

ДИСКУССИОННАЯ ПЛОЩАДКА

УДК 629.1:658.1:334.012.44(47+57)

DOI: 10.17223/19988648/44/19

**А.Ю. Трифонов, А.А. Михальчук, М.В. Рыжкова, В.В. Спицын,
А.А. Булыкина**

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ В РОССИЙСКОЙ И ИНОСТРАННОЙ СОБСТВЕННОСТИ В 2012–2016 гг.¹

Актуальность исследования обусловлена внешними и внутренними вызовами, с которыми столкнулась экономика России, необходимостью структурных преобразований и повышения эффективности функционирования металлургической промышленности. *Целью работы* является оценка технической эффективности предприятий металлургической промышленности России в разрезе форм собственности за период 2012–2016 гг. *Методы исследований.* Оценка технической эффективности проводится методом анализа среды функционирования (DEA подход). Динамика технической эффективности исследуется с помощью индекса производительности (Malmquist Productivity Index, MPI). Также применяются методы дисперсионного и кластерного анализа. Информация о финансовых показателях предприятий получена из системы СПАРК. Выборка составила 348 предприятий. *Результаты исследования.* Определена совокупность предприятий-технологических лидеров, которые могут стать образцом для развития других предприятий. Установлен факт снижения технической эффективности в условиях неблагоприятной внешней среды, и дополнительно определено, что такое снижение произошло за счет технологической компоненты индекса (технологического фронта лидеров). Выявлена более высокая техническая эффективность у предприятий в иностранной собственности, но нет преимуществ у предприятий в совместной собственности, что показывает отсутствие эффективного трансфера технологий через предприятия в совместной собственности. Обнаружено сильное отставание основной массы предприятий металлургической промышленности от лидеров и отсутствие признаков догоняющего развития. Сделан вывод о необходимости создания благоприятной среды для технического перевооружения предприятий.

Ключевые слова: металлургическая промышленность, техническая эффективность, DEA подход, предприятия в российской, совместной и иностранной собственности, иностранные инвестиции, MPI, кризис, экономические санкции.

Введение

Начало нового века знаменовало не только смену исчисления, но и постепенное и кардинальное изменение принципов построения обществен-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-исследовательского проекта РФФИ «Динамическое моделирование развития российских, иностранных и совместных промышленных предприятий в России в условиях экономических санкций», проект № 17-06-00584 А.

ной жизни и экономического порядка. Ожидалось, что в мире будет происходить глобализация мировых трендов, локальные тенденции будут систематически укрупняться и обобщаться, влияя на развитие более крупных структурных единиц в силу только закономерности и приемлемости этих процессов. На деле протекают несколько другие процессы. Происходящие в одной из стран локаций события в новой цифровой экономике достаточно быстро приобретают мировой резонанс. Так называемая турбулентность современной экономики [1, 2] затрагивает деятельность как отраслей, спокойно принимающих и зачастую инициирующих эти волны изменений (IT, отрасли знаний и др.), так и иных более традиционных отраслей, для которых быстрые изменения внешней среды неблагоприятно сказываются на текущей деятельности и воспроизводстве материальной базы.

Для России последних лет ситуация усугубляется санкционным давлением, приводящим к тому, что ориентированные на импорт отрасли отечественной экономики столкнулись с разного рода ограничениями своей деятельности, что также не улучшило институциональную обстановку их функционирования. Как известно, санкционное давление происходит пакетами. Сначала напрямую санкции не затрагивали горно-металлургические компании, лишь косвенно сказываясь на их деятельности в виде ограничений в кредитовании за рубежом и у российских банкиров, подпавших под санкции первых пакетов, стал наблюдаться отток иностранных инвестиций. Напрямую санкции российских металлургов не касались, все же начался новый этап «стальных войн» методом введения антидемпинговых пошлин на отдельные виды металлопродукции [3]. И уже в последний санкционный пакет от 6 апреля 2018 г. попал «Русал».

Отчасти надежда оставалась на трансфер технологий через предприятия в иностранной и совместной собственности, хотя в работах отечественных и зарубежных исследователей показано, что отечественные производители, как правило, не могут на равных конкурировать с создаваемыми в стране иностранными и совместными предприятиями, диффузия инноваций через их импорт остается под вопросом.

Оценивание эффективности деятельности промышленных предприятий представляет несомненный интерес в условиях экономических санкций и неблагоприятной внешней среды. А с учетом того, что в последнее десятилетие в экономике России происходят интенсивные процессы создания предприятий в иностранной и совместной собственности [4, 5], особый интерес вызывает реакция на экономические санкции предприятий в разрезе форм собственности (ФС) и связанный с этим сравнительный анализ экономической эффективности предприятий в разрезе ФС периода до и после введения санкций. Мы исследуем поведение предприятий одного из важнейших видов экономической деятельности (далее – ВЭД) обрабатывающей промышленности – подраздела DJ «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий».

Целью изложенного исследования является оценка технической эффективности металлургических предприятий в разрезе форм собственности в условиях

нестабильной экономики за период 2012–2016 гг., включающий в себя относительно стабильный докризисный период 2012–2014 гг. и период нового кризиса с 2014 по 2016 г., сопровождающегося введением санкций.

Обзор литературы

Вопрос об определении технической эффективности поставлен в экономической науке с 50-х гг. XX в., когда впервые была сформулирована задача нахождения такой комбинации производственных возможностей, при которой нельзя было бы увеличить выпуск без одновременного увеличения привлекаемых ресурсов *ceteris paribus* [6]. В микроэкономике исследование технической эффективности касается подбора вида производственной функции и вычисления технологических оптимумов (*frontier techniques*). Непараметрический вариант, менее взыскательный к качеству исходных данных, не требующий явной формализации производственной функции и известный как анализ среды функционирования (АСФ) или в англоязычном варианте *Data Envelopment Analysis (DEA)*, был предложен впервые в конце 70-х гг. [7]. Данный метод будет взят в представленном исследовании за основу для оценки технической эффективности. После своего появления данный инструмент был применен в различных сферах, таких как менеджмент, принятие решений, производственный контроль, образование, банковское дело, здравоохранение и др. [8]. За рубежом существует сообщество исследователей методом DEA, создается специализированное программное обеспечение, выходят монографии (сайт <http://www.deazone.com/>).

В России анализ среды функционирования был применен для оценки эффективности учреждений культуры [9]. Рядом авторов были выявлены особенности применения этого метода на производственных предприятиях, в торговле и для оценки работы служб сбыта [10], для оценки эффективности внедрения информационных технологий [11], продуктовых инноваций в российской электронике [12], описан общий подход к использованию метода для бенчмаркинга показателей экономической эффективности организации [13], обосновывается полезность применения подхода к анализу деятельности российских вузов [14], проанализирована с помощью DEA деятельность российских нефтедобывающих компаний [15], построена факторная оценка регионального инновационного потенциала [16] и региональной эколого-экономической эффективности [17]. В целом же анализ среды функционирования как подход у российских исследователей недооценен и не пользуется популярностью.

Оценки технической эффективности металлургических предприятий методом DEA отсутствуют как в России, так и массово за рубежом. Так, например, для оценки эффективности чехословацкой и венгерской металлургии были применены производственные функции Кобба–Дугласа [18]. Аналогичный метод был использован для оценки влияния энергосберегающих технологий на производственную эффективность китайской метал-

лургии [19]. При анализе технической эффективности (энергоэффективности) пяти чугунолитейных производств Италии применялись относительные показатели затраты электроэнергии на подразделение и индексы энергоэффективности [20]. Метод DEA последовательно был применен только для выявления связей развития китайской металлургии с энерго- и ресурсоэффективностью [30, 32].

Применительно к металлургическим предприятиям России (точнее только ОАО «ГМК «Норильский никель») была проанализирована энергоэффективность по относительным показателям [21], метод DEA был только анонсирован. Другой отечественный подход связан с развитием металлургической квалиметрии [22], при этом применяется комплексная система контроля качества процесса, чем и обеспечивается итоговая техническая эффективность.

На DEA базируется такой измеритель эффективности, как индекс производительности Малмквиста (Malmquist productivity index, MPI), который выявляет технические и производительные изменения во времени. Исходный вариант индекса был действительно предложен С. Малмквистом [23], но активное использование индекса началось после его доработки другими учеными [24]. Являясь по сути своей непараметрическим методом, индекс Малмквиста измеряет динамическое отношение наблюдаемого и потенциального выпусков, опираясь на измерение расстояния между ними.

Популярность индекса для измерения технической эффективности связана с рядом его преимуществ [25]: не требуется структура цен, как и принятие поведенческой предпосылки о максимизации прибыли, а самое главное – индекс может быть разложен на составные части, что позволит найти источники изменения производительности.

Индекс применялся активно за рубежом и в том числе для измерения технической эффективности в металлургии. В частности, для оценки сети отелей [26], сектора публичных предприятий Турции [27], ряда базовых отраслей экономики Китая [28], группы производственных единиц [29] и др. Рассматриваемый инструментарий был применен к анализу процессов в китайской и европейской металлургии, о чем свидетельствует серия статей в рейтинговых журналах [30–33]. В России и Белоруссии индекс Малмквиста применялся к оценке технической эффективности агропроизводства [34, 35].

Индекс производительности Малмквиста логично применять совместно с DEA [36], что и предпринято в представленном в статье исследовании.

Итак, целью представленного исследования стало проведение сравнительного анализа технической эффективности металлургических предприятий в разрезе форм собственности за период до и после введения экономических санкций с применением методов DEA, MPI, дисперсионного и кластерного анализов.

Обзор исследований, связанных с применением выбранного инструментария, позволяет утверждать, что как оценка технической эффективности металлургической промышленности России в целом, так и применение

DEA и индекса Малмквиста в частности не производились ранее, что составляет новизну исследования. Также уникальное сочетание методов анализа, помимо двух вышеуказанных, представляет собой оригинальное методологическое решение, само по себе представляющее дискуссионный момент для научной общественности.

В частности, в намерения авторов статьи как исследователей входили следующие задачи:

1.1) оценить основные финансовые показатели металлургических предприятий в разрезе форм собственности в динамике, вследствие чего выявить различия у предприятий разных форм собственности в динамике для дальнейшего понимания и интерпретации результатов, полученных более сложными методами;

1.2) провести оценку технической эффективности совокупности предприятий металлургической промышленности России за период 2012–2016 гг. методом DEA и определить технологических лидеров отрасли, находящихся на границе технической эффективности, а также сравнить техническую эффективность групп предприятий в российской, иностранной и совместной собственности;

1.3) провести оценку средних и медиан MPI по формам собственности в двухлетних интервалах, проанализировать поведение составляющих индекса (изменение эффективности и изменение технологий), что позволит сделать выводы о том, каким образом в условиях неблагоприятной внешней среды и падения выручки в реальном выражении происходит движение технологического фронта и наблюдается ли догоняющее развитие среди предприятий металлургической отрасли.

В соответствии с поставленными целями к проверке были выдвинуты три гипотезы:

Гипотеза № 1 – предприятия в иностранной и совместной собственности демонстрируют более высокую техническую эффективность по сравнению с предприятиями в российской собственности (проверка будет осуществлена при решении задачи 1.2 методами DEA и дисперсионного анализа различий).

Гипотеза № 2 – в условиях кризиса и падения выручки техническая эффективность предприятий снижается (проверка будет осуществлена при решении задачи 1.3 с помощью MPI).

Гипотеза № 3 – разрыв в технической эффективности между предприятиями-лидерами и остальными предприятиями сокращается (проверка будет осуществлена при решении задачи 1.3 с помощью MPI).

Методы исследования

1. Методы оценки технической эффективности и ее динамики

1.1. DEA.

В настоящее время DEA [37–39] представляет собой развитую методологию сравнительной оценки эффективности функционирования различ-

ных производственных объектов по широкому набору входных и выходных показателей их деятельности. Согласно методу DEA эффективность трактуется как отношение взвешенной суммы выходных параметров (результатов, выгод) к взвешенной сумме входных параметров (ресурсов, затрат), что позволяет классифицировать объекты как эффективные только в том случае, когда они производят наибольшие выходы при наименьших входах, и, таким образом, дает возможность определять эффективные объекты и относительную меру неэффективности остальных.

Для целей исследования был выбран DEA с переменным эффектом от масштаба (DEA VRS), что продиктовано необходимостью рассматривать крупные предприятия, для которых работает закон убывающей производительности (снижение предельного продукта с ростом затраченных ресурсов) [39], в отличие от модели с постоянным эффектом от масштаба (DEA CRS), в рамках которой предполагается, что изменение входных параметров вызывает пропорциональное изменение выходных параметров. Граница производственных возможностей CRS является линейной функцией, в то время как граница производственных возможностей VRS имеет кусочно-линейную оболочку, так как эта модель учитывает и возрастающую, и убывающую отдачу. Следует учесть, что эффективность по модели VRS будет превосходить значение эффективности CRS [40].

Для оценки технической эффективности (TE) деятельности металлургических предприятий с помощью метода DEA VRS использовались две модели:

– модель, ориентированная на вход (TE_{вх}), т.е. на минимизацию входов (затрат) при заданном выходе (результате);

– модель, ориентированная на выход (TE_{вых}), т.е. на максимизацию выхода (результата, выручки) при заданных входах (затратах).

Построенная таким образом граница эффективности, имеющая форму выпуклой оболочки, используется в качестве эталона для оценки эффективности предприятия в исследуемой совокупности, ранжированной на единичном отрезке от 0 до 1. При этом оценивание эффективности как отношение взвешенной суммы «выходов» к взвешенной сумме «входов» порождает нелинейную задачу математического программирования (максимизация дробно-линейного производственного функционала), которая сводится к двойственной задаче линейной оптимизации: максимизация взвешенной суммы выходных параметров при фиксированном значении входных параметров («output-oriented» model, TE_{вых}) либо минимизация взвешенной суммы входных параметров при фиксированном значении выходных параметров («input-oriented» model, TE_{вх}). Такая совокупность двух моделей более полно характеризует эффективность предприятия. В представленном исследовании в качестве входных параметров моделей были приняты основные средства и оплата труда, в качестве выходного параметра – выручка.

1.2. Индекс Малмквиста.

Кроме статической эффективности предприятия, измеряемой ежегодно, нами будет использована динамическая характеристика технической эф-

фактивности – индекс Малмквиста (MPI), оценивающий двухлетний прогресс (регресс) эффективности того же предприятия [41–42]. В отличие от простого некорректного сравнения коэффициентов эффективности каждого из исследуемых предприятий в момент времени t и в момент времени $t + 1$, рассчитанных в результате решения двух независимых задач DEA, при расчете MPI учитывается также изменение самой границы эффективности множества предприятий, которое может иметь место в период между моментами t и $t + 1$. Значения $MPI < 1$, $MPI = 1$ и $MPI > 1$ говорят соответственно о снижении, постоянстве или увеличении эффективности предприятия в течение исследуемого периода. При этом индекс MPI может быть разложен на две составляющие [43]:

– относительное изменение технической эффективности отдельных предприятий между периодами t и $t+1$ (EFF) – характеризует возможности догоняющего развития и показывает сокращение технологического отставания основной массы предприятий от лидеров, если $EFF > 1$;

– перемещение границы эффективности или изменение технологий (ТЕС) – характеризует возможности опережающего развития лидеров и отражает улучшение технологий, если $ТЕС > 1$.

1.3. Дисперсионный и кластерный анализ.

Далее для исследования полученных значений DEA и MPI по предприятиям и группам предприятий были использованы дисперсионный и кластерный анализы, которые применяются согласно работам [44–46] по следующей методике:

1. Тестирование распределения исследуемого показателя на соответствие нормальному закону распределения и определение приоритетного метода дальнейшего дисперсионного анализа (параметрический или непараметрический) и приоритетных критериев проверки гипотез.

2. Дисперсионный анализ исследуемого показателя (проверка статистической значимости различий между разными формами собственности ежегодно и между годами для каждой формы собственности) и (или) кластерный анализ объектов (однородность) по совокупности показателей.

3. Экономическая интерпретация выявленных различий.

2. Характеристика выборки предприятий и показателей.

Объектом исследования в настоящей работе являются предприятия подразделения ДТ ОКВЭД «Металлургическое производство и производство готовых металлических изделий». Источниками данных для анализа выступает бухгалтерская отчетность предприятий за период 2012–2016 гг., полученная из информационных систем СПАРК. Предприятия металлургической промышленности России группируются в разрезе форм собственности: российской (РС- RO), иностранной (ИС - FO) и совместной (СС - JO).

В рамках настоящего исследования анализируются следующие важнейшие показатели финансовой отчетности предприятий, характеризующие техническую эффективность основных факторов производства:

– выручка (В);

- основные средства (ОС);
- оплата труда (ОТ).

В нашем исследовании в качестве входных параметров выбраны ОС и ОТ, а в качестве выходных – В. Аналогичный состав показателей финансовой отчетности входа-выхода был использован в [47] при оценке технической эффективности деятельности практически всех (33 606) предприятий России (а именно входные параметры – число сотрудников и активы), и в [40] для нефтегазовых компаний (входные параметры – активы и расходы, выходные – выручка и чистая прибыль).

Критериями включения предприятия в выборку были:

- 1) наличие финансовой отчетности по В, ОС и ОТ за каждый год периода 2012–2016 гг.;
- 2) объем В и ОС не менее 100 млн руб., а ОТ не менее 5 млн за каждый год периода 2012–2016 гг.

В соответствии с этими критериями были сформированы следующие выборки предприятий в разрезе форм собственности:

- 1) 280 металлургических предприятий в РС.
- 2) 30 металлургических предприятий в СС.
- 3) 38 металлургических предприятий в ИС.

В дальнейших расчетах проводился пересчет значений В, ОС и ОТ в реальные с учетом инфляции, при этом заметим, что накопленная инфляция в 2016 г. в ценах 2012 г. составила 41%.

Сформированная таким образом база данных (РСк, ССк и ИСк, где к определяет 201к-й год рассмотрения при $k = 2, 3, 4, 5, 6$) далее использовалась нами для проверки гипотез о различиях как в значениях самих показателей и их динамики, так и в значениях характеристик эффективности деятельности предприятий (Malmquist productivity index (MPI) – индекс производительности Малмквиста в сочетании с анализом данных DEA).

3. Обозначения и сокращения.

В статье применено большое количество авторских сокращений и обозначений, поэтому для удобства чтения приведем их в одном месте.

- 1) ФС – формы собственности;
- РС – российская собственность;
- ИС – иностранная собственность;
- СС – совместная собственность;
- РСк, ССк и ИСк – формы собственности в разные годы.

Период исследования ($t=2012, 2013, 2014, 2015, 2016$) ($k=2, 3, 4, 5, 6$).

2) DEA – Data Envelopment Analysis – анализ среды функционирования (АСФ):

- TE – technical efficiency – техническая эффективность;
- TE_{вх} (= TE_{in}) и TE_{вых} (= TE_{out});

TE_{вых} – модель максимизации выходных параметров или результата (В – выручка) при фиксированных входных параметрах или затратах (ОС – основные средства и ОТ – оплата труда);

TEVx – модель минимизации входных параметров или затрат (ОС – основные средства и ОТ – оплата труда) при фиксированных выходных параметрах или результате (В – выручка);

предприятие А (Вср; ОСвр; ОТср) – усредненные по времени параметры отдельного объекта исследования (предприятия);

TEсрвх и TEсрвых – усредненные по времени входные и выходные параметры модели.

3) MPI – Malmquist productivity index – индекс производительности Малмквиста.

Составляющие MPI (по Г. Халкос и Н. Цермес [43]):

EFF (Efficiency change) – изменения эффективности (догоняющее развитие);

TEC (Technical change) – изменение технологий или фронта (опережающее развитие лидеров).

Результаты исследования

Задача 1.1. Анализ исследуемых финансовых показателей (В, ОС и ОТ) за период 2012–2016 гг. с учетом инфляции

В период 2012–2016 гг. преобладает тенденция снижения основных финансовых показателей металлургических предприятий в разрезе ФС, за редким исключением средних ОС для ИС и медиан В для СС (табл. 1).

Таблица 1. Средние В, ОС и ОТ, 2012–2016 гг., млрд руб.

Год	РС			ИС			СС		
	В	ОС	ОТ	В	ОС	ОТ	В	ОС	ОТ
2012	8,31	3,13	0,59	5,44	1,80	0,28	25,5	11,9	1,99
2013	7,67	3,02	0,63	4,95	1,64	0,30	22,8	11,2	2,03
2014	7,66	2,73	0,58	4,68	1,34	0,32	24,4	10,3	1,84
2015	7,85	2,43	0,59	4,34	1,16	0,33	25,6	9,8	2,04
2016	7,57	2,45	0,64	4,01	1,08	0,33	25,1	14,4	2,35

Так как в ходе проверки рассматриваемых выборок с помощью χ^2 -критерия Пирсона ожидаемо для финансовых показателей были выявлены высоко значимые (уровень значимости $p < 0,0005$) отличия от нормального распределения, то ниже при оценке уровней значимости различий предприятий 3 ФС использованы непараметрические критерии (критерий Краскела–Уоллиса для сравнения независимых групп и Фридмана для сравнения зависимых групп).

Представленные в табл. 1 данные позволяют сделать следующие выводы:

1. Сравнение выручки. Согласно критерию Краскела–Уоллиса предприятия СС по выручке превышают РС и ИС в 2012 г. статистически значимо ($0,005 < p < 0,05$), далее различия становятся незначимыми.

2. Динамика выручки согласно критерию Фридмана у предприятий в РС характеризуется высоко значимым ($p < 0,0005$) падением на периоде до 2014 г. (2012–2014 гг.) и стабилизацией (незначимым различием) на периоде после 2014 г. (2014–2016 гг.); в ИС – незначимая, в СС – сильно значимо ($0,0005 < p < 0,005$) нестабильна немонотонна (min – в 2013 г., max – в 2015 г.).

3. Сравнение стоимостей основных средств и оплаты труда по предприятиям в различных формах собственности. Предприятия в СС превышают предприятия в РС и ИС сильно значимо в начале периода и статистически значимо в конце периода.

4. Динамика стоимости основных средств у предприятий в РС характеризуется высоко значимым падением на периоде как до 2014 г., так и после; в ИС – сильно значимым падением на периоде как до 2014 г., так и после; в СС – сильно значимо нестабильна немонотонна (min – в 2015 г.). Динамика оплаты труда в РС – высоко значимо нестабильна немонотонна (max – в 2013 г., min – в 2014 г.); в ИС – статистически значимо ($0,005 < p < 0,05$) растет как до 2014 г., так и после, в СС – статистически значимо нестабильна немонотонна (min – в 2014 г.).

Таким образом, предприятия в СС крупнее и их выборка меньше. Предприятия в РС и ИС имеют незначимые различия по представленным показателям.

Задача 1.2. Анализ технической эффективности предприятия за период 2012–2016 гг.

Методом DEA (VRS-модель) применительно к параметрам входа ОС и ОТ и выхода В на каждый год периода 2012–2016 гг. построены выборки ТЕ_{вх} и ТЕ_{вых}. При этом общую границу эффективности определяет группа лидеров, для которых ТЕ = 1.

Постоянными лидерами периода 2012–2016 гг. по ТЕ являются (предприятия отсортированы по убыванию средней выручки, в круглых скобках указаны усредненные по времени координаты предприятий в формате В_{ср}; ОС_{ср}; ОТ_{ср}):

– 7 предприятий РС: ПАО «ММК» (277,5; 128,9; 12,70), ПАО «СЕВЕРСТАЛЬ» (250,8; 81,30; 16,41), ООО «УГМК-ХОЛДИНГ» (125,0; 2,320; 2,283), ООО «ПК СТАНК» (4,038; 0,302; 0,046), ООО «ИМЗ» (2,600; 0,444; 0,028), ООО «АКОМ-ИНВЕСТ» (0,831; 0,101; 0,020), ООО «ЗСК СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЬ» (0,370; 0,122; 0,012);

– 2 предприятия СС: ПАО «ГМК НОРИЛЬСКИЙ НИКЕЛЬ» (346,1; 173,7; 36,57), ООО «ЭЛКАТ» (8,729; 0,315; 0,129).

Кроме того, до 2014 г. дополнительно лидерами были еще 2 предприятия РС: ООО «ОЗСК» (2,082; 0,100; 0,079), ООО «НРС» (0,182; 0,107; 0,045). После 2014 г. лидерами дополнительно стали еще 5 предприятий РС: АО «ЕЗ ОЦМ» (12,68; 1,139; 0,240), АО «ТАТПРОФ» (3,985; 0,471;

0,168), ЗАО «АГРОПРИБОР» (2,240; 0,190; 0,041), ООО «Р.О.С.Л.А.» (0,657; 0,221; 0,069), ООО «РФЖУ» (0,151; 0,114; 0,025).

Таким образом, границу эффективности определяют в основном предприятия РС, отчасти предприятия СС, но ни одного предприятия ИС. Отметим также, что лидерами являются как крупнейшие по величине выручки предприятия, так и средние предприятия, имеющие выручки в диапазоне от 100 млн руб. до 1 млрд руб.

ТЕвх и ТЕвхх характеризуют в целом (усредненные по формам собственности и годам) эффективность металлургических предприятий на довольно низком уровне 0,337 для ТЕвх и 0,230 для ТЕвхх. Средние и медианы ТЕвх и ТЕвхх по формам собственности и годам приведены в табл. 2.

Таблица 2. Средние и медианы ТЕвх и ТЕвхх, 2012–2016 гг.

		ТЕвх/ТЕin			ТЕвхх/ТЕout		
		2012	2014	2016	2012	2014	2016
Среднее	РС/РО	0,344	0,319	0,328	0,244	0,189	0,248
	ИС/ФО	0,462	0,422	0,361	0,299	0,274	0,283
	СС/ЛО	0,323	0,296	0,334	0,291	0,243	0,292
Медиана	РС/РО	0,278	0,249	0,268	0,168	0,121	0,161
	ИС/ФО	0,436	0,360	0,306	0,226	0,181	0,223
	СС/ЛО	0,237	0,228	0,256	0,218	0,166	0,195

Согласно табл. 2 предприятия ИС стабильно имеют наибольшие средние и медианы ТЕ.

В ходе проверки рассматриваемых выборок ТЕвх и ТЕвхх с помощью χ^2 -критерия Пирсона были выявлены разного уровня значимости отличия от нормального распределения, что предполагает при оценке уровней значимости различий предприятий 3 ФС использовать непараметрические критерии.

Результаты непараметрического сравнительного анализа РСк, ССк и ИСк ($k = 2012, 2013, 2014, 2015, 2016$) по ТЕвх и ТЕвхх проиллюстрированы на рис. 1, 2 соответственно (квадрат – медиана, прямоугольник – квартильный размах 25–75%, усы – полный размах min-max).

Согласно критерию Краскела–Уоллиса предприятия ИС по ТЕвх превышают РС и СС статистически значимо ($0,005 < p < 0,05$) с 2012 по 2015 г. и незначимо ($0,10 < p$) в 2016 г., в то же время ИС по ТЕвхх превышают значимо только РС: слабо значимо ($p \approx 0,062$) в 2012 г., статистически значимо ($p \approx 0,009$) в 2013 г., сильно значимо ($p \approx 0,003$) в 2014 г., статистически значимо ($p \approx 0,007$) в 2015 г. и незначимо ($0,10 < p$) в 2016 г.

Таким образом, несмотря на отсутствие лидеров, лежащих на границе эффективности, группа предприятий в ИС показывает лучшую техническую эффективность в 2012–2015 гг. по сравнению с предприятиями в РС и СС. **То есть гипотеза № 1 подтверждается только для предприятий в ИС. Напротив, предприятия в СС не демонстрируют более высокую техническую эффективность, чем предприятия в РС. То есть эффек-**

тивного трансфера технологий в Россию через предприятия в СС не происходит.

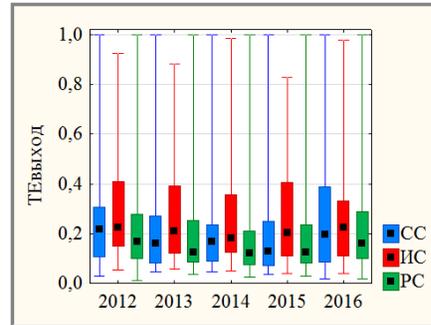
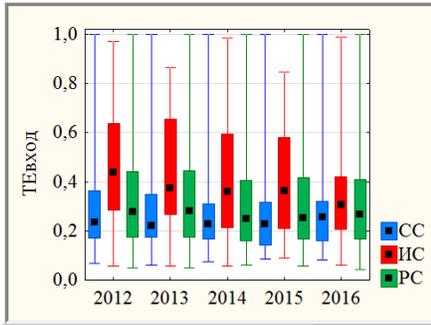


Рис. 1. Непараметрические характеристики РСк, ССк и ИСк по ТЕвх

Рис. 2. Непараметрические характеристики РСк, ССк и ИСк по ТЕвых

Полученные результаты оценивания эффективности деятельности металлургических предприятий указывают на очевидную неоднородность как ТЕвх и ТЕвых в разрезе ФС (рис. 1, 2). Поэтому для более полного исследования полученных ранжированных результатов DEA необходимо провести кластеризацию предприятий по ТЕвх и ТЕвых аналогично [12, 16].

В результате кластеризации металлургических предприятий по совокупности ТЕвх и ТЕвых, усредненных по времени (ТЕсрвх и ТЕсрвых) методами К-средних и иерархической кластеризации (с помощью правила объединения – метода Варда и меры близости – расстояния Евклида), получено разбиение 348 предприятий на 9 кластеров. Графически результаты кластеризации проиллюстрированы на диаграмме рассеяния средних кластеров (рис. 3). Числами в скобках при названии кластера указано количество предприятий в соответствующем кластере, что отражено геометрически в размере соответствующего маркера.

Результаты кластеризации свидетельствуют о низкой технической эффективности металлургических предприятий. Самые многочисленные три кластера К6 – К8 ($\approx 55\%$ от общего числа предприятий) находятся в нижней трети по совокупности ТЕсрвх и ТЕсрвых (квадрат с ТЕ $< 0,32$ на рис. 3), а если к ним добавить К2 и К3 ($\approx 79\%$ от общего числа предприятий), то в нижней половине (по ТЕсрвх $< 0,5$ и ТЕсрвых $< 0,5$). Заметим, что постоянные лидеры находятся в К5, а дополнительные (лидеры наполовину: до 2014 г., или после) – в К1.

Сравнительный анализ динамики ТЕ периодов до и после 2014 г. является, строго говоря, не совсем корректным, так как при переходе через 2014 г. изменилась шкала измерения ТЕ, т.е. на фоне группы 7 постоянных лидеров произошла смена состава дополнительных (замена 2 до 2014 г. на 5 после). Поэтому корректнее использовать динамическую характеристику – МРІ, оценивающую двухлетний прогресс (регресс) эффективности предприятия.

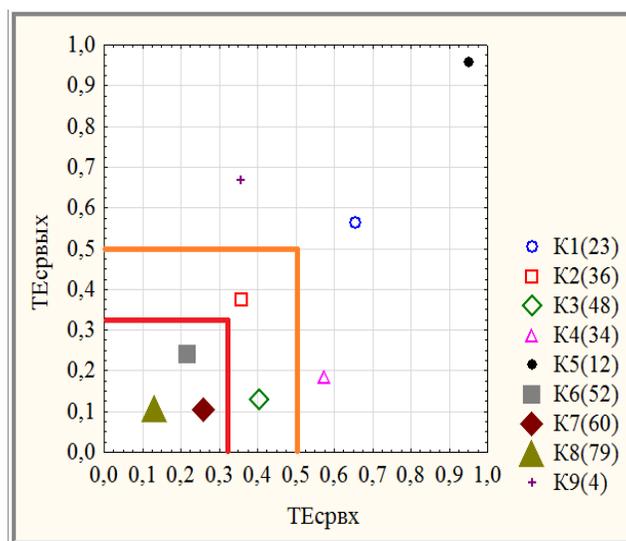


Рис. 3. Диаграмма рассеяния кластеров по TEвх и TEвых

Задача 1.3. Анализ MPI предприятия за период 2012–2016 гг.

На базе метода DEA применительно к параметрам входа ОС и ОТ и выхода В на каждую последовательную пару лет периода 2012–2016 гг. построены выборки MPI, распределения которых согласно χ^2 -критерию Пирсона на разном уровне значимости отличаются от нормального. Средние и медианы MPI по ФС приведены в табл. 3.

Представленные данные показывают, что снижение технической эффективности произошло в 2013 г., т.е. до введения экономических санкций и последующих неблагоприятных изменений внешней политической и экономической среды. В последующие периоды динамика индекса MPI близка к 1, что говорит о незначительных изменениях в технической эффективности предприятий металлургической промышленности. Следует отметить особую динамику СС: если динамика MPI у РС и ИС проходит максимум в 2014–2015 гг. (MPI 2015 = max), то у СС она зигзагообразная (MPI 2014 = max и MPI 2015 = min). Причем этот перепад создала почти половина предприятий СС: 14 из 30 предприятий сменили увеличение эффективности (MPI4 > 1) на снижение (MPI5 < 1). **Таким образом, гипотеза № 2 подтверждается.**

Интерес представляет также динамика индекса MPI за весь период 2012–2016 гг., а также оценка влияния на поведение индекса его составляющих: изменения эффективности (догоняющее развитие – EFF) и изменение технологий или фронта (опережающее развитие лидеров – TEC). Представленные в табл. 3 данные позволяют отметить следующее:

– MPI индекс роста производительности сопоставим с 1 по средним, но ниже по медиане; он оказывается выше у предприятий в РС;

- компонента EFF сопоставима с 1 и выше у предприятий в РС;
- компонента ТЕС является самой проблемной. Он ниже 1 как по медиане, так и по средним, различия между формами собственности невелики, при этом очень низкая доля предприятий имеет индекс изменения технологий выше 1;
- медианы по MPI индексу и его компонентам ниже средних;
- согласно критерию Краскела–Уоллиса различия между предприятиями СС, РС и ИС по MPI, EFF и ТЕС являются незначимыми.

Таблица 3. Средние и медианы MPI, 2012–2016 гг.

	ФС	MPI 2012– 2013	MPI 2013– 2014	MPI 2014– 2015	MPI 2015– 2016	MPI 2012– 2016	EFF 2012– 2016	ТЕС 2012– 2016
Среднее	РС/РО	0,953	1,0574	1,0814	0,995	1,075	1,226	0,895
	ИС/ФО	0,955	0,9573	1,0378	0,911	0,912	1,089	0,841
	СС/Ю	0,860	1,0919	0,8809	1,054	0,927	1,098	0,859
Медиана	РС/РО	0,889	1,0045	1,0330	0,968	0,872	1,001	0,843
	ИС/ФО	0,897	0,9380	1,0525	0,953	0,770	0,944	0,823
	СС/Ю	0,842	1,0270	0,8910	1,000	0,774	0,913	0,835
Доля пред- приятий, у которых MPI > 1, %	РС/РО	28	51	54	42	39	50	17
	ИС/ФО	29	42	55	37	34	42	3
	СС/Ю	23	63	27	50	27	40	3

Соответственно, у основной массы предприятий (медиана MPI) произошло снижение отдачи от основных факторов производства: труда и капитала. Это падение во многом было обусловлено снижением технологического фронта (границы эффективности – ТЕС). То есть в условиях неблагоприятной внешней среды и падения выручки в реальном выражении предприятия-лидеры стремились сохранить производственные мощности и персонал, что и привело к снижению границы эффективности. В то же время не выявлено существенное повышение другой составляющей индекса – эффективности (EFF), что говорит об отсутствии догоняющего развития и о сохранении значительного отставания большинства предприятий от лидеров по технической эффективности. Отметим более высокие значения индекса и его составляющих у предприятий в РС, однако и здесь медианы находятся на низком уровне и соответствуют указанным выше тенденциям, что не позволяет подтвердить гипотезу № 3.

Выводы

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы о технической эффективности металлургических предприятий России в разрезе ФС:

1. Выявлена устойчивая группа предприятий, которые остаются лидерами по технической эффективности в течение всего периода 2012–

2016 г. Эта группа включает в себя 7 предприятий в РС (в том числе отдельные крупнейшие предприятий) и 2 предприятия в СС.

2. Установлено, что техническая эффективность большинства предприятий металлургической промышленности находится на низком уровне относительно лидеров (медиана – 0,337 по затратам и 0,230 по доходам; 55% предприятий имеет эффективности затрат и доходов меньше $\frac{1}{3}$, а $\approx 79\%$ – меньше $\frac{1}{2}$), что говорит о существенном технологическом отставании большинства предприятий от лидеров.

3. Выявлены преимущества предприятий в ИС: они показывали более высокую техническую эффективность в 2012–2015 гг., однако эти преимущества были нивелированы в 2016 г. Сравнение между группами предприятий в разрезе форм собственности показало, что техническая эффективность предприятий ИС по затратам превышает РС и СС статистически значимо с 2012 по 2015 г. и незначимо в 2016 г., а по доходам – значимо превышает только РС с 2012 по 2015 г.

4. Установлено на основе анализа ежегодных значений индекса МРІ, что наиболее проблемным с точки зрения снижения технической эффективности для предприятий всех форм собственности стал 2013 г., а не последующие годы санкций и неблагоприятной внешней среды. Причем для предприятий в СС проблемным оказался еще и 2015 г.

5. Обнаружено на основе анализа индекса МРІ и его составляющих за 2012–2016 гг., что у основной массы предприятий (медиана МРІ) произошло снижение отдачи от основных факторов производства: труда и капитала. Это падение во многом было обусловлено снижением технологического фронта, т.е. в условиях падения выручки предприятия-лидеры стремились сохранить производственные мощности и персонал. В то же время не выявлено признаков догоняющего развития (компонента EFF незначительно отличается от 1), что говорит о сохранении значительного отставания большинства предприятий от лидеров.

6. Отмечены более высокие значения индекса и его составляющих за 2012–2016 гг. у предприятий в РС, однако и здесь медианы находятся на низком уровне и соответствуют указанным выше тенденциям.

Таким образом, в настоящей работе гипотеза № 1 подтвердилась в отношении предприятий в ИС на периоде 2012–2015 гг., однако в отношении предприятий в СС гипотеза № 1 отвергнута на всем временном периоде. Подтверждена гипотеза № 2 о снижении технической эффективности в условиях неблагоприятной внешней среды, и дополнительно установлено, что такое снижение произошло за счет технологической компоненты индекса (технологического фронта лидеров). И не подтверждена гипотеза № 3 – не обнаружено признаков догоняющего развития и отставание основной группы предприятий от лидеров является значительным.

С позиций регулирования развития отрасли определена совокупность предприятий-технологических лидеров, которые могут стать образцом для развития других предприятий. Показано, что группа предприятий в СС не обеспечивает более высокие показатели технической эффективности, а

следовательно, текущих мер стимулирования недостаточно для эффективного импорта и адаптации зарубежных технологий через предприятия в СС. Выявленное значительное отставание основной массы предприятий от лидеров говорит о сохранении наследия СССР – сильной монополизации металлургической промышленности. Тот факт, что отставание не сокращается, позволяет сделать вывод о том, что недостаточны или отсутствуют меры стимулирования технического перевооружения предприятий. В целом проведенное исследование подчеркивает важность создания благоприятной институциональной среды на отечественном рынке для технического перевооружения предприятий и достижения ими технической эффективности как основы для долгосрочного развития российской металлургии.

Литература

1. Бурлачков В. Турбулентность экономических процессов: теоретические аспекты // Вопросы экономики. 2009. № 11. С. 90–97.
2. Журавлева Г.П., Манохина Н.В. Новые правила игры в условиях экономической турбулентности // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. 2013. № 5 (49). С. 23–28.
3. Санкции для российской металлургии // Металлургический бюллетень. 18.05.2017. URL: <https://www.metaltorg.ru/analytics/black/?id=691>
4. Spitsin V., Mikhailchuk A., Spitsina L., Akerman E., Tyuleneva N., Semes A., Novoseltseva D. Comparative Analysis of Salary, Labor Intensity and Payroll-Output Ratio of Foreign and Domestic Firms: Case of Russian Vehicle Industry // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2015. – Proceedings of the 2nd International Conference on Education Reform and Modern Management (ERMM 2015). P. 371–374. URL: <https://download.atlantis-pess.com/article/20921/pdf>
5. Спицын В.В., Спицына Л.Ю., Рыжкова М.В. Экономическая результативность развития российских и иностранных предприятий в условиях экономических санкций // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2016. № 9. С. 240–250.
6. Koopmans T.C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities / Activity Analysis of Production and Allocation. Koopmans, T.C. (Ed.). Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13. New York : Wiley, 1951.
7. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-making Units // European Journal of Operation Research. 1978. Т. 2, № 6. P. 429–444.
8. Emrouznejad A., Parker B.R., Tavares G. Evaluation of Research in Efficiency and Productivity: A Survey and Analysis of the First 30 Years of Scholarly Literature in DEA // Socio-economic Planning Sciences. 2008. Т. 42, № 3. P. 151–157. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012107000420#!>
9. Зеленская Е.М. Применение метода «Анализ среды функционирования» в оценке эффективности деятельности учреждений культуры // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия «Гуманитарные и общественные науки». 2018. № 2. С. 39–51.
10. Хаммершмидт М., Макаров А.М., Щербак А.Д. Применение метода анализа среды функционирования (АСФ) для оценки эффективности деятельности бизнес-структур предприятия // Практический маркетинг. 2012. № 3. С. 15–20.
11. Чернышова Г.Ю., Ковалев Р.Н. Применение модели анализа среды функционирования (Data Envelopment Analysis) для оценки эффективности Web-ресурсов // Фундаментальные исследования. 2017. № 8-2. С. 453–457. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41691>

12. *Spitsin V., Mikhhalchuk A., Spitsina L., Shabaldina N., Novoseltseva D., Shinkeev M.* Product Innovation Efficiency of Russian Electronic Industry: DEA Approach and Cluster Analysis // *Advances in Social Science, Education and Humanities Research*. 2016. Vol. 53: Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2016). P. 607–610. URL: <http://dx.doi.org/10.2991/icsshe-16.2016.20>

13. *Чугумбаев Р.Р.* Анализ среды функционирования как инструмент бенчмаркинга показателей экономической эффективности организации // *Экономический анализ: теория и практика*. 2009. № 27. С. 40–47.

14. *Гаффорова Е.Б., Карловский А.В.* О подходах к оценке эффективности деятельности вузов // *Мир экономики и управления*. 2009. Т. 9, № 3. С. 81–87.

15. *Уткин О.Б.* Технология анализа среды функционирования и оценка деятельности нефтяных компаний // *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия «Экономика»*. 2002. № 1. С. 148–156.

16. *Строгонов М.С.* Методика факторной оценки регионального инновационного потенциала с применением DEA-технологий // *Вестник Забайкальского государственного университета*. 2017. Т. 23, № 11. С. 101–108.

17. *Ратнер С.В.* Динамические задачи оценки эколого-экономической эффективности регионов на основе базовых моделей анализа среды функционирования // *Управление большими системами: сборник трудов*. 2017. № 67. С. 81–106.

18. *Brada J.C., King A.E., Ma C.Y.* Industrial Economics of the Transition: Determinants of Enterprise Efficiency in Czechoslovakia and Hungary // *Oxford Economic Papers*. 1997. Т. 49, № 1. С. 104–127.

19. *Zhang J., Wang G.* Energy Saving Technologies and Productive Efficiency in the Chinese Iron and Steel Sector // *Energy*. 2008. Vol. 33, is. 4. P. 525–537.

20. *Lazzarin R.M., Noro M.* Energy Efficiency Opportunities in the Production Process of Cast Iron Foundries: An Experience in Italy // *Applied Thermal Engineering*. 2015. Vol. 90. P. 509–520.

21. *Савельева А.И.* Сравнительный анализ энергоэффективности ведущего Российского предприятия Уральской горно-металлургической компании и предприятий-конкурентов: Glencore Xstrata, Vedanta Resources, KGHM Polska Miedz SA, Codelco // *Российские регионы в фокусе перемен*. 2016. Т. 2, № 11. С. 746–762. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48158/1/rfp_2016_2_080.pdf.

22. *Gun G.S., Rubin G.Sh., Chukin M.V., Gun I.G., Mezin I.U., Korchunov A.G.* Metallurgy Qualimetry Theory Design and Development // *Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова*. 2013. № 5 (45). С. 67–69.

23. *Malmquist S.* Index Numbers and Indifference Surfaces // *Trabajos de estadística*. 1953. Vol. 4, is. 2. P. 209–242.

24. *Caves D.W., Christensen L.R., Diewert W.E.* Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers // *The Economic Journal*. 1982. Vol. 92, is. 365. P. 73–86.

25. *Färe R., Grifell-Tatjé E., Grosskopf S., Knox Lovell C.A.* Biased Technical Change and the Malmquist Productivity Index // *Scandinavian Journal of Economics*. 1997. Vol. 99, is. 1. P. 119–127.

26. *Barros C.P.* Evaluating the Efficiency of a Small Hotel Chain with a Malmquist Productivity Index // *International Journal of Tourism Research*. 2005. Vol. 7, is. 3. P. 173–184.

27. *Zaim O., Taskin F.* The Comparative Performance of the Public Enterprise Sector in Turkey: A Malmquist Productivity Index Approach // *Journal of Comparative Economics*. 1997. Vol. 25, is. 2. P. 129–157.

28. *Chen Y.* A Non-radial Malmquist Productivity Index with an Illustrative Application to Chinese Major Industries // *International Journal of Production Economics*. 2003. Vol. 83, is. 1. P. 27–35.

29. *Thanassoulis E., Shiraz R.K., Maniadakis N.* A Cost Malmquist Productivity Index Capturing Group Performance // *European Journal of Operational Research*. 2015. Vol. 241, is. 3. P. 796–805.

30. *Ma J., Evans D.G., Fuller R.J., Stewart D.F.* Technical Efficiency and Productivity Change of China's Iron and Steel Industry // *International Journal of Production Economics*. 2002. Vol. 76, is. 3. P. 293–312.

31. *Wei Y.M., Liao H., Fan Y.* An Empirical Analysis of Energy Efficiency in China's Iron and Steel Sector // *Energy*. 2007. Vol. 32, is. 12. P. 2262–2270.

32. *He F., Zhang Q., Lei J., Fu W., Xu X.* Energy Efficiency and Productivity Change of China's Iron and Steel Industry: Accounting for Undesirable Outputs // *Energy Policy*. 2013. Vol. 54. P. 204–213.

33. *Morfeldt J., Silveira S.* Capturing Energy Efficiency in European Iron and Steel Production – Comparing Specific Energy Consumption and Malmquist Productivity Index // *Energy Efficiency*. 2014. Vol. 7, is. 6. P. 955–972.

34. *Земцов С.М.* Эффективность аграрного производства в Республике Беларусь // АПК: экономика, управление. 2009. № 3. С. 88–93.

35. *Тюпаков К.Э., Сайфетдинова Н.Р.* Экономическая оценка технологического развития агропроизводства // АПК: экономика, управление. 2011. № 12. С. 72–77.

36. *Ja Y.H., Ma J.H., Ahn Y.H.* Analysis of Management Efficiency of Korea, Japan, Global Logistics Companies Using DEA and Malmquist Productivity Index // *The Pan-Pacific Journal of Supply Chain Management (PJSCM)*. 2017. Vol. 1, is. 1. P. 1–20.

37. *Charnes A., Cooper W.W., Lewin A.Y., Seiford L.M.* Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications. Springer Science & Business Media, 2013. 513 p.

38. *Mantri J.K.* Research Methodology on Data Envelopment Analysis (DEA). Universal-Publishers, 2008. 380 p.

39. *Кривоножко В.Е., Лычев А.В.* Анализ деятельности сложных социально-экономических систем. М. : МАКС Пресс, 2010. 208 с.

40. *Вирабян С.Н.* Измерение эффективности сделок по слиянию и поглощению: особенности применения метода DEA // Эффективное антикризисное управление. 2017. № 4 (103). С. 58–65.

41. *Tohidi G., Razavyan S.* A Circular Global Profit Malmquist Productivity Index in Data Envelopment Analysis // *Applied Mathematical Modelling*. 2013. Vol. 37. P. 216–227.

42. *Jafari Y.* Malmquist Productivity Index for Multi Time Periods // *International Journal of Data Envelopment Analysis*. 2014. Vol. 2, is. 1. P. 315–322.

43. *Halkos G.E., Tzeremes N.G.* Productivity Efficiency and Firm Size: An Empirical Analysis of Foreign Owned Companies // *International Business Review*. 2007. Vol. 16, is. 6. P. 713–731.

44. *StatSoft, Inc.* Electronic Statistics Textbook. 2013. StatSoft : Tulsa, OK. URL: <http://www.statsoft.com/textbook/>

45. *Hill T., Lewicki P.* STATISTICS: Methods and Applications. StatSoft : Tulsa, OK., 2007. 719 p.

46. *Халафян А.А., Боровиков В.П., Калайдина Г.В.* Теория вероятностей, математическая статистика и анализ данных: Основы теории и практика на компьютере. STATISTICA. EXCEL. М. : URSS, 2016. 317 с.

47. *Федорова Е.А., Николаев А.Э., Николаева А.С., Алексеева М.А.* Оценка влияния прямых иностранных инвестиций на экономику России в период санкций на основе спилловер-эффектов // *Пространственная экономика*. 2018. № 1. С. 37–58.

Trifonov A.Yu., Doctor of Physics and Mathematics, Head of the Department of Mathematics and Informatics, School of Basic Engineering Training, National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: atrifonov@tpu.ru

Mikhailchuk A.A., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor at the School of Basic Engineering Training at the National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: aamih@tpu.ru

Ryzhkova M.V., Doctor Habil. in Economics, Professor, Economics Department, National Research Tomsk State University. School of Engineering Entrepreneurship, National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: marybox@mail.tsu.ru

Spitsin V.V., Ph.D. (Econ.), Associate Professor, School of Engineering Entrepreneurship, National Research Tomsk Polytechnic University, Associate Professor, Department of Economics, TUSUR (Tomsk, Russian Federation). E-mail: spitsin_vv@mail.ru

Bulykina A.A., student (undergraduate) of the National Research Tomsk Polytechnic University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: anastasiya.bulykina@mail.ru

TECHNICAL EFFICIENCY OF RUSSIAN METALLURGICAL ENTERPRISES IN RUSSIAN AND FOREIGN OWNERSHIP IN 2012–2016

Keywords: metallurgical industry, technical efficiency, DEA approach, enterprises in the Russian, joint and foreign property, foreign investments, MPI, crisis, economic sanctions.

The topical nature of the study is due to external and internal challenges faced by the Russian economy, the need for structural reforms and improving the efficiency of metallurgical industry. **The aim** of the study is to assess the technical efficiency of Russian metallurgical enterprises across forms of ownership for the period 2012–2016. **Research methods.** Technical effectiveness assessment is carried out by Data Envelopment Analysis (DEA approach). The dynamics of technical efficiency are investigated using a performance index (Malmquist Productivity Index, MPI). Also variance and cluster analysis were used. Information on the financial performance of enterprises was obtained from the SPARK system. The sample contains 348 enterprises. **Results of the study.** The subsample of enterprises-technological leaders, which can become a benchmark for the development of other enterprises, has been determined. In conditions of an unfavorable external environment technical efficiency decreased during the period due to the technological component of the index (technological frontier of the leaders). Higher technical efficiency has been revealed for enterprises in foreign ownership, but there are no such evidence for enterprises in joint ownership, which shows the lack of effective technology transfer throughout Russian economy. Main tendencies for metallurgical industry are the significant shift between bulk of metallurgical industry enterprises and technical efficiency's leaders and the lack of their catching-up development. We conclude that Russian industry is in need of favorable environment for the technical re-equipment of enterprises.

References

1. Burlachkov V. Turbulentnost' ehkonomicheskikh processov: teoreticheskie aspekty // Voprosy ehkonomiki. 2009. №. 11. S. 90-97.
2. Zhuravlyova G. P., Manohina N. V. Novye pravila igry v usloviyah ehkonomicheskoy turbulentnosti // Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo social'no-ehkonomicheskogo universiteta. 2013. №. 5 (49). S. 23-28.
3. Sankcii dlya rossijskoj metallurgii // Metallurgicheskij byulleten'. 18.05.2017. URL: <https://www.metaltorg.ru/analytics/black/?id=691>.
4. Spitsin V., Mikhailchuk A., Spitsina L., Akerman E., Tyuleneva N., Semes A., Novoseltseva D. Comparative Analysis of Salary, Labor Intensity and Payroll-Output Ratio of Foreign and Domestic Firms: Case of Russian Vehicle Industry // Advances in Social Science,

Education and Humanities Research. 2015. –Proceedings of the 2nd International Conference on Education Reform and Modern Management (ERMM 2015). P. 371-374. URL: <https://download.atlantis-press.com/article/20921/pdf>.

5. Spicyn V.V., Spicyna L.YU., Ryzhkova M.V. Ehkonomicheskaya rezul'tativnost' razvitiya rossijskikh i inostrannyh predpriyatij v usloviyah ehkonomicheskikh sankcij // EHkonomika: vchera, segodnya, zavtra. 2016. № 9. S. 240–250.

6. Koopmans T.C. An Analysis of Production as an Efficient Combination of Activities / Activity Analysis of Production and Allocation. Koopmans, T.C. (Ed.). Cowles Commission for Research in Economics, Monograph No. 13. Wiley, New York, 1951.

7. Charnes A., Cooper W.W., Rhodes E. Measuring the Efficiency of Decision-making Units // European Journal of Operation Research. 1978. T. 2. № 6. P. 429-444.

8. Emrouznejad A., Parker B.R., Tavares G. Evaluation of Research in Efficiency and Productivity: A Survey and Analysis of the First 30 Years of Scholarly Literature in DEA // Socio-economic Planning Sciences. 2008. T. 42. №. 3. P. 151-157. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0038012107000420#!>.

9. Zelenskaya E. M. Primenenie metoda "Analiz sredey funkcionirovaniya" v ocenke ehffektivnosti deyatel'nosti uchrezhdenij kul'tury // Vestnik Baltijskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Gumanitarnye i obshchestvennye nauki. 2018. №. 2. S. 39-51.

10. Hammersmidt M., Makarov A.M., SHCHerbak A.D. Primenenie metoda analiza sredey funkcionirovaniya (ASF) dlya ocenki ehffektivnosti deyatel'nosti biznes-struktur predpriyatiya // Prakticheskij marketing. 2012. №. 3. S. 15-20.

11. Chernyshova G.YU., Kovalev R.N. Primenenie modeli analiza sredey funkcionirovaniya (Data Envelopment Analysis) dlya ocenki ehffektivnosti Web-resursov // Fundamental'nye issledovaniya. 2017. № 8-2. S. 453-457. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=41691>.

12. Spitsin, V., Mikhalkhuk, A., Spitsina, L., Shabaldina, N., Novoseltseva, D., Shinkeev, M. Product Innovation Efficiency of Russian Electronic Industry: DEA Approach and Cluster Analysis // Advances in Social Science, Education and Humanities Research. 2016. Vol. 53: Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Social Science and Higher Education (ICSSHE 2016). P. 607-610. URL: <http://dx.doi.org/10.2991/icsshe-16.2016.20>.

13. Chugumbaev P.P. Analiz sredey funkcionirovaniya kak instrument benchmarkinga pokazatelej ehkonomicheskoy ehffektivnosti organizacii // Ehkonomicheskij analiz: teoriya i praktika. 2009. №. 27. S. 40-47.

14. Gafforova E. B., Karlovskij A. V. O podhodah k ocenke ehffektivnosti deyatel'nosti vuzov // Mir ehkonomiki i upravleniya. 2009. T. 9. №. 3. C. 81-87.

15. Utkin O. B. Tekhnologiya analiza sredey funkcionirovaniya i ocenka deyatel'nosti neftyanyh kompanij // Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: ehkonomika. 2002. №. 1. C. 148-156.

16. Strogonov M.S. Metodika faktornoj ocenki regional'nogo innovacionnogo potentsiala s primeneniem DEA-tehnologij // Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. T. 23. №. 11. S. 101-108.

17. Ratner S.V. Dinamicheskie zadachi ocenki ehkologo-ehkonomicheskoy ehffektivnosti regionov na osnove bazovyh modelej analiza sredey funkcionirovaniya // Upravlenie bol'shimi sistemami: sbornik trudov. 2017. №. 67. S. 81-106.

18. Brada J.C., King A.E., Ma C.Y. Industrial Economics of the Transition: Determinants of Enterprise Efficiency in Czechoslovakia and Hungary // Oxford Economic Papers. 1997. Vol. 49. №. 1. S. 104-127.

19. Zhang J., Wang G. Energy Saving Technologies and Productive Efficiency in the Chinese Iron and Steel Sector // Energy. 2008. Vol. 33, Iss. 4. P. 525-537.

20. Lazzarin R. M., Noro M. Energy Efficiency Opportunities in the Production Process of Cast Iron Foundries: An Experience in Italy // Applied Thermal Engineering. 2015. Vol. 90. P. 509-520.

21. Savel'eva A. I. Sravnitel'nyj analiz ehnergoehffektivnosti vedushchego Rossijskogo predpriyatiya Ural'skoj gorno-metallurgicheskoy kompanii i predpriyatij-konkurentov: Glencore Xstrata, Vedanta Resources, KGHM Polska Miedz SA, Codelco // Rossijskie regiony v fokuse peremen. Ekaterinburg, 2016. T. 2. №. 11. S. 746-762. URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/48158/1/rfp_2016_2_080.pdf.

22. Gun, G.S., Rubin, G.Sh., Chukin, M.V., Gun, I.G., Mezin, I.U., Korchunov, A.G. Metallurgy Qualimetry Theory Design and Development // Vestnik Magnitogorskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. GI Nosova. 2013. №. 5 (45). С. 67-69.

23. Malmquist S. Index Numbers and Indifference Surfaces // Trabajos de estadística. 1953. Vol. 4, Iss. 2. P. 209-242.

24. Caves D.W., Christensen L.R., Diewert W.E. Multilateral Comparisons of Output, Input, and Productivity Using Superlative Index Numbers // The Economic Journal. 1982. Vol. 92, Iss. 365. P. 73-86.

25. Färe, R., Grifell-Tatjé, E., Grosskopf, S., Knox Lovell, C. A. Biased Technical Change and the Malmquist Productivity Index // Scandinavian Journal of Economics. 1997. Vol. 99, Iss. 1. P. 119-127.

26. Barros C.P. Evaluating the Efficiency of a Small Hotel Chain with a Malmquist Productivity Index // International Journal of Tourism Research. 2005. Vol. 7, Iss. 3. P. 173-184.

27. Zaim O., Taskin F. The Comparative Performance of the Public Enterprise Sector in Turkey: A Malmquist Productivity Index Approach // Journal of Comparative Economics. 1997. Vol. 25, Iss. 2. P. 129-157.

28. Chen Y. A Non-radial Malmquist Productivity Index with an Illustrative Application to Chinese Major Industries // International Journal of Production Economics. 2003. Vol. 83, Iss. 1. P. 27-35.

29. Thanassoulis E., Shiraz R. K., Maniadakis N. A Cost Malmquist Productivity Index Capturing Group Performance // European Journal of Operational Research. 2015. Vol. 241, Iss. 3. P. 796-805.

30. Ma, J., Evans, D. G., Fuller, R. J., Stewart, D. F. Technical Efficiency and Productivity Change of China's Iron and Steel Industry // International Journal of Production Economics. 2002. Vol. 76, Iss. 3. P. 293-312.

31. Wei Y. M., Liao H., Fan Y. An Empirical Analysis of Energy Efficiency in China's Iron and Steel Sector // Energy. 2007. Vol. 32, Iss. 12. P. 2262-2270.

32. He, F., Zhang, Q., Lei, J., Fu, W., Xu, X. Energy Efficiency and Productivity Change of China's Iron and Steel Industry: Accounting for Undesirable Outputs // Energy Policy. 2013. Vol. 54. P. 204-213.

33. Morfeldt J., Silveira S. Capturing Energy Efficiency in European Iron and Steel Production – Comparing Specific Energy Consumption and Malmquist Productivity Index // Energy Efficiency. 2014. Vol. 7, Iss. 6. P. 955-972.

34. Zemcov S.M. Ehffektivnost' agrarnogo proizvodstva v Respublike Belarus' // APK: EHkonomika, upravlenie. 2009. №. 3. S. 88-93.

35. Tyupakov K. EH., Sajfetdinova N. R. EHkonomicheskaya ocenka tekhnologicheskogo razvitiya agroproduktstva // APK: ehkonomika, upravlenie. 2011. №. 12. S. 72-77.

36. Ja Y.H., Ma J.H., Ahn Y.H. Analysis of Management Efficiency of Korea, Japan, Global Logistics Companies Using DEA and Malmquist Productivity Index // The Pan-Pacific Journal of Supply Chain Management (PJSCM). 2017. Vol. 1, Iss. 1. P. 1-20.

37. Charnes, A., Cooper, W.W., Lewin, A.Y., Seiford, L.M. Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Applications. Springer Science & Business Media, 2013. 513 p.

38. Mantri, J.K. Research Methodology on Data Envelopment Analysis (DEA). Universal-Publishers, 2008. 380 p.

39. Krivonozhko V.E., Lychev A.V. Analiz deyatel'nosti slozhnyh social'no-ehkonomicheskikh sistem. M: MAKSPress, 2010. 208 s.

40. Virabyan S.N. Izmerenie ehffektivnosti sdelok po sliyaniyu i pogloshcheniyu: osobennosti primeneniya metoda DEA // Ehffektivnoe antikrizisnoe upravlenie. 2017. № 4 (103). S. 58-65.
41. Tohidi, G., Razavyan, S. A Circular Global Profit Malmquist Productivity Index in Data Envelopment Analysis // Applied Mathematical Modelling. 2013. Vol. 37. P. 216–227.
42. Jafari, Y. Malmquist Productivity Index for Multi Time Periods // International Journal of Data Envelopment Analysis. 2014. Vol. 2, Iss..1. P.315-322.
43. Halkos G. E., Tzeremes N. G. Productivity Efficiency and Firm Size: An Empirical Analysis of Foreign Owned Companies // International Business Review. 2007. Vol. 16, Iss. 6. P. 713-731.
44. StatSoft, Inc. Electronic Statistics Textbook. 2013. StatSoft: Tulsa, OK. URL: <http://www.statsoft.com/textbook/>.
45. Hill T., Lewicki P. STATISTICS: Methods and Applications. StatSoft: Tulsa, OK., 2007. 719 p.
46. Halafyan A.A., Borovikov V.P., Kalajdina G.V. Teoriya veroyatnostej, matematicheskaya statistika i analiz dannyh: Osnovy teorii i praktika na komp'yutere. STATISTICA. EXCEL. Moskva URSS, 2016. 317 s.
47. Fedorova E.A., Nikolaev A.Eh., Nikolaeva A.S., Alekseeva M.A. Ocenka vli-yaniya pryamyh inostrannyh investicij na ehkonomiku Rossii v period sankcij na osnove spillover-ehffektov // Prostranstvennaya ehkonomika. 2018. № 1. S. 37–58.

For referencing:

Trifonov A.Yu., Mikhalkhuk A.A., Ryzhkova M.V., Spitsin V.V., Bulykina A.A. Tekhnicheskaya ehffektivnost' metallurgicheskikh predpriyatij v rossijskoj i inostrannoj sobstvennosti v 2012–2016 gg. [Technical Efficiency of Russian Metallurgical Enterprises in Russian and Foreign Ownership in 2012–2016]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika – Tomsk State University Journal of Economics, 2018, no 44, pp. 283–304.