержек за счет внедрения инновационных технологий. Так, например, при снижении цен на уголь на 10% для устойчивого развития угольной промышленности необходимо снижение производственных издержек на 17%, при снижении цен на 5% необходимо снижение издержек на 11%.

Если же, например, ситуация на топливно-энергетическом рынке позволит

повысить объемы реализации угля на 15%, то тогда (произведя расчеты по формуле (3)) для поддержания параметров устойчивого развития в условиях снижения цен на уголь на 5% достаточно обеспечить снижение производственных издержек на 4%.

Данные рассуждения могут быть положены в основу определения целевых показателей развития при рассмотрении проектов модернизации горнодобывающего производства.

4.2. Результаты моделирования по второму сценарию

Второй сценарий – оптимистический предполагает, что цены на уголь будут расти. В этом случае параметры безубыточного функционирования угольной промышленности при росте цен до 10% представлены в табл. 5.

Как видно из приведенных данных, в случае роста цен на уголь более чем на 5% российская угольная

Таблица 5. Параметры безубыточного функционирования угольной промышленности России при изменении мировых цен на уголь

Table 5. Parameters of the break-even functioning of the coal industry in Russia with changes in world prices for coal

Коэффициент изменения цены	Условия безубыточности	
	по объему добычи	по себестоимости
1,0	1,13	0,94
1,01	1,10	0,96
1,02	1,08	0,97
1,03	1,06	0,98
1,04	1,03	0,99
1,05	1,01	1,0
1,06	0,99	1,01
1,07	0,97	1,02
1,08	0,96	1,03
1,09	0,94	1,04
1,10	0,92	1,05

Источник: рассчитано автором.

промышленность сохранит параметры устойчивости даже при незначительном росте издержек и снижения объемов реализации угля.

4.3. Результаты определения запаса прочности

Перспективы развития угольной промышленности России во многом связаны с конкурентоспособностью российских углей на мировом рынке.

Вследствие такой зависимости параметров устойчивости угольной промышленности от спроса на уголь представляет интерес определения запаса прочности отрасли по объему реализации продукции. Запас прочности может быть определен на основе расчета страхового коэффициента, который определяется как отношение объема реализации угля (например, определяемого в соответствии с Программой развития угольной промышленности) и объема

реализации, при котором наступает безубыточность производства.

Проводя соответствующие преобразования модели (1), получена следующая формула для расчета показателя страхового коэффициента относительной безубыточности, который отражает запас прочности угольной промышленности по объему реализации продукции:

$$Кб_b = \frac{b(pd - g) + (1 - r)b}{(p - 1) + (1 - r)(1 + f)}. \quad (5)$$

Итак, если согласно Программе развития угольной промышленности планируется рост объемов добычи 27% ($b = 1,27$); коэффициент рентабельности производства составляет $p = 1,1$; себестоимость добычи угля в результате модернизационных преобразований снизится на 10% ($g = 0,9$), при этом постоянные затраты снизятся на 5% ($f = 0,05$), а цена реализации угля

не изменится ($d = 1$), тогда страховой коэффициент относительной безубыточности угледобывающего производства будет равен $K\sigma_b = 1,465$. Это означает, что запланированные результаты позволяют сформировать для угольной промышленности определенный запас прочности. И если объем реализации угля в силу различных внешних факторов снизится не более чем на 46,5%, то угольная промышленность сохранит параметры устойчивости.

Таким образом, проведенная экспериментальная проверка демонстрирует возможности использования показателя относительной безубыточности для принятия планово-управленческих решений при разработке стратегии развития угольной промышленности в условиях изменения ситуации на топливно-энергетическом рынке.

5. Выводы

Ключевой задачей управления стратегическим развитием угольной промышленности является формирование новых конкурентных преимуществ на основе реализации модернизационных проектов. Учитывая, что реализация поставленных Программой развития угледобывающей отрасли модернизация угледобывающих производств предполагает значительные расходы, формирование стратегии развития угледобывающей промышленности должно осуществляться с не только с позиций имеющихся производственных ограничений, но и исходя из исследования соотношения параметров объемов добычи, мировых цен на уголь, а также величины прямых переменных и условно-постоянных затрат. Перспективы реализации проектов модернизационных преобразований угольной промышленности соответственно должны быть оценены не только с точки зрения ожидаемых экономических эффектов,

но и с позиций достижения таких факторных пропорции, которые позволят обеспечить устойчивость ее развития.

В данной статье для проведения исследования внутренних взаимосвязей между экономической и технологической составляющих угледобывающего производства была использована параметрическая модель, интегрирующая методы системной динамики и оценки устойчивости. Экспериментальная проверка данной модели подтвердила авторскую гипотезу о том, что использование показателя относительной безубыточности позволит обеспечить динамическое равновесие экономических и технологических аспектов угольной промышленности при значительных экзогенных шоках.

Проведенные расчеты показали, что перспективы устойчивого развития угольной промышленности во многом определяются изменением мировых цен на уголь и объемом спроса на российские угли. Учитывая возможные риски снижения спроса на уголь по причине замедления темпов роста мировой экономики в результате кризисных явлений, обусловленных пандемией, реализации экологических инициатив декарбонизации, а также ужесточения конкуренции на рынке топливно-энергетических ресурсов, обеспечить устойчивость развития отечественной угольной промышленности представляется возможным за счет реализации проектов модернизации угледобывающего производства, позволяющих снизить производственные издержки не менее чем на 14% при прогнозируемом снижении цен на уголь на 7–10%.

В целом можно сказать, что цель, поставленная в статье, достигнута. Проведенные экспериментальные расчеты демонстрируют возможность использования практических результатов данного исследования при формировании теоретико-методологических основ

стратегического развития угольной промышленности и выработке соответствующих планово-управленческих решений.

Возможности использования показателя относительной безубыточности

для анализа структурных сдвигов в угольной промышленности, связанных с реализацией Программы ее развития, будут рассмотрены автором в дальнейших исследованиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Valck J., Williams G., Kuik S.* Does coal mining benefit local communities in the long run? A sustainability perspective on regional Queensland, Australia // *Resources Policy*. 2021. Vol. 71. P. 102009. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102009.
2. *Carmona S., Jaramillo P.* Anticipating futures through enactments of expertise: A case study of an environmental controversy in a coal mining region of Colombia // *The Extractive Industries and Society*. 2020. Vol. 7, Issue 3. Pp. 1086–1095. DOI: 10.1016/j.exis.2020.06.009.
3. *Oskarsson P., Bedi H. P.* Extracting environmental justice: Countering technical renditions of pollution in India's coal industry // *The Extractive Industries and Society*. 2018. Vol. 5, Issue 3. Pp. 340–347. DOI: 10.1016/j.exis.2018.05.003.
4. *Žuk P., Žuk P., Pluciński P.* Coal basin in Upper Silesia and energy transition in Poland in the context of pandemic: The socio-political diversity of preferences in energy and environmental policy // *Resources Policy*. 2021. Vol. 71. P. 101987. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.101987.
5. *Gyamfi B., Adedoyin F., Bein M., Bekun F., Agozie D.* The Anthropogenic Consequences of Energy consumption in E7 Economies: Juxtaposing roles of Renewable, Coal, Nuclear, Oil and Gas Energy: Evidence from Panel Quantile Method // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 295. P. 126373. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126373.
6. *Standring W. J.F., Dowdall M., Amundsen I., Strand P.* Floating nuclear power plants: Potential implications for radioactive pollution of the northern marine environment // *Marine Pollution Bulletin*. 2009. Vol. 58, Issue 2. Pp. 174–178. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.11.025.
7. *Siddiqui O., Dincer I.* Comparative assessment of the environmental impacts of nuclear, wind and hydro-electric power plants in Ontario: A life cycle assessment // *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 164. Pp. 848–860. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.237.
8. *Shi Y., Zhai G., Xu L., Zhou Sh., Lu Yu., Liu H., Huang W.* Assessment methods of urban system resilience: From the perspective of complex adaptive system theory // *Cities*. 2021. Vol. 112. P. 103141. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103141.
9. *Mou Y., Luo Yu., Su Z., Wang J., Liu T.* Evaluating the dynamic sustainability and resilience of a hybrid urban system: case of Chengdu, China // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 291. P. 125719. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125719.
10. *Sobaih A., Elshaer I., Hasanein A., Abdelaziz A.* Responses to COVID-19: The role of performance in the relationship between small hospitality enterprises' resilience and sustainable tourism development // *International Journal of Hospitality Management*. 2021. Vol. 94. P. 102824. DOI: 10.1016/j.ijhm.2020.102824.
11. *Liu D.* Evaluating the dynamic resilience process of a regional water resource system through the nexus approach and resilience routing analysis // *Journal of Hydrology*. 2019. Vol. 578. P. 124028. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124028.
12. *Romão J.* Tourism, smart specialisation, growth, and resilience // *Annals of Tourism Research*. 2020. Vol. 84. P. 102995. DOI: 10.1016/j.annals.2020.102995.
13. *Tan J., Hu X., Hassink R., Ni J.* Industrial structure or agency: What affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China // *Cities*. 2020. Vol. 106. P. 102906. DOI: 10.1016/j.cities.2020.102906.
14. *Климанов В. В., Казакова С. М., Михайлова А. А.* Ретроспективный анализ устойчивости регионов России как социально-экономических систем // *Вопросы экономики*. 2019. № 5. С. 46–64. DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.

15. Гарипов Ф. Н., Гизатуллин Х. Н. Устойчивость функционирования производственно-экономических систем // Экономика региона. 2012. № 4. С. 116–122.
16. Чернобай Н. Б., Левушкина С. В. Новое качество в управлении устойчивым развитием предпринимательских структур // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки. 2017. Т. 10, № 4. С. 136–145. DOI: 10.18721/JE.10413.
17. Бейбалаева Д. К. Проблемы динамического развития территориально-отраслевых отношений и их структуризации в экономике региона // Региональные проблемы преобразования экономики. 2008. № 2. С. 47–54.
18. Шагеев Д. А. Управление развитием промышленного предприятия по показателям дисбаланса целевых характеристик: теория и практика // Экономический анализ: теория и практика. 2014. № 45 (396). С. 29–43.
19. Мацнева Е. А., Магарил Е. П. Устойчивое развитие промышленного предприятия: понятие и критерии оценки // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2012. № 5. С. 25–33.
20. Korolev V. A., Toroptsev Y. L., Matveeva L. G., Chernova O. A. Modeling of dynamic properties of national economic systems // Serbian Journal of Management. 2018. Vol. 13, No. 1. Pp. 133–143. DOI: 10.5937/sjml3–12991.
21. Tayyab M., Jemai J., Lim H., Sarkar B. A sustainable development framework for a cleaner multi-item multi-stage textile production system with a process improvement initiative // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 246. P. 119055. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119055.
22. Wang D., Wang Y., Huang Z., Cui R. Understanding the resilience of coal industry ecosystem to economic shocks: Influencing factors, dynamic evolution and policy suggestions // Resources Policy. 2020. Vol. 67. P. 101682. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101682.
23. Wang D., Shen Y., Zhao Yu., He W., Liu X., Qian X., Lv T. Integrated assessment and obstacle factor diagnosis of China's scientific coal production capacity based on the PSR sustainability framework // Resources Policy. 2020. Vol. 68. P. 101794. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101794.
24. Кусургашева Л. В., Муромцева А. К., Баканов А. А., Прокопенко Е. В. Циклические факторы и системные ограничения развития угольной промышленности России // Уголь. 2020. № 10 (1135). С. 33–39. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-33-39.
25. Bryant S., Straker K., Wrigley C. Designing our sustainable energy future: A shock doctrine for energy // Energy Policy. 2020. Vol. 147. P. 111914. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111914.
26. Мекуш Г. Е., Елгина Ю. М. Экономика угольного региона в контексте учета ценности экосистемных услуг // Региональная экономика: теория и практика. 2018. Т. 16, № 3 (450). С. 567–578. DOI: 10.24891/re.16.3.567.
27. Prakash V., Sinha S., Das N. C., Panigrahi D. C. Sustainable mining metrics en route a coal mine case study // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 268. P. 122122. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122122.
28. Tai X., Xiao W., Tang Yu. A quantitative assessment of vulnerability using social-economic-natural compound ecosystem framework in coal mining cities // Journal of Cleaner Production. 2020. Vol. 258. P. 120969. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120969.
29. Zhang L., Gao W., Chiu Yu., Pang Q., Shi Zh., Guo Zh. Environmental performance indicators of China's coal mining industry: A bootstrapping Malmquist index analysis // Resources Policy. 2021. Vol. 71. P. 101991. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.101991.
30. Акопов А. С., Бекларян А. Л., Хачатрян Н. К., Фомин А. В. Система прогнозирования динамики добычи нефти с использованием имитационного моделирования // Информационные технологии. 2017. Т. 23, № 6. С. 431–436.
31. Zhang H., Veltri A., Calvo-Amodio J., Haapala K. Making the business case for sustainable manufacturing in small and medium-sized manufacturing enterprises: A systems

decision making approach // *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 287. P. 125038. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125038.

32. Zhou X., Zhang H., Qiu R., Lv M., Xiang Ch., Long Y., Liang Y. A two-stage stochastic programming model for the optimal planning of a coal-to-liquids supply chain under demand uncertainty // *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 228. Pp. 10–28. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.264.

33. Liu F., Lv T., Sajid M., Li X. Optimization for China's coal flow based on matching supply and demand sides // *Resources, Conservation and Recycling*. 2018. Vol. 129. Pp. 345–354. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.08.013.

34. Бейбалаева Д. К. Анализ структуры экономики республики Дагестан и направления ее развития // *Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Экономические науки*. 2008. № 2 (54). С. 60–65.

35. Kuhlmonen I. The resilience of Finnish farms: Exploring the interplay between agency and structure // *Journal of Rural Studies*. 2020. Vol. 80. Pp. 360–371. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2020.10.012.

36. Богатин Ю. В., Швандар В. А. Экономическое управление бизнесом. М. : Юнити-Дана, 2012. 391 с.

37. Сергиян К. С., Мудрова Л. И. Развитие потребительского рынка в России в условиях жёсткой конкуренции мировых и отечественных торговых сетей // *Terra Economicus*. 2008. Т. 6, № 1 (3). С. 421–425.

38. Чеховская И. А., Сидорова Е. Е., Зенин А. В. Оценка коммерческой эффективности инвестиционного проекта на предприятиях пищевой промышленности // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2013. № 3 (3). С. 242–248.

39. Матвеева Л. Г., Чернова О. А. Индикативный подход к прогнозированию и стратегическому управлению развитием угледобывающего предприятия // *Устойчивое развитие горных территорий*. 2014. Т. 6, № 3. С. 96–100.

40. Пустовалов А. А. Особенности управления инвестиционными ресурсами горно-металлургического предприятия // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2005. № 7. С. 334–338.

41. Таразанов И. Г., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за январь-декабрь 2020 года // *Уголь*. 2021. № 3 (1140). С. 27–43. DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернова Ольга Анатольевна

Доктор экономических наук, профессор кафедры информационной экономики экономического факультета Южного федерального университета, г. Ростов-на-Дону, Россия (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Горького, 88); ORCID 0000-0001-5072-7070; e-mail: chernova.olga71@yandex.ru.

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Чернова О. А. Относительная безубыточность как детерминанта динамического равновесия угольной промышленности России // *Journal of Applied Economic Research*. 2021. Т. 20, № 2. С. 194–216. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.009.

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 5 апреля 2021 г.; дата поступления после рецензирования 3 мая 2021 г.; дата принятия к печати 2 июня 2021 г.

Relative Break-Even as a Determinant of the Dynamic Balance of the Russian Coal Industry

O. A. Chernova  

Southern Federal University,
Rostov-on-Don, Russia

 chernova.olga71@yandex.ru

Abstract. The stability of the development of the coal industry is largely determined by factor proportions linking its resource potential with production and market opportunities. Therefore, when developing projects for strategic modernization transformations of the coal industry, it is important to identify how their implementation will affect the parameters of sustainable development of the industry. The purpose of the article is to study the prospects for using the relative break-even indicator to ensure sustainable development of the coal industry in Russia in the face of significant external challenges. The hypothesis of the study lies in the assumption that the use of the relative break-even indicator in the development of strategic directions for the development of the coal industry will ensure a dynamic balance of economic and technological aspects under the conditions of significant exogenous shocks. In this work, a parametric model was used that allows one to investigate internal relationships between the economic and technological components of coal mining. The values of the parameters of the parametric model were determined in accordance with the target indicators of the Program for the Development of the Coal Industry of Russia through to 2035. The peculiarity of the proposed methodology for assessing the parameters of the dynamic equilibrium is that it integrates the methods of system dynamics and sustainability, allowing for deep understanding of the relationship between the economic and technological activities of coal mining production. As a result of the study, the conditions for maintaining the relative break-even point of coal-mining industries were determined, taking into account the current trends of changing factor components and the tasks set for the modernization of the coal industry: achieving an increase in coal prices of at least 3%; reduction of the cost of coal mining by at least 14%; an increase in coal production and sales by at least 45%. The conditions for maintaining the parameters of the dynamic equilibrium of the coal industry under various scenarios of changes in world prices for coal have been determined. The conclusion is made about the possibility of using a parametric model of the relative breakeven of production for modeling the parameters of sustainable development of the coal industry. The practical results of this study can be used in the formation of the theoretical and methodological foundations of the strategic development of the coal industry and in the development of appropriate planning and management decisions.

Key words: coal industry; dynamic equilibrium; parametric model; relative break-even; Program for the development of the coal industry in Russia – 2035.

JEL O25, L52, C54

References

1. Valck, J., Williams, G., Kuik, S. (2021). Does coal mining benefit local communities in the long run? A sustainability perspective on regional Queensland, Australia. *Resources Policy*, Vol. 71, 102009. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.102009.
2. Carmona, S., Jaramillo, P. (2020). Anticipating futures through enactments of expertise: A case study of an environmental controversy in a coal mining region of Colombia. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 7, Issue 3, 1086–1095. DOI: 10.1016/j.exis.2020.06.009.

3. Oskarsson, P., Bedi, H.P. (2018). Extracting environmental justice: Countering technical renditions of pollution in India's coal industry. *The Extractive Industries and Society*, Vol. 5, Issue 3, 340–347. DOI: 10.1016/j.exis.2018.05.003.
4. Żuk, P., Żuk, P., Pluciński, P. (2021). Coal basin in Upper Silesia and energy transition in Poland in the context of pandemic: The socio-political diversity of preferences in energy and environmental policy. *Resources Policy*, Vol. 71, 101987. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.101987.
5. Gyamfi, B., Adedoyin, F., Bein, M., Bekun, F., Agozie, D. (2021). The Anthropogenic Consequences of Energy Consumption in E7 Economies: Juxtaposing roles of Renewable, Coal, Nuclear, Oil and Gas Energy: Evidence from Panel Quantile Method. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 295, 126373. DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.126373.
6. Standring, W.J.F., Dowdall, M., Amundsen, I., Strand, P. (2009). Floating nuclear power plants: Potential implications for radioactive pollution of the northern marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 58, Issue 2, 174–178. DOI: 10.1016/j.marpolbul.2008.11.025.
7. Siddiqui, O., Dincer, I. (2017). Comparative assessment of the environmental impacts of nuclear, wind and hydro-electric power plants in Ontario: A life cycle assessment. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 164, 848–860. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.06.237.
8. Shi, Y., Zhai, G., Xu, L., Zhou, Sh., Lu, Yu., Liu, H., Huang, W. (2021). Assessment methods of urban system resilience: From the perspective of complex adaptive system theory. *Cities*, Vol. 112, 103141. DOI: 10.1016/j.cities.2021.103141.
9. Mou, Y., Luo, Yu., Su, Z., Wang, J., Liu, T. (2021). Evaluating the dynamic sustainability and resilience of a hybrid urban system: case of Chengdu, China. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 291, 125719. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125719.
10. Sobaih, A., Elshaer, I., Hasanein, A., Abdelaziz, A. (2021). Responses to COVID-19: The role of performance in the relationship between small hospitality enterprises' resilience and sustainable tourism development. *International Journal of Hospitality Management*, Vol. 94, 102824. DOI: 10.1016/j.ijhm.2020.102824.
11. Liu, D. (2019). Evaluating the dynamic resilience process of a regional water resource system through the nexus approach and resilience routing analysis. *Journal of Hydrology*, Vol. 578, 124028. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124028.
12. Romão, J. (2020). Tourism, smart specialisation, growth, and resilience. *Annals of Tourism Research*, Vol. 84, 102995. DOI: 10.1016/j.annals.2020.102995.
13. Tan, J., Hu, X., Hassink, R., Ni, J. (2020). Industrial structure or agency: What affects regional economic resilience? Evidence from resource-based cities in China. *Cities*, Vol. 106, 102906. DOI: 10.1016/j.cities.2020.102906.
14. Klimanov, V. V., Kazakova, S. M., Mikhailova, A. A. (2019). Retrospektivnyi analiz ustoichivosti regionov Rossii kak sotsialno-ekonomicheskikh sistem (Retrospective analysis of the resilience of Russian regions as socio-economic systems). *Voprosy Ekonomiki*, No. 5, 46–64. (In Russ.). DOI: 10.32609/0042-8736-2019-5-46-64.
15. Garipov, F.N., Gizatullin, Kh.N. (2012). Ustoichivost funktsionirovaniia proizvodstvenno-ekonomicheskikh system (Once again about the stability of functioning of systems of production and economic systems). *Ekonomika regiona (Economy of Region)*, No. 4, 116–122. (In Russ.).
16. Chernobay, N. B., Levushkina, S. V. (2017). Novoe kachestvo v upravlenii ustoichivym razvitiem predprinimatel'skikh struktur (A new quality in the management of sustainable development of entrepreneurial structures). *Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki (St Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics)*, Vol. 10, No. S, 136–145. (In Russ.). DOI: 10.18721/JE.10413.
17. Beybalaeva, D.K. (2008). Problemy dinamicheskogo razvitiia territorialno-otraslevykh otoshenii i ikh strukturizatsii v ekonomike regiona (Problems of dynamic development of territorially-branch attitudes and their structurizations in economy of region). *Regionalnye problemy preobrazovaniia ekonomiki (Regional Problems of Transforming the Economy)*, No. 2, 47–54. (In Russ.).

18. Shageev, D. A. (2014). Upravlenie razvitiem promyshlennogo predpriiatiia po pokazateliam disbalansa tselevykh kharakteristik: teoriia i praktika (Managing development of industrial enterprises by target characteristics imbalance indicators: theory and practice). *Ekonomicheskii analiz: teoriia i praktika (Economic Analysis: Theory and Practice)*, No. 45 (396), 29–43. (In Russ.).
19. Matsneva, E. A., Magaril, E. R. (2012). Ustoichivoe razvitie promyshlennogo predpriiatiia: poniatie i kriterii otsenki (Sustainable development of an industrial enterprise: notion and assessment criteria). *Vestnik UrFU. Seriya ekonomika i upravlenie (Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management)*, No. 5, 25–33. (In Russ.).
20. Korolev, V. A., Toroptsev, Y. L., Matveeva, L. G., Chernova, O. A. (2018). Modeling of dynamic properties of national economic systems. *Serbian Journal of Management*, Vol. 13, No. 1, 133–143. DOI: 10.5937/sjm13–12991.
21. Tayyab, M., Jemai, J., Lim, H., Sarkar, B. (2020). A sustainable development framework for a cleaner multi-item multi-stage textile production system with a process improvement initiative. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 246, 119055. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119055.
22. Wang, D., Wang, Y., Huang, Z., Cui, R. (2020). Understanding the resilience of coal industry ecosystem to economic shocks: Influencing factors, dynamic evolution and policy suggestions. *Resources Policy*, Vol. 67, 101682. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101682.
23. Wang, D., Shen, Y., Zhao, Yu., He, W., Liu, X., Qian, X., Lv, T. (2020). Integrated assessment and obstacle factor diagnosis of China's scientific coal production capacity based on the PSR sustainability framework. *Resources Policy*, Vol. 68, 101794. DOI: 10.1016/j.resourpol.2020.101794.
24. Kusurgasheva, L. V., Muromtseva, A. K., Bakanov, A. A., Prokopenko, E. V. (2020). Tsiklicheskie faktory i sistemnye ogranicheniia razvitiia ugol'noi promyshlennosti Rossii (Cyclic factors and system restrictions for coal industry development in Russia). *Ugol (Russian Coal Journal)*, No. 10 (1135), 33–39. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2020-10-33-39.
25. Bryant, S., Straker, K., Wrigley, C. (2020). Designing our sustainable energy future: A shock doctrine for energy. *Energy Policy*, Vol. 147, 111914. DOI: 10.1016/j.enpol.2020.111914.
26. Mekush, G. E., Elgina, Iu. M. (2018). Ekonomika ugolnogo regiona v kontekste ucheta tsennosti ekosistemnykh uslug (The coal-mining region's economy in the context of integrating the value of ecosystem services). *Regionalnaya ekonomika: teoriia i praktika (Regional Economics: Theory and Practice)*, Vol. 16, No. 3 (450), 567–578. (In Russ.). DOI: 10.24891/re.16.3.567..
27. Prakash, V., Sinha, S., Das, N. C., Panigrahi, D. C. (2020). Sustainable mining metrics en route a coal mine case study. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 268, 122122. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.122122.
28. Tai, X., Xiao, W., Tang, Yu. (2020). A quantitative assessment of vulnerability using social-economic-natural compound ecosystem framework in coal mining cities. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 258, 120969. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.120969.
29. Zhang, L., Gao, W., Chiu, Yu., Pang, Q., Shi, Zh., Guo, Zh. (2021). Environmental performance indicators of China's coal mining industry: A bootstrapping Malmquist index analysis. *Resources Policy*, Vol. 71, 101991. DOI: 10.1016/j.resourpol.2021.101991.
30. Akopov, A. S., Beklaryan, A. L., Khachatryan, N. K., Fomin, A. V. (2017). Sistema prognozirovaniia dinamiki dobychi nefti s ispolzovaniem imitatsionnogo modelirovaniia (The Forecasting System Dynamics of Oil Production using Simulation Modeling). *Informatsionnye tekhnologii (Information Technologies)*, Vol. 23, No. 6, 431–436. (In Russ.).
31. Zhang, H., Veltri, A., Calvo-Amodio, J., Haapala, K. (2021). Making the business case for sustainable manufacturing in small and medium-sized manufacturing enterprises: A systems decision-making approach. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 287, 125038. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.125038.
32. Zhou, X., Zhang, H., Qiu, R., Lv, M., Xiang, Ch., Long, Y., Liang, Y. (2019). A two-stage stochastic programming model for the optimal planning of a coal-to-liquids supply chain under demand uncertainty. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 228, 10–28. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.04.264.

33. Liu, F., Lv, T., Sajid, M., Li, X. (2018). Optimization for China's coal flow based on matching supply and demand sides. *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 129, 345–354. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.08.013.
34. Beybalaeva, D. K. (2008). Analiz struktury ekonomiki respubliky Dagestan i napravleniia ee razvitiia (The analysis of structure of economy in republic Dagestan and directions of its development). *Nauchno-tekhnichestkie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ekonomicheskie nauki (St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics)*, No. 2 (54), 60–65. (In Russ.).
35. Kuhmonen, I. (2020). The resilience of Finnish farms: Exploring the interplay between agency and structure. *Journal of Rural Studies*, Vol. 80, 360–371. DOI: 10.1016/j.jrurstud.2020.10.012.
36. Bogatin, Iu. V., Shvandar, V. A. (2012). *Ekonomicheskoe upravlenie biznesom [Economic Management of Business]*. Moscow, Unity-Dana. (In Russ.).
37. Sergiyanyan, K. S., Mudrova, L. I. (2008). Razvitie potrebitelskogo rynka v Rossii v usloviakh zhestkoi konkurentsii mirovykh i otechestvennykh torgovykh setei [Development of the consumer market in Russia amid tough competition among global and domestic retail chains]. *Terra Economicus*, Vol. 6, No. 1 (3), 421–425 (In Russ.).
38. Chekhovskaya, I. A., Sidorova, E. E., Zenin, A. V. (2013). Otsenka kommercheskoi effektivnosti investitsionnogo proekta na predpriiatiakh pishchevoi promyshlennosti [Assessing the commercial efficiency of an investment project in a food and drinks company]. *Innovatsionnaya ekonomika: perspektivy razvitiia i sovershenstvovaniia [Innovation Economy: Prospects of Development and Improvement]*, No. 3 (3), 242–248. (In Russ.).
39. Matveeva, L. G., Chernova, O. A. (2014). Indikativnyi podkhod k prognozirovaniiu i strategicheskomu upravleniiu razvitiem ugledobyvaiushchego predpriiatiia [Indicative approach to forecasting and strategic management of the development of a coal company]. *Ustoichivoe razvitie gornykh territorii (Sustainable Development of the Mountain Territories)*, Vol. 6, No. 3, 96–100. (In Russ.).
40. Pustovalov, A. A. (2005). Osobennosti upravleniia investitsionnymi resursami gorno-metallurgicheskogo predpriiatiia [Peculiarities of investment resource management in a mining company]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten [Mining Bulletin]*, No. 7, 334–338. (In Russ.).
41. Tarazanov, I. G., Gubanov, D. A. (2021). Itogi raboty ugolnoi promyshlennosti Rossii za ianvar-dekabr 2020 goda (Russia's coal industry performance for January – December, 2020). *Ugol (Russian Coal Journal)*, No. 3 (1140), 27–43. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2021-3-27-43.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Chernova Olga Anatolievna

Doctor of Economics, Professor, Department of Information Economics, Faculty of Economics, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia (344006, Rostov-on-Don, Gorkogo street, 88); ORCID 0000-0001-5072-7070; e-mail: chernova.olga71@yandex.ru.

FOR CITATION

Chernova O. A. Relative Break-Even as a Determinant of the Dynamic Balance of the Russian Coal Industry. *Journal of Applied Economic Research*, 2021, Vol. 20, No. 2, 194–216. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.2.009.

ARTICLE INFO

Received April 5, 2021; Revised May 3, 2021; Accepted June 2, 2021.

