

Научная статья
УДК 334.723.2; 330.42
DOI: 10.17213/2075-2067-2023-2-135-147

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА ЗА СЧЕТ ИНВЕСТИЦИЙ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

*Александр Николаевич Кузьминов^{1✉}, Людмила Викторовна Сахарова²,
Сергей Александрович Некрасов³*

*^{1, 2}Ростовский государственный экономический университет (РИНХ),
Ростов-на-Дону, Россия*

³Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия

¹mr.azs@mail.ru✉, ORCID:0000-0002-9400-4285, AuthorID РИНЦ:672964

²l_sakharova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4897-4926,

AuthorID РИНЦ: 753248, SPIN-код: 5946-9341

³san693@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7649-0515,

AuthorID РИНЦ: 872928, SPIN-код: 9623-0772

Аннотация. *Целью исследования* является анализ источников с целью выдвижения гипотез о влиянии вещественного состава и объема инвестиций в энергоэффективность производства на производительность труда, а также формализации их в виде математических моделей.

Методологическую базу исследования представляет опыт исследований мировых и российских научно-исследовательских центров по взаимовлиянию инвестиций в производство, энергоэффективности показателей трудовой деятельности фирм.

Результаты исследования. *Сформулированы предположения о взаимосвязи между инвестициями в энергоэффективность и производительностью труда в рамках методологии потенциальной эндогенности. Построены соответствующие математические модели, основанные на производственной функции Кобба-Дугласа, связывающие факторы инвестирования в энергоэффективность и объем производства фирмы.*

Перспективы исследования заключаются в необходимости статистической проверки выдвинутых гипотез и развития построенных математических моделей на основе интеллектуального анализа данных и методов оптимизации.

Ключевые слова: *энергоэффективность, инвестиции, неэнергетические эффекты, производительность труда*

Для цитирования: *Кузьминов А. Н., Сахарова Л. В., Некрасов С. А. Повышение производительности труда за счет инвестиций в энергоэффективность // Вестник Южно-Российского государственного технического университета. Серия: Социально-экономические науки. 2023. Т. 16, № 2. С. 135–147. <http://dx.doi.org/10.17213/2075-2067-2023-2-135-147>.*

Original article

INCREASING PRODUCTIVITY THROUGH INVESTMENT IN ENERGY EFFICIENCY

Alexander N. Kuzminov¹✉, Ludmila V. Sakharova²,
Sergey A. Nekrasov³

^{1,2}Rostov State University of Economics (RSUE), Rostov-on-Don, Russia

³Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

¹mr.azs@mail.ru✉, ORCID:0000-0002-9400-4285, AuthorID RSCI:672964

²l_sakharova@mail.ru, ORCID: 0000-0002-4897-4926,
AuthorID RSCI: 753248, SPIN-code: 5946-9341

³san693@mail.ru, ORCID: 0000-0002-7649-0515,
AuthorID RSCI: 872928, SPIN-code: 9623-0772

Abstract. *The purpose of the research is to analyze the sources in order to put forward hypotheses about the impact of the material composition and volume of investments in the energy efficiency of production on labor productivity, as well as to formalize them in the form of mathematical models.*

The methodological basis of the study is the experience of research by world and Russian research centers on the mutual influence of investments in production, energy efficiency of the performance indicators of firms.

Research results. *Assumptions about the relationship between investment in energy efficiency and labor productivity are formulated in the framework of the methodology of potential endogeneity. Corresponding mathematical models based on the Cobb-Douglas production function are constructed, linking the factors of investment in energy efficiency and the firm's production volume.*

Prospects for the research *lie in the need for statistical verification of the hypotheses put forward and the development of the constructed mathematical models based on data mining and optimization methods.*

Keywords: *energy efficiency, investments, non-energy effects, labor productivity*

For citation: *Kuzminov A. N., Sakharova L. V., Nekrasov S. A. Increasing productivity through investment in energy efficiency // Bulletin of the South Russian State Technical University. Series: Socio-economic Sciences. 2023; 16(2): 135–147. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.17213/2075-2067-2023-2-135-147>.*

Введение. Из-за глобальной обеспокоенности ростом потребления первичной энергии и увеличением выбросов парниковых газов повышение энергоэффективности стало приоритетом для многих стран. Данная стратегия часто описывается как беспроигрышная и считается одним из лучших способов достижения важных климатических целей.

Утверждается, что это универсальная мера по снижению затрат, которая уменьшает прямые выбросы от потребления ископаемого топлива, а также косвенные выбросы от производства электроэнергии.

На самом деле, по данным Международного энергетического агентства¹, более 40% сокращения глобальных выбросов CO₂ до 2040 г.

¹ Доклад о перспективах роста выбросов CO₂ до 2040 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>.

по сравнению с базовым уровнем можно было бы обеспечить за счет инвестиций в меры по повышению энергоэффективности.

К сожалению, несмотря на большое значение мер по повышению энергоэффективности, многочисленные отчеты и исследования подтверждают наличие разрыва между предприятиями по повышению энергоэффективности, которые могут быть реализованы, и теми, которые реально осуществляются².

Многие положительные последствия инвестиций в энергоэффективность упускаются, несмотря на то, что они требуют относительно небольших предварительных капиталовложений и являются финансово рентабельными. Это явление, известное как «разрыв в энергоэффективности», обусловлено финансовыми и нефинансовыми факторами.

Существуют многочисленные барьеры для инвестиций в энергоэффективность, которые многообразны и часто специфичны для отдельных технологий и секторов (обзор см. в [7].) Одним из наиболее важных барьеров является чрезмерная сосредоточенность фирм на оценке прямого влияния инвестиций на энергоэффективность с позиций потребления и энергосбережения. Существующая литература свидетельствует о том, что при оценке потенциальных инвестиций в энергоэффективность фирмы склонны пренебрегать другими существенными выгодами — так называемыми *неэнергетическими выгодами* (НЭВ) [26].

Неэнергетические выгоды могут включать повышение производительности труда, снижение затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, улучшение условий труда внутри помещений, а также сокращение отходов и выбросов [26]. Эти преимущества также могут быть связаны с инвестициями в энергоэффективность производственных процессов: замена старого оборудования новым современным или совершенствование вспомогательных процессов, строительство более качественных зданий с более эффективными системами освещения, отопления, вентиляции и охлаждения [1].

Хотя неэнергетические выгоды как фактор повышения производительности труда в итоге оказывают положительное влияние на прибыль предприятия, многим фирмам трудно их количественно оценить. В результате неэнергетические выгоды часто упускаются из виду в процессе принятия инвестиционных решений. Эта проблема имеет серьезные последствия для энергетического перехода. Неэнергетические выгоды могут существенно изменить стоимостную оценку энергоэффективных технологий и обеспечить более благоприятную оценку проекта [8]. Количественная оценка неэнергетических выгод и выделение их важности могут увеличить инвестиции фирм в меры по повышению самой энергоэффективности.

Подводя итог, можно сказать, что понимание, измерение и включение дополнительных выгод в анализ затрат и выгод позволит более точно отразить ценность мер по повышению энергоэффективности.

Обзор научно-исследовательской литературы. На сегодняшний день исследования неэнергетических выгод от инвестиций в энергоэффективность были ограничены и основывались на тематических исследованиях. Мало что известно о величине неэнергетических выгод, в основном из-за отсутствия качественных данных.

Многие исследователи подчеркивали необходимость анализа и количественной оценки инвестиций в энергоэффективность, которые выходят за рамки экономии затрат на энергию [8].

Ряд специалистов уже предложили рамки классификации НЭВ.

Юрге-Форсац и др. [27] различают пять категорий НЭВ:

- экологические эффекты;
- экономические эффекты;
- последствия для здоровья;
- выгоды от предоставления услуг;
- социальные эффекты.

Коулман [13] фокусируется на трех типах НЭВ: сокращение затрат, снижение риска и повышение стоимости. Другие авторы под-

² Государственный доклад о состоянии энергосбережения и повышении энергетической эффективности за 2022 год [Электронный ресурс]. URL: https://www.economy.gov.ru/material/file/5a79eed92247fc7cb91873a107625372/Energy_efficiency_2022.pdf.

черкуют такие эффекты, как повышение производительности, улучшение качества продукции, её безопасности и сокращение отходов [19].

Международное энергетическое агентство³ делит НЭВ на пять категорий:

- а) макроэкономические воздействия;
- б) воздействия на государственный бюджет;
- в) воздействия на здоровье и благополучие;
- г) воздействия на поставку энергии;
- д) воздействия на промышленный сектор.

Последняя категория, включающая повышение производительности, имеет наиболее ощутимые финансовые выгоды, наблюдаемые также в краткосрочной перспективе.

Другие ученые использовали указанную классификацию и эмпирически анализировали НЭВ по отдельным группам. Большинство существующих эмпирических исследований опираются на качественный подход, основанный на тематических исследованиях, базирующихся на интервью. При этом результаты таких опросов свидетельствуют, что положительные НЭВ действительно существуют и что они действительно приводят к более активному принятию мер по энергоэффективности.

Основываясь на пяти тематических исследованиях, Лилли и Пирсон [20] оценили НЭВ мер по повышению энергоэффективности и пришли к выводу, что они в среднем составляют 24% от общей экономии за счет повышения энергоэффективности. Согласно их выводам, большинство (81%) наблюдаемых НЭВ связаны со снижением затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования, имеют прямые финансовые последствия.

Наконец, включение НЭВ в оценку капитальных инвестиций снижает срок окупаемости от 2,6 до 1,3 лет и способствует увеличению рентабельности затрат в среднем на 27%. Так, Пай и Маккейн [24] оценивают денежную стоимость НЭВ и включают их в анализ инвестиционных денежных потоков. В частности, на основе трех тематических исследований они показывают потенциал монетизации выгод от увеличения произ-

водства, сокращения выбросов, сокращения использования материалов, повышения качества продукции и сокращения потребностей в очистке и обслуживании. Согласно их выводам, учет НЭВ, особенно повышение производительности, стимулирует инвестиции в энергоэффективность. В аналогичном исследовании Флейтер и др. [15] и Трианни и др. [12] учитывают НЭВ в рамках оценки инвестиций в энергоэффективность.

В первом исследовании используется одна финансовая категория НЭВ, а во втором учитываются три, связанные с нефинансовыми параметрами, в том числе: окружающая среда, производство и внедрение. Оба исследования пришли к выводу, что существуют большие положительные НЭВ, которые обуславливают увеличение мотивов внедрения мер по повышению энергоэффективности.

С другой стороны, Каньо и Трианни [12] показывают, что для производственных фирм факторы, связанные с производством и операциями, являются наиболее важным мотиватором в этом вопросе. С глобальной точки зрения, международное энергетическое агентство⁴ исходит из позиции, что повышение энергоэффективности повышает прибыльность и конкурентоспособность компаний.

Данную позицию поддерживают Финтер и Хернке [14], которые считают, что фирмы могут получить конкурентное преимущество за счет внедрения мер по повышению энергоэффективности.

Группа исследований изучает, как инвестиции в энергоэффективность влияют на производительность труда. На макроуровне она связывается с отраслевым перераспределением рабочей силы и пространственному эффекту распространения труда. На уровне предприятия исследования сосредоточены в первую очередь на инвестициях в лучшее оборудование и строительные материалы.

Во-первых, многочисленные статьи показывают, что лучшее качество оборудования положительно влияет на производительность труда рабочих (например, [11]). Эта положительная взаимосвязь в значительной степени является функцией меньшего объема обслу-

³ Материалы Международного энергетического агентства [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ica.org/data-and-statistics>.

⁴ Там же.

живания, лучшего контроля и повышенной надежности оборудования, которые позволяют производить больше продукции [21].

Во-вторых, производительность труда выше при наличии более качественных основных производственных фондов. Положительные эффекты могут проявляться по разным каналам, например, через лучшее освещение, более оптимальную температуру или снижение шума.

Тематическое исследование, проведенное исследователями из Центра здоровья и глобальной окружающей среды Гарвардской школы общественного здравоохранения им. Т.Х. Чана и SUNY Upstate Medical [11], показало, что работа в высокопроизводительных зданиях, сертифицированных по экологическим стандартам, может улучшить процесс принятия решений сотрудниками.

Лофтнесс и др. [21] обнаружили, что лучшее и более естественное освещение может повысить производительность и самочувствие работников. Они документируют прирост производительности за счет улучшения понимания прочитанного, скорости обработки писем и сокращения прогулов. Точно так же Сеппаненн и др. [25] считают, что температура внутри офиса является одним из ключевых факторов, определяющих производительность. Хедж [17] обнаружил, что при низкой температуре сотрудники делают больше ошибок, чем при оптимальной комнатной температуре, и кажутся более рассеянными. Гуртекин-Челик [16] сосредоточился на шуме и обнаружил, что шум может привести к снижению производительности при определенных видах работы. Предполагаемый прирост производительности от работы в более тихой среде колеблется от 1,8% до 19,8%. Вайон [28] доказывает, что улучшенная вентиляция, фильтрация воздуха и чистота систем воздуховодов приводит к повышению производительности труда, которая колеблется от 6% до 9%. Наконец, исследование Монтальбано и Ненси [23] количественно исследует прирост производительности за счет инвестиций в энергоэффективность посредством выборки латиноамериканских фирм. Авторы используют обзор предприятий Всемирного банка и отмечают, что повышение энергоэффективности положительно влияет на производительность.

Эти выводы подчеркивают важную роль, которую играют инвестиции в меры по повышению энергоэффективности. Однако остаются два важных пробела в исследованиях. Во-первых, большинство исследований основано на тематических исследованиях: не существует оценки связей между энергоэффективными инвестициями и производительностью труда среди большей выборки российских фирм. Во-вторых, в современной литературе не учитывается потенциальная эндогенность между энергоэффективностью и производительностью труда.

С учетом этих улучшений в процессе производства и поддержки мы ожидаем, что инвестиции в повышение энергоэффективности приведут к повышению производительности труда. Кроме того, производительность труда выражает отношение между количеством товаров и услуг, производимых предприятием или экономикой, и количеством работников, необходимых для производства этих товаров и услуг.

Фирмы нуждаются в четких сигналах для инвестирования в энергоэффективность, и производительность труда может выступать в качестве такого сигнала, поскольку она создает прямые финансовые выгоды для фирм: производительность труда напрямую влияет на объем производства фирм и их конкурентоспособность. Кроме того, в отличие от многих других преимуществ, не связанных с энергией, производительность поддается наблюдению и количественной оценке.

В результате методологически обоснованная демонстрация того, что инвестиции в энергоэффективность повышают производительность труда, может способствовать устранению пробела в инвестициях в энергоэффективность, что необходимо для достижения климатических целей.

Согласно проанализированной литературе, получен вывод, что инвестиции в энергоэффективность повышают производительность труда за счет своего воздействия на производственные и вспомогательные процессы.

Во-первых, инвестиции в энергоэффективность требуют установки оборудования с новыми прогрессивными характеристиками. Это приводит к лучшему управлению оборудованием, повышению надежности (ре-

жимы использования, обслуживания и т.п.) и, как результат, — повышению производительности труда [18]. Во-вторых, такие инвестиции повышают энергоэффективность зданий, регулируя потоки воздуха, тепла, влаги и шума. Умеренные температуры, низкая влажность и повышенное качество воздуха повышают вовлеченность работников [4].

Таким образом, необходимы дальнейшие теоретические и прикладные исследования, которые позволят формализовать базовую модель оценки эффектов. Эта статья призвана внести свой вклад в доказательство положительной связи между инвестициями в энергоэффективность и производительностью.

Методология исследования. Основываясь на перечисленных допущениях, нами выдвигаются две гипотезы.

Гипотеза 1. Изменение вещественного содержания инвестиций в энергоэффективность приводит к изменению производительности труда.

Гипотеза 2. Увеличение размера инвестиций в энергоэффективность приводит к повышению производительности труда.

Производительность труда является основным направлением исследования из-за ее роли в повышении производительности фирмы. Хотя производительность труда является лишь одним из неэнергетических преимуществ, она является одним из наиболее важных показателей для фирм, учитывая ее прямое положительное влияние на конкурентоспособность. Кроме того, выгоды от производительности труда часто проявляются в краткосрочной перспективе и их легче наблюдать, чем, например, удовлетворенность работников. В результате надежный анализ, показывающий положительную связь между инвестициями в энергоэффективность и производительностью труда, может побудить фирмы к более активному участию в смягчении последствий изменения климата.

Гипотезы, связывающие инвестиции в энергоэффективность с повышением производительности, основаны на результатах качественных исследований инвестиций в производственные и вспомогательные процессы.

Во-первых, инвестиции в энергоэффективность приводят к улучшению качества оборудования, которое использует фирма.

Во многих статьях показана положительная связь между лучшим оборудованием и производительностью труда, которая обусловлена лучшим контролем оборудования, повышенной скоростью и надежностью [2]. Во-вторых, инвестиции в более энергоэффективные здания улучшают комфорт и безопасность на рабочем месте и побуждают работников быть более вовлеченными и продуктивными [5].

Важно отметить, что производительность труда оценивается с использованием двух альтернативных стратегий: а) производительность труда, выраженная как добавленная стоимость на одного работника, б) производительность труда, выраженная как объем валовой продукции на одного работника.

В рассматриваемой постановке задачи предлагается дополнительно использовать два показателя общей факторной производительности (ОФП) на основе методологии Олли и Пейкса, принимая во внимание добавленную стоимость и валовой выпуск. Таким образом, нужно выявить корреляцию между инвестициями в энергоэффективность и производительностью фирмы с использованием метода регрессии.

Результаты. Следуя существующей литературе и указанным ограничениям, предполагается, что выпуск фирмы определяется производственной функцией Кобба-Дугласа, которая при оценке продуктивности (A) должна быть расширена за счет других переменных, зависящих от страны, сектора, размера и времени.

Это можно представить следующим образом:

$$Y_{it} = A(X_{it}, EE_{it}) L_{it}^a K_{it}^b \quad (1)$$

где Y_{it} — выпуск фирмы i в период t ; L_{it}^a — количество штатных сотрудников в фирме i в момент времени t ; K_{it}^b — основной капитал фирмы i в период t ; X_{it} — это вектор различных средств контроля, которые охватывают экспортную деятельность фирмы, собственность, доступ к финансам, страну деятельности, отраслевую принадлежность и размер фирмы; EE_{it} указывает на одну из двух альтернативных мер: а) вещественный вклад в энергоэффективность и б) размер инвестиций в энергоэффективность.

Производительность труда — это отношение выпуска продукции фирмы к количеству штатных работников.

Предлагается два показателя выпуска фирмы: 1) добавленную стоимость фирмы и 2) валовой выпуск фирмы, которые соответствуют уравнению (2) и уравнению (3):

$$Pit = VA_{it} / L_{it} \quad (2)$$

$$Pit = GY_{it} / L_{it} \quad (3)$$

где VA_{it} представляет собой добавленную стоимость фирмы i в момент времени t ; GY_{it} представляет собой валовой выпуск фирмы i в момент времени t ; L_{it} представляет количество работников фирмы i в момент времени t .

Полученная простая модель может использоваться как основа для оценки эффективности мер по повышению энергоэффективности, а общий подход по учету НЭВ обеспечит повышение мотивированности предприятий.

Второй предлагаемый путь моделирования предполагает использование функции Кобба-Дугласа как зависимости объема производства Q от создающих его факторов производства — затрат труда L и затрат капитала K . Общий вид функции:

$$Q = A \cdot L^\alpha \cdot K^\beta,$$

где A — технологический коэффициент; α — коэффициент эластичности объема производства (Q) по труду; β — коэффициент эластичности Q по капиталу. При этом предлагается использовать для представления и затрат труда, и затрат капитала факторные аддитивные и мультипликативные модели [3; 10].

Следуя источнику [30], энергосбережение — это: 1) минимизация потерь, связанная с неэффективностью производственного процесса; 2) эффективное использование энергетических ресурсов; 3) эффективное использование материальных и сырьевых ресурсов; 4) эффективное использование существующих мощностей (производственных, складских); 5) минимизация экологических воздействий на окружающую среду.

Поэтому предлагается в соответствии с [3] функцию затрат капитала представить

в виде аддитивной модели, формализующей вклад всех этих факторов:

$$K = K_1 + K_2 + K_3 + K_4 + K_5 + K_6,$$

где

$$K_1 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T p_j U_j^t -$$

затраты, связанные с закупкой материальных ресурсов за весь период планирования T с учетом M ресурсов; при этом: p_j — стоимость закупки j -го вида материального ресурса, U_j^t — объем запланированных заказов материальных ресурсов вида j в момент времени t ;

$$K_2 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T b_j (\omega_j^{t-1} + U_j^t + r_j^t - H_j^t) -$$

затраты, связанные с хранением запасов материальных ресурсов; при этом: b_j — стоимость хранения j -го вида материального ресурса в единицу времени; ω_j^{t-1} — объем запасов j -го вида материальных ресурсов к концу $(t - 1)$ -го периода; U_j^t — объем запланированных заказов материальных ресурсов вида j в момент времени t ; r_j^t — объем переработанных материалов вида j в момент времени t , пригодных к повторному использованию; H_j^t — производственная потребность в материальном ресурсе вида j в момент времени t ;

$$K_3 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T m_j X_j^t -$$

затраты, связанные с производством готовой продукции; при этом: m_j — удельная стоимость производства i -го вида продукции (входят затраты на энергию, водные ресурсы, затраты на персонал и др.); X_j^t — объем производства готовой продукции вида i в момент времени t ;

$$K_4 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T A_j \delta_j R_j^t -$$

затраты, связанные с переработкой бракованных деталей и компонентов или твердых отходов; c_j — стоимость переработки твердого отхода и бракованных деталей из материала вида j ; δ_j — доля отходов и бракованных деталей вида j , которые могут быть переработаны; R_j^t — объем твердых отходов и бракован-

ных деталей, которые образуются за время t при переработке материала вида j ;

$$K_5 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T f_j (V_{wj}^t + V_{pj}^t + V_{rj}^t - V_{r pj}^t) -$$

платежи предприятия за негативные воздействия на окружающую среду; f_j — штрафы и платежи за негативные воздействия j -го вида материала предприятия на окружающую среду; V_{wj}^t — объем выбросов в окружающую среду за время t при хранении материала вида j в системе хранения; V_{pj}^t — объем выбросов в окружающую среду за время t при переработке материала вида j ; V_{rj}^t — объем выбросов в окружающую среду за время t при сборе и хранении отходов и бракованных деталей; $V_{r pj}^t$ — объем выбросов в окружающую среду за время t при переработке отходов и бракованных деталей;

$$K_6 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T u_j \varepsilon_j R_j^t -$$

затраты, связанные с утилизацией твердых отходов, не подлежащих переработке; u_j — стоимость утилизации твердых отходов из материала вида j ; ε_j — доля отходов и бракованных деталей из материала вида j , которые отправляются на утилизацию; R_j^t — объем твердых отходов и бракованных деталей, которые образуются за время t при переработке материала вида j .

Затраты труда L можно представить в следующем виде:

$$L = \sum_{j=1}^M \sum_{t=1}^T Y_j^t X_j^t,$$

где X_j^t — объем производства готовой продукции вида i в момент времени t ; Y_j^t — производительность труда при изготовлении продукции вида i в момент времени t . При этом производительность труда в соответствии с [10] может быть представлена мультипликативной моделью:

$$Y_j^t = D_{j1}^t \cdot D_{j2}^t \cdot \dots \cdot D_{js}^t + C,$$

где $D_{j1}^t, D_{j2}^t, \dots, D_{js}^t$ — факторы, влияющие на производительность труда, C — константа. В частности, могут быть использованы: коэффициент влияния технической оснащенности, коэффициент профессиона-

лизма персонала, коэффициент энергоэффективности зданий, коэффициент влияния уровня роботизации производственного процесса, коэффициент влияния внедрения системы менеджмента качества на предприятии, коэффициент, определяющий влияние информационное обеспечение управления технологическими процессами на предприятии и др.

Заключение. Из функции затрат видно, что чем выше энергосбережение, тем меньше затраты на производство, тем выше выпуск. Учет вышеперечисленных факторов и их варьирование приводит к задаче оптимизации выпуска предприятия, которая может быть решена в условиях ограничений на объем материальных ресурсов, находящихся в системе хранения, нормативы максимально допустимого уровня воздействия на окружающую среду, ограничение на стоимость переработки материальных ресурсов (не должно превышать стоимость их закупки) и т.д. К сожалению, хотя инвестиции в энергоэффективность принесут пользу компаниям, в настоящее время большинство компаний не в полной мере осведомлены об этих положительных эффектах. Многие фирмы неверно оценивают преимущества инвестиций в энергоэффективность в процессе принятия решений и ожидают более короткого периода окупаемости [18].

Для достижения целей в области энергоэффективности эту ситуацию необходимо изменить — компаниям необходимо осознать, что инвестиции в энергоэффективность действительно являются беспроигрышной стратегией и что выгоды осязаемы и поддаются количественному измерению даже в краткосрочной перспективе. Изменения могут возникать внутри или могут быть инициированы внешними заинтересованными сторонами, особенно государством, что сейчас можно иллюстрировать, например, ФЦК «Программа повышения производительности труда в РФ». Инвестиции в энергоэффективность, по сути, являются беспроигрышной стратегией: они, вероятно, повысят производительность и конкурентоспособность российских компаний и будут способствовать достижению актуальной повестки в области климата.

В этом контексте повышение осведомленности о НЭВ имеет решающее значение для достижения этой цели, поскольку это делает инвестиции в энергоэффективность более привлекательными.

Список источников

1. Арутюнян А.А. Основы энергосбережения. М.: Энергосервис, 2007. 600 с.
2. Башмаков И.А. Разработка комплексных долгосрочных программ энергосбережения и повышения энергоэффективности (методология и практика): автореф. дисс. ... д-ра экон. наук: 08.00.05. М., 2013. 53 с.
3. Бром А.Е., Елисеева Е.В. Математическая модель организации производства на основе ресурсосбережения // Машиностроение и компьютерные технологии. 2013. №05. С. 1–14.
4. Бухаров С.В. КЛИМАТ: что ждет энергетику и экономику России к середине XXI века (о новой книге Т. Густафсона. Часть 2) // ЭКО. 2022. №4(574). С. 168–192.
5. Вагин С.Г. Управление инновациями в энергетическом хозяйстве предприятий // Научный вестник: финансы, банки, инвестиции. 2019. №4 (49). С. 82–89.
6. Глыдов Д.В. Оценка эффективности зданий // Вестник МГСУ. 2011. №1-1. С. 312–315.
7. Горяинов М.В. Инструменты повышения энергоэффективности страны // Вестник МИЭП. 2015. №4(21). С. 48–53.
8. Котельников В.Г., Миленин М.Г., Лазурина Г.С. Оценка энергоэффективности инвестиционных проектов на основе байесовских интеллектуальных технологий // ТТПС. 2014. №4(30). С. 98–101.
9. Мартоян А.М. Экономическая эффективность инвестиций в энергосбережении // Решетневские чтения. 2012. №16. С. 1.
10. Харлампенков Е.И., Кудряшова И.А. Факторная модель производительности труда в угольной промышленности // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2020. №4(18). С. 557–567.
11. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., Spengler J.D. Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments // Environ Health Perspect. 2016. №124. P. 805–812.
12. Cagno E., Trianni A., Spallina G., Marchesani F. Drivers for energy efficiency and their effect on barriers: empirical evidence from Italian manufacturing enterprises // Energy Effic. 2017. №10(4). P. 855–869.
13. Coleman P.J. Ordinances to enable energy efficiency in rental housing in the United States. Thesis (M.C.P.). Massachusetts Institute of Technology, Department of Urban Studies and Planning, 2011. 144 p.
14. Finster M.P., Hernke M.T. Benefits organizations pursue when seeking competitive advantage by improving environmental performance // J Ind Ecol. 2014. №18. P. 652–662.
15. Fleiter T., Hirzel S., Worrell E. The characteristics of energy-efficiency measures — a neglected dimension // Energy Pol. 2012. №51. P. 502–513.
16. Gurtekin-Celik B. Building investment decision support // Carnegie Mellon: Center for Building Performance and Diagnostics. 2004.
17. Hedge A. Linking environmental conditions to productivity // New York: Cornell University Department of Design and Environmental Analysis. Slideshow presented at the Eastern Ergonomics Conference and Exposition. 2004. 30 p.
18. International Energy Agency // Capturing the multiple benefits of energy efficiency. 2014. P. 18–25.
19. International Energy Agency // Capturing the multiple benefits of energy efficiency. Paris: OECD/IEA, 2022. 224 p.
20. Lilly P., Pearson D. Determining the full value of industrial efficiency programs // Proceedings ACEEE summer study on energy efficiency in industry. 1999. P. 349–362.
21. Loftness V., Hartkopf V., Gurtekin B., Hansen D. Linking energy to health and productivity in the built environment // Carnegie Mellon: Center for Building Performance and Diagnostics. 2003.
22. Melitz M. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate productivity // Econometrica. 2003. №71. P. 1695–1725.
23. Montalbano P., Nenci S. Energy efficiency, productivity and exporting: firmlevel

evidence in Latin America // *Energy Econ.* 2018. P. 97–110.

24. Pye M., McKane A. Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits // *Resour Conserv Recycl.* 2000. №28. P. 171–183.

25. Seppanen O., Fisk W., Lei Q. Effect of temperature on task performance in an office environment // Lawrence Berkley National Laboratory. Helsinki University of Technology. 2006. 11 p.

26. Thollander P. et al. Investments, nonenergy benefits, and conservation // *Introduction to Industrial Energy Efficiency.* Academic Press, 2020. P. 147–158.

27. Ürge-Vorsatz D., Kelemen A., Tirado-Herrero S., Thomas S., Thema J., Mzavanadze N., Hauptstock D., Suerkemper F., Teubler J., Gupta M., Chatterjee S. Measuring multiple impacts of low-carbon energy options in a green economy context. *Appl Energy.* 2016. №179. P. 1409–1426.

28. Wyon D.P. The effects of indoor air quality on performance and productivity // *Indoor Air.* 2004. №14. P. 92–101.

References

1. Arutjunjan A.A. *Osnovy jenergosbezhenija* [Fundamentals of energy saving]. Moscow: Jenergoservis, 2007. 600 p. (In Russ.).

2. Bashmakov I.A. *Razrabotka kompleksnyh dolgosrochnykh programm jenergosbezhenija i povyshenija jenergojeffektivnosti (metodologija i praktika): avtoref. diss. ... d-ra jekon. nauk: 08.00.05* [Development of comprehensive long-term energy saving and energy efficiency improvement programs (methodology and practice). Dr. Sci. (Economy) Thesis: 08.00.05]. Moscow, 2013. 53 p. (In Russ.).

3. Brom A.E., Eliseeva E.V. *Matematicheskaja model' organizacii proizvodstva na osnove resursosbezhenija* [Mathematical model of production organization based on resource saving]. *Mashinostroenie i komp'juternye tehnologii* [Mechanical engineering and computer technologies]. 2013; (05): 1–14. (In Russ.).

4. Buharov S.V. *KLIMAT: chto zhdet jenergetiku i jekonomiku Rossii k seredine HHI veka (o novej knige T. Gustafsona. Chast' 2)* [KLIMAT: what awaits the energy and economy of Russia by the middle of the XXI century (about

the new book by T. Gustafson. Part 2)]. *JeKO [ECO]*. 2022; 4(574): 168–192. (In Russ.).

5. Vagin S.G. *Upravlenie innovacijami v jenergeticheskom hozjajstve predpriyatij* [Innovation management in the energy sector of enterprises]. *Nauchnyj vestnik: finansy, banki, investicii* [Scientific Bulletin: finance, banks, investments]. 2019; 4(49): 82–89. (In Russ.).

6. Glydov D.V. *Ocenka jeffektivnosti zdanij* [Evaluation of the effectiveness of buildings]. *Vestnik MGSU* [Bulletin MGSU]. 2011; (1-1): 312–315. (In Russ.).

7. Gorjainov M.V. *Instrumenty povyshenija jenergojeffektivnosti strany* [Tools for improving the country's energy efficiency]. *Vestnik MI-JeP* [Bulletin of the MIEP]. 2015; 4(21): 48–53. (In Russ.).

8. Kotel'nikov V. G., Milenin M.G., Lazurina G.S. *Ocenka jenergojeffektivnosti investicionnyh proektov na osnove bajesovskih intellektual'nyh tehnologij* [Evaluation of energy efficiency of investment projects based on Bayesian intelligent technologies]. *TTPS.* 2014; 4(30): 98–101. (In Russ.).

9. Martoijan A.M. *Jekonomicheskaja jeffektivnost' investicij v jenergosbezhenii* [Economic efficiency of investments in energy saving]. *Reshetnevskie chtenija* [Reshetnev readings]. 2012; (16): 1. (In Russ.).

10. Harlampenkov E.I., Kudrjashova I.A. *Faktornaja model' proizvoditel'nosti truda v ugol'noj promyshlennosti* [Factor model of labor productivity in the coal industry]. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Politicheskie, sociologicheskie i jekonomicheskie nauki* [Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences]. 2020; 4(18): 557–567. (In Russ.).

11. Allen J.G., MacNaughton P., Satish U., Santanam S., Vallarino J., Spengler J.D. *Associations of cognitive function scores with carbon dioxide, ventilation, and volatile organic compound exposures in office workers: a controlled exposure study of green and conventional office environments* // *Environ Health Perspect.* 2016. №124. P. 805–812.

12. Cagno E., Trianni A., Spallina G., Marchesani F. *Drivers for energy efficiency and their effect on barriers: empirical evidence from Italian manufacturing enterprises* // *Energy Effic.* 2017. №10(4). P. 855–869.

13. Coleman P.J. Ordinances to enable energy efficiency in rental housing in the United States. Thesis (M.C.P.). Massachusetts Institute of Technology, Department of Urban Studies and Planning, 2011. 144 p.
14. Finster M.P., Hernke M.T. Benefits organizations pursue when seeking competitive advantage by improving environmental performance // *J Ind Ecol*. 2014. №18. P. 652–662.
15. Fleiter T., Hirzel S., Worrell E. The characteristics of energy-efficiency measures — a neglected dimension // *Energy Pol*. 2012. №51. P. 502–513.
16. Gurtekin-Celik B. Building investment decision support // Carnegie Mellon: Center for Building Performance and Diagnostics. 2004.
17. Hedge A. Linking environmental conditions to productivity // New York: Cornell University Department of Design and Environmental Analysis. Slideshow presented at the Eastern Ergonomics Conference and Exposition. 2004. 30 p.
18. International Energy Agency // Capturing the multiple benefits of energy efficiency. 2014. P. 18–25.
19. International Energy Agency // Capturing the multiple benefits of energy efficiency. Paris: OECD/IEA, 2022. 224 p.
20. Lilly P., Pearson D. Determining the full value of industrial efficiency programs // Proceedings ACEEE summer study on energy efficiency in industry. 1999. P. 349–362.
21. Loftness V., Hartkopf V., Gurtekin B., Hansen D. Linking energy to health and productivity in the built environment // Carnegie Mellon: Center for Building Performance and Diagnostics. 2003.
22. Melitz M. The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate productivity // *Econometrica*. 2003. №71. P. 1695–1725.
23. Montalbano P., Nenci S. Energy efficiency, productivity and exporting: firmlevel evidence in Latin America // *Energy Econ*. 2018. P. 97–110.
24. Pye M., McKane A. Making a stronger case for industrial energy efficiency by quantifying non-energy benefits // *Resour Conserv Recycl*. 2000. №28. P. 171–183.
25. Seppanen O., Fisk W., Lei Q. Effect of temperature on task performance in an office environment // Lawrence Berkley National Laboratory. Helsinki University of Technology. 2006. 11 p.
26. Thollander P. et al. Investments, nonenergy benefits, and conservation // *Introduction to Industrial Energy Efficiency*. Academic Press, 2020. P. 147–158.
27. Ürge-Vorsatz D., Kelemen A., Tirado-Herrero S., Thomas S., Thema J., Mzavanadze N., Hauptstock D., Suerkemper F., Teubler J., Gupta M., Chatterjee S. Measuring multiple impacts of low-carbon energy options in a green economy context. *Appl Energy*. 2016. №179. P. 1409–1426.
28. Wyon D.P. The effects of indoor air quality on performance and productivity // *Indoor Air*. 2004. №14. P. 92–101.

Статья поступила в редакцию 05.03.2023; одобрена после рецензирования 21.03.2023; принята к публикации 12.04.2023.

The article was submitted on 05.03.2023; approved after reviewing on 21.03.2023; accepted for publication on 12.04.2023.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ



Кузьминов Александр Николаевич — доктор экономических наук, профессор кафедры «Фундаментальная и прикладная математика» Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), главный научный сотрудник Института развития технологий цифровой экономики РГЭУ (РИНХ). Область научных интересов: управление производственными системами, методология анализа и управления социально-экономическими системами; BigData scientist, активный участник ценологической научной школы.

Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 69, каб. 522

Alexander N. Kuzminov — Doctor of Economic Sciences, Professor of the Department of Fundamental and Applied Mathematics, Rostov State University of Economics (RSUE); Chief Researcher at the Institute for the Development of Digital Economy Technologies, Russian State Economic University (RSUE). Research interests: management of production systems, methodology of analysis and management of socio-economic systems; BigData scientist, an active participant in the cenological scientific school.

69 B. Sadovaya str., office 522, Rostov-on-Don, Russia



Сахарова Людмила Викторовна — доктор физико-математических наук, профессор кафедры «Фундаментальная и прикладная математика» Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), старший научный сотрудник Института развития технологий цифровой экономики РГЭУ (РИНХ). Область научных интересов: механика сплошных сред, математическое моделирование сложных социально-экономических систем в условиях частичной и полной неопределенности.

Россия, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 69, каб. 522

Lyudmila V. Sakharova — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Fundamental and Applied Mathematics of Rostov State University of Economics (RSUE), Senior Researcher at the Institute for the Development of Digital Economy Technologies of the Russian State University of Economics (RSUE). Research interests: continuum mechanics, mathematical modeling of complex socio-economic systems in conditions of partial and complete uncertainty.

69 B. Sadovaya str., office 522, Rostov-on-Don, Russia



Некрасов Сергей Александрович — доктор экономических наук, старший научный сотрудник Центрального экономико-математического института РАН. Область научных интересов: управление крупномасштабными системами, методология анализа и управления энергетическими системами; активный участник ценологической научной школы.

Россия, г. Москва, Нахимовский пр., 47

Sergey A. Nekrasov — Doctor of Economic Sciences, Senior Researcher at the Central Economic and Mathematical Institute of the Russian Academy of Sciences. Research interests: management of large-scale systems, methodology of analysis and management of energy systems; active participant of the cenological scientific school.

47 Nakhimovsky ave., Moscow, Russia

Вклад авторов:

Кузьминов А. Н. — написание текста; доработка текста.

Сахарова Л. В. — написание текста раздела «Результаты»; доработка текста.

Некрасов — написание текста разделов «Введение», «Обзор научно-исследовательской литературы»; итоговые выводы.

Contribution of the authors:

Kuzminov A. N. — writing the text; text revision.

Sakharova L. V. — writing the text of the section Results; text revision.

Nekrasov — writing text of the sections «Introduction», «Review of research literature»; final conclusions.