

*Е. С. Каган<sup>1</sup>, Е. В. Гоосен<sup>2\*</sup>, С. М. Никитенко<sup>1</sup>*

## **Методика количественной оценки стрессоустойчивости цепочек добавленной стоимости в угольной отрасли**

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», г. Кемерово,  
Российская Федерация

<sup>2</sup> ФИЦ УУХ СО РАН, г. Кемерово, Российская Федерация

\*e-mail: egoosen@yandex.ru

**Аннотация:** Данная статья посвящена поиску инструментов количественной оценки стрессоустойчивости цепочек добавленной стоимости в угольной отрасли. С этой целью был протестирована методика оценки стрессоустойчивости ЦДС с использованием коэффициентов сопротивления и восстановления, предложенных в работах Lagravinese, Faggian, Giannakis. С целью оценки релевантности подхода было произведено разбиение 41 угольной компании на классы стрессоустойчивости. Анализ результатов разбиения показал, что использование коэффициентов стрессоустойчивости для оценки перспектив развития ЦДС имеет ограничения. Для решения этой проблемы необходима адаптация методика, в том числе с помощью нечеткого подхода.

**Ключевые слова:** угольная отрасль, стрессоустойчивость, цепочки добавленной стоимости, коэффициенты стрессоустойчивости, коэффициент сопротивления, коэффициент восстановления

*E. S. Kagan<sup>1</sup>, E. V. Goosen<sup>2\*</sup>, S. M. Nikitenko<sup>1</sup>*

## **Methodology for quantitative assessment of the stress resistance of value chains in the coal industry**

<sup>1</sup>Kemerovo State University, Kemerovo, Russian Federation

<sup>2</sup>FRC UUH SB RAS, Kemerovo, Russian Federation

\*e-mail: egoosen@yandex.ru

**Abstract:** This article is devoted to the search for tools to quantify the stress resistance of value chains in the coal industry. For this purpose, we tested the method for assessing the stress resistance of CDS using the resistance and recovery coefficients proposed in the works of Lagravinese, Faggian, Giannakis. In order to assess the relevance of the approach, 41 coal companies were divided into stress tolerance classes. An analysis of the partitioning results showed that the use of stress resistance coefficients to assess the prospects for the development of the value chain has limitations. To solve this problem, it is necessary to adapt the methodology, including using a fuzzy approach.

**Keywords:** угольная отрасль, resilience, value chains, resilience coefficients, resistance coefficient, recovery coefficient.

### ***Введение***

Длительное время российская угольная отрасль ориентировалась на экспорт добываемого угля за границу. В современных условиях она находится в глубоком кризисе, который вызван сокращением спроса на внешнем рынке в резуль-

тате роста экологических требований и геополитической ситуации. Их негативное влияние совпало с внутренними проблемами отрасли, связанными с ухудшением горно-геологических условий добычи и обострением межтопливной конкуренции. В этих условиях очень важно найти способ адаптации отрасли к этим негативным факторам. Все эти факторы оказывают большое влияние на угольную отрасль, и поэтому в сложный кризисный период первостепенное значение имеют стабилизация социально-экономических процессов, а также разработка и поиск путей выхода из хаотичного состояния. Основной научной и практической проблемой в таком случае становится разработка и обоснование способов и механизмов, которые позволили бы обеспечить экономике устойчивость. Всё это требует комплексного подхода к определению целей, задач, доступных траекторий, механизмов и инструментов реализации. И начинается это с объективного оценивания угольной отрасли, определения уровня её устойчивости к различного рода шокам.

В связи со всем вышеперечисленным стоит обратить внимание на такой инструмент оценки стабильности социально-экономических систем как концепт стрессоустойчивости, который сегодня всё более часто используется при анализе как на микро, так и на макроуровнях систем. С точки зрения краткосрочной перспективы – это способность системы и её ключевых акторов к предугадыванию будущих изменений и способность реагировать на них для своего дальнейшего выживания, а с точки зрения долгосрочных перспектив – это также и способность к поиску новых направлений развития и их дальнейшая реализация [1]. Данный подход пока ещё относительно молод и находится пока в стадии становления, но тем не менее он получил свое развитие в последние 20 лет, причем как в зарубежных, так и отечественных исследованиях [2-8].

Усложнение технологий и формирование распределенного производства привели к появлению новой реальности – цепочек, тесно связанных контрактами и договорами компаний, в которых идет на основе единичного разделения труда производство готового продукта и добавление стоимости «начиная от добычи минеральных ресурсов и заканчивая готовым изделием» [9]. В этих условиях «процесс создания конечных продуктов рассредоточен среди множества автономных компаний-поставщиков и субпоставщиков из разных юрисдикций», а сам процесс производства подвергается фрагментации и разделению их на «узкие и высокоспециализированные операции (бизнес-задачи), каждая из которых выполняется конкретным участником ЦДС и соответствует ее определенному звену» [10].

Анализ литературы, посвященной изучению ЦДС позволяет говорить о наличии двух базовых подходов к изучению ЦДС. макроэкономического и микроэкономического. Первый подход получил наибольшее распространение в научной литературе. Он занят ответом на вопрос о месте отдельных стран и регионов в международном разделении труда. Второй подход пытается выявить источники конкурентоспособности отдельных групп связанных компаний. Именно он в наибольшей степени подходит для выявления различных секторов отрасли и количественной оценки их стрессоустойчивости. В его рамках кроме

производственных и логистических звеньев ЦДС, изучается организация ЦДС, выявляются центры компетенций. Этот подход положен в основу разработки методики количественной оценки стрессоустойчивости в угольной отрасли. Авторы уверены, что он позволит определить перспективы дальнейшей адаптации отдельных ЦДС и входящих в их состав компаний к вызовам, стоящим перед отечественной угольной отраслью.

### ***Источники и методика исследования***

Источниками данной статьи выступили официальные статистические данные угольных компаний, Федеральной службы государственной статистики РФ за 2013-2021 гг., касающиеся динамики добычи угля на территории России и в угольных компаниях в рядовом исчислении.

В качестве методологической основы была использована методика оценки стрессоустойчивости регионов, предложенная R. Lagravinese, B. Fingleton, H. Garretsen, R. Martin, E. Giannakis [2,3,6]. Авторы посчитали возможным ее применять для оценки краткосрочной стрессоустойчивости ЦДС, сложивших в угольной отрасли по следующим основаниям: доступности данных, простоты и объективности оценок, связанности процессов стрессоустойчивости регионов и компаний на них размещенных, образующих ЦДС.

Методика R. Lagravinese, B. Fingleton, H. Garretsen, R. Martin, E. Giannakis [2,3,6]. была дополнена авторским подходом к выявлению временных границ шоков, в период которых оценивалась стрессоустойчивость ЦДС, отбору репрезентативных компаний и определению их принадлежности к тем или иным ЦДС, выявлению их пространственных границ, специализации и организационных параметров.

Проблема с определением временных границ шоков состояла в том, что в угольной отрасли в отличие от других отраслей с момента выхода отрасли из периода трансформации не наблюдалось абсолютного падения производства за исключением 2020 года. В связи с этим за основу для выделения временных границ шоков был взят относительный показатель - темпы роста добычи угля в рядовом исчислении. Такой подход позволил выделить два больших внешних шока, оказавших влияние на устойчивость угольных ЦДС и выделить два расчетных периода. Первый этап с 2013 по 2017 гг. связан с падением цен на уголь на внешнем рынке. Второй 2018 по 2021 гг, с пандемией Covid-19, с разрывом ЦДС и падением спроса на энергоносители. В данной статье для тестирования методики расчета краткосрочной стрессоустойчивости взят второй период, так как в его границах внешний шок носил более выраженный характер.

Весь временной период с 2018 по 2021 год был разделен на два этапа - подпериода. Первый этап был определен с 2019 по 2020 год. При этом 2020 год – это год шока и максимального падения добычи угля, 2019 – это год с максимальной добычей угля накануне шока. Вторым этапом начался с момента шока и закончился годом, когда отрасль вышла на дошоковые объемы добычи. Он соответственно охватил период 2020 – 2021 гг. Таким образом Границы подпериодов определялись тремя точками: годом с наиболее высоким подъемом добычи накануне кри-

зиса, падением добычи во время кризиса и годом восстановления производства после окончания кризиса.

Для был проведен отбор компаний и определение границ и формы ЦДС. Для этого были собраны данные о всех компаниях, которые действовали в период с 2018 по 2021 год. Из выборки были исключены компании, которые прекратили или начинали свою деятельность. Затем на основе базы данных электронной системы «СБИС» была получена информация о наличии связей между отдельными компаниями, определены границы и состав ЦДС. В результате анализа была сформирована выборка, в которую вошли 41 ЦДС. Часть из них была представлена компаниями вертикально-интегрированными компаниями холдингового типа, с устойчивым составом, часть компаниями конгломератного типа с подвижным составом. Для уточнения полученной информации были привлечены специалисты-эксперты, связанные с работой в угольной отрасли.

Далее на основе динамики валовой добычи угля в рядовом исчислении для отрасли в целом и для каждой  $i$ -ой из отобранных ЦДС были рассчитаны коэффициенты стрессоустойчивости: коэффициент сопротивления ( $\beta_{res}$ ) для периода спада 2018-2020 гг и коэффициент сопротивления ( $\beta_{rec}$ ) – для периода восстановления по формулам 1 и 2.

а также темпы прироста добычи угля по всей отрасли. На основании этих показателей для каждой рассчитывался (1) и по формуле (2).

$$\beta_{res}^i = \frac{\left( \frac{Q_{2020}^i - Q_{2018}^i}{Q_{2018}^i} - \frac{Q_{2020}^{RF} - Q_{2018}^{RF}}{Q_{2018}^{RF}} \right)}{\left| \frac{Q_{2020}^{RF} - Q_{2018}^{RF}}{Q_{2018}^{RF}} \right|} \quad (1)$$

$$\beta_{rec}^i = \frac{\left( \frac{Q_{2021}^i - Q_{2020}^i}{Q_{2020}^i} - \frac{Q_{2021}^{RF} - Q_{2020}^{RF}}{Q_{2020}^{RF}} \right)}{\left| \frac{Q_{2021}^{RF} - Q_{2020}^{RF}}{Q_{2020}^{RF}} \right|} \quad (2),$$

где  $\beta_{res}^i$  коэффициент сопротивления  $\beta_{rec}^i$  коэффициент восстановления  $Q_t^i, Q_t^{RF}$  - объем добычи угля в  $i$ -ой компании и в отрасли целом соответственно в году  $t$ .

Затем была проведена оценка полученных индексов. Если значения этих индексов больше нуля, то данный факт интерпретировался следующим образом: в рассматриваемый период ЦДС имела меньшие относительные потери объемов добычи (или более высокий относительный прирост добычи) и / или восстанавливалась быстрее, чем отрасль в целом. Отрицательные значения индексов стрессоустойчивости свидетельствовали о меньшей стрессоустойчивости ЦДС в исследуемый период, чем отрасль в целом.

## Результаты

В табл. 1 представлены описательные статистики темпов роста ЦДС и значения коэффициентов стрессоустойчивости в периоды «спада» и «подъема». Обработка данных проводилась с использованием программы Statistica 10.0.

Таблица 1

Описательные статистики темпов прироста и коэффициентов стрессоустойчивости в периоды «спада» и «подъема»

Показатель	среднее по отрасли	Статистики, рассчитанные по 41 угольной компании				
		среднее	медиана	минимум	максимум	ст.откл.
темп прироста в 2018-2020	41	-0,144	-0,149	-0,667	0,466	0,213
$\beta_{res}$	41	-0,573	-0,649	-6,313	6,095	2,317
темп прироста в 2020-2021	41	0,182	0,085	-1,000	1,450	0,418
$\beta_{rec}$	41	1,480	0,156	-14,698	18,850	5,717

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие промежуточные выводы. Медианные значения всех показателей ниже их среднего значения, что говорит о том, что в исследуемой группе компаний имеются компании с аномально высокими по сравнению с остальной группой значениями показателей (о чем свидетельствуют и их максимальные значения). Особенно большие различия наблюдаются в период «подъема». Кроме того, стандартные отклонения показателей в период «подъема» существенно выше, чем в период спада. Данные факты свидетельствуют о том, что ЦДС имеют значительно отличающуюся текущую стрессоустойчивость. Это определяется в том числе выбранной стратегией реагирования на кризис. При этом выбор определяется широким сектором разнонаправленных факторов. Поэтому для построения модели и прогноза стрессоустойчивости ЦДС необходимо провести их разбиение на сходные группы - классы.

Согласно выбранной методики [6] для классификации ЦДС было использовано разбиение на классы, представленное в табл. 2.

Таблица 2

Правило разбиение компаний по классам стрессоустойчивости

Класс	Значения коэффициентов стрессоустойчивости	Интерпретация
I	$\beta_{res} < 0, \beta_{rec} < 0$	Низкое сопротивление и медленное восстановление
II	$\beta_{res} < 0, \beta_{rec} > 0$	Низкое сопротивление и быстрое восстановление
III	$\beta_{res} > 0, \beta_{rec} < 0$	Высокое сопротивление и медленное восстановление
IV	$\beta_{res} > 0, \beta_{rec} > 0$	Высокое сопротивление и быстрое восстановление

Используя правила, представленные в табл. 2, было проведено разбиение угольных компаний на классы стрессоустойчивости. Описательные статистика классов представлены в табл. 3.

Таблица 3

Описательные статистики коэффициентов стрессоустойчивости  
в различных классах

Показатель	среднее	медиана	минимум	максимум	ст.откл.
I класс (9 компаний)					
$\beta_{res}$	-1,608	-0,804	-6,314	-0,200	1,889
$\beta_{rec}$	-3,086	-1,672	-14,699	-0,173	4,492
II класс (15 компаний)					
$\beta_{res}$	-2,344	-2,292	-4,752	-0,131	1,302
$\beta_{rec}$	5,757	4,496	0,157	18,850	5,321
III класс (11 компаний)					
$\beta_{res}$	1,575	1,158	0,313	6,096	1,583
$\beta_{rec}$	-2,104	-1,049	-6,107	-0,628	1,754
IV класс (6 компаний)					
$\beta_{res}$	1,478	1,778	0,147	2,676	0,999
$\beta_{rec}$	4,209	3,591	0,385	8,836	3,773

Анализ результатов, представленных в табл. 3 показал, что даже в границах одного класса значения коэффициентов стрессоустойчивости ЦДС существенно различаются. В одних ЦДС динамика объема добычи близка к отраслевой (так, например, минимальное значения во втором классе  $\beta_{rec}=0,157$ ), в то время как в других ЦДС это значение на порядок отличается от отраслевого (максимальное значение в этом же классе равно  $\beta_{rec}=18,85$ ).

Для более детального изучения ситуации, наблюдающейся в каждом классе, было проведено сопоставление коэффициентов стрессоустойчивости и темпов прироста добычи угля в ЦДС, попавших в один класс. В табл. 4 представлены значения темпов прироста добычи угля и показателей стрессоустойчивости для ЦДС, попавших в 4 класс (высокое сопротивление и быстрое восстановление).

Таблица 4

Характеристики стрессоустойчивости компаний класса IV

Компания	Темп прироста добычи ЦДС в период		Коэффициенты стрессоустойчивости	
	2018-2020	2020-2021	$\beta_{res}$	$\beta_{rec}$
К1	0,0910	0,170611419	1,997495141	1,337245729
К2	0,0509	0,49966862	1,557983377	5,845077273
К3	0,09851	0,649409003	2,07935944	7,896405797
К4	<b>-0,0779</b>	0,101085094	<b>0,146555944</b>	0,384788346
К5	0,15296	0,718018117	2,675850576	8,836298096
К6	<b>-0,05389</b>	0,142514576	<b>0,409484121</b>	0,952340499

Темп прироста темпов добычи угля по всей угольной отрасли в период спада составил -0,091, а в период восстановления 0,723. Из шести ЦДС, попавших в этот класс, у четырех темп прироста в период падения положительный, то есть данные ЦДС и в период кризиса, продолжают наращивать темпы добычи. Однако, у двух ЦДС, входящих в этот же класс темп прироста отрицательный, но величина падения добычи меньше, чем по стране в целом. В тех же 4-х ЦДС темп прироста в период подъема выше, чем в ЦДС К4 и К6. Аналогичная ситуация наблюдается и в классе III. Из 11 ЦДС, вошедших в данный класс у 7 ЦДС темп прироста добычи в период спада положительный, а у 4-х отрицательный, но выше, чем по РФ в целом. В период подъема этих же 4 ЦДС темп прироста отрицательный, у остальных 7 положительный, но ниже, чем по всей отрасли.

### ***Заключение***

Анализ результатов разбиения показал, что использование коэффициентов стрессоустойчивости для оценки перспектив развития ЦДС имеет ограничения. Для решения этой проблемы необходима адаптация методика, в том числе с помощью нечеткого подхода. Это связано с высокой неоднородностью исходных данных, что приводит в свою очередь к значительному размаху показателей, характеризующих стрессоустойчивость компаний. Значительная неоднородность данных может свидетельствовать о наличии большого количества разнонаправленных факторов, влияющих на стрессоустойчивость, что особенно заметно в период восстановления. Это приводит к тому, что ЦДС со сходными характеристиками, значения которых близки к граничным могут попасть в разные классы. Для ликвидации данной проблемы в дальнейшем при разработке методики количественной оценки ЦДС угольной отрасли может быть использован нечеткий подход.

### ***Благодарности***

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта Российского научного фонда № 22–28-01803, <https://rscf.ru/project/22-28-01803/>

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Gtreffi G., Sturgeon T. Global Value Chain-Oriented Industrial Policy: The Role of Emerging Economies Global Value Chains in a Changing World. [Electronic resource]. - Publisher: World Trade Organization, Fung Global Institute and Temasek Foundation Centre for Trade & Negotiations Editors: Deborah K. Elms and Patrick Low, 2013. - Ch.14. - P. 329-360. URL: [https://ews-data.rightsindevelopment.org/files/documents/19/IADB-BR-L1419\\_SHS0nQZ.pdf](https://ews-data.rightsindevelopment.org/files/documents/19/IADB-BR-L1419_SHS0nQZ.pdf) (date of access: 05.04.2023).
2. Fingleton B., Garretsen H., Martin R. Recessary Shocks and Regional Employment: Evidence on the Resilience of U.K. Regions [Electronic resource]// Journal of Regional Science. - 2012. - Vol. 52. Issue 1. - P. 109–133. URL: <https://doi.org/10.1111/j.1467-9787.2011.00755.x> (date of access: 05.04.2023).
3. Lagravinese R., Economic Crisis and Rising Gaps North–South: evidence from the Italian regions [Electronic resource]// Cambridge Journal of Regions, Economy and Society. - 2015. – Vol. 8. - Issue 2. P. 331–342. URL: <https://doi.org/10.1093/cjres/rsv006> (date of access: 05.04.2023).

4. Ivanov, D. Structural Dynamics and Resilience in Supply Chain Risk Management [Electronic resource]. - New York: Springer, 2018 – P. 45-89 [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69305-7\\_3](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69305-7_3) (дата обращения: 05.04.2023).
5. Hosseini, S., Ivanov, D., & Dolgui, A. Review of quantitative methods for supply chain resilience analysis [Electronic resource] // *Transportation Research*. – 2019. Part E. – P. 285–307. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.001> (date of access: 05.04.2023).;
6. Giannakis E., Bruggeman A. Regional Disparities in Economic Resilience in the European Union Across the Urban–Rural Divide [Electronic resource] // *Regional Studies*. - 2020. – Vol. 54. - Issue 9. - P. 1200-1213. URL: <https://doi.org/10.1016/j.tre.2019.03.001> (date of access: 05.04.2023).
7. Никитенко С.М., Гоосен Е.В., Каган Е.С., Клишин В.И., Патраков Ю.Ф. Новые цепочки добавленной стоимости как ресурс повышения стрессоустойчивости угольных компаний // *Углекислотная и экология Кузбасса. Сборник тезисов докладов XI Международного Российско-Казахстанского Симпозиума. Кемерово – Кемерово, 2022. СС. 63 – 66.*
8. Goosen E.V., Nikitenko S.M. et al. Resilience of the Russian Coal Industry in The Context of Energy Transition and Decarbonization [Electronic resource] // *Eurasian Mining*. - 2022. - № 2. – P. 20-24. URL: <https://doi.org/10.17580/em.2022.02.05> (date of access: 05.04.2023).;
9. Hill E.W., Wial H., Wolman H. Exploring Regional Economic Resilience [Electronic resource] / Institute of Urban and Regional Development, Berkeley, Working Paper 2008-04. 2008. - 15 p. URL: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5099.4000> (date of access: 05.04.2023).
10. Lema R., Fu X., Rabellotti R. Green windows of opportunity: latecomer development in the age of transformation toward sustainability [Electronic resource] // *Industrial and Corporate Change*. - 2020. - Vol. 29. - No. 5. – P. 1193–1209. URL: <https://doi:10.1093/icc/dtaa044> (date of access: 05.04.2023).

© Е. С. Каган, Е. В. Гоосен, С. М. Никитенко, 2023