

Спицын Владислав

Владимирович

канд. экон. наук, ФГАОУ ВО

«Национальный исследовательский

Томский политехнический

университет», ФГБОУ ВО «Томский

государственный университет систем

управления и радиоэлектроники»,

г. Томск, Российская Федерация

**ORCID:** 0000-0002-8360-7590**e-mail:** spitsin\_vv@mail.ru

Спицына Любовь

Юрьевна

канд. экон. наук, ФГАОУ ВО «Наци-

ональный исследовательский Том-

ский политехнический университет»,

г. Томск, Российская Федерация

**ORCID:** 0000-0002-3923-984X**e-mail:** s\_luba\_07@mail.ru

Грибанова Екатерина

Борисовна

канд. тех. наук, ФГБОУ ВО

«Томский государственный универси-

тет систем управления и радиоэлек-

троники», г. Томск, Российская

Федерация

**ORCID:** 0000-0001-6499-5893**e-mail:** katag@yandex.ru

Vladislav V. Spitsin

Cand. Sci. (Econ.), National Research

Tomsk Polytechnic University, Tomsk

State University of Control Systems and

Radioelectronics, Tomsk, Russia

**ORCID:** 0000-0002-8360-7590**e-mail:** spitsin\_vv@mail.ru

Lubov Yu. Spitsina

Cand. Sci. (Econ.), National Research

Tomsk Polytechnic University,

Tomsk, Russia

**ORCID:** 0000-0002-3923-984X**e-mail:** s\_luba\_07@mail.ru

Ekaterina B. Griбанова

Cand. Sci. (Engineering), Tomsk State

University of Control Systems and

Radioelectronics, Tomsk, Russia

**ORCID:** 0000-0001-6499-5893**e-mail:** katag@yandex.ru

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВОЗРАСТА НА ТЕХНИЧЕСКУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ В РАЗРЕЗЕ ОТРАСЛЕЙ И ВРЕМЕННЫХ ПЕРИОДОВ

**Аннотация.** В современной конкурентной экономике технологическое лидерство и техническая эффективность являются залогом успешного развития предприятий, стран и территорий. В настоящей работе исследовано влияние факторов на техническую эффективность бизнеса. Рассмотрены ситуации, когда техническая эффективность рассчитывается методом DEA, а ее детерминанты определяются в регрессионных моделях, в том числе тобит-моделях регрессии. Проведена систематизация детерминант технической эффективности, выявленных зарубежными исследователями. Выполнено моделирование влияния фактора «Возраст» на техническую эффективность предприятий шести ведущих отраслей экономики России за период 2015–2019 гг. Установлено, что фактор «Возраст» оказывает различное влияние на техническую эффективность в разных отраслях. В частности, в пищевой промышленности более высокую техническую эффективность демонстрируют молодые предприятия, а в секторе информационных технологий – зрелые. Соответственно, направления и приоритеты стимулирования должны различаться в разрезе отраслей экономики. В частности, технологическое развитие пищевой промышленности требует поддержки процессов генерации молодых предприятий и стартапов. В секторе информационных технологий приоритетом должна стать поддержка зрелых предприятий и процессов роста молодых предприятий до стадии зрелости.

**Ключевые слова:** технологическое лидерство, техническая эффективность, детерминанты, возраст предприятия, молодые предприятия, старые предприятия, промышленность, услуги, метод DEA, тобит-модели, регрессионный анализ, эконометрическое моделирование, инновационное развитие, Россия

**Благодарности.** Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научно-исследовательского проекта РФФИ «Локальные инновации и глобальное технологическое лидерство: Переосмысление подходов к эффективному внутриотраслевому трансферу технологий», проект № 19-010-00946 а.

**Для цитирования:** Спицын В.В., Спицына Л.Ю., Грибанова Е.Б. Моделирование влияния возраста на техническую эффективность в разрезе отраслей и временных периодов//Вестник университета. 2021. № 10. С. 59–68.

## MODELING THE INFLUENCE OF AGE ON THE TECHNICAL EFFICIENCY BY SECTOR AND TIME PERIODS

**Abstract.** In today's competitive economy, technological leadership and technical efficiency are key to the successful development of enterprises, countries and territories. This paper investigates the influence of factors on the technical efficiency of a business. Situations where technical efficiency is calculated by the DEA method, and its determinants are defined in regression models, including tobit regression models, have been considered. The determinants of technical efficiency identified by foreign researchers have been systematized. Modeling of the influence of the "Age" factor on the technical efficiency of enterprises in six leading sectors of Russia's economy over the period 2015–2019 has been performed. It has been found that the "Age" factor has different effects on technical efficiency in different industry sectors. Particularly, in the food industry younger companies are more technically efficient, while mature companies are more technically efficient in the information technology sector. Accordingly, the directions and priorities for incentives should differ across sectors of the economy. In particular, the technological development of the food industry requires support for the generation processes of young enterprises and start-ups. In the information technology sector, the priority should be to support mature enterprises and the growth processes of young enterprises to maturity.

**Keywords:** technological leadership, technical efficiency, determinants, age of firm, young enterprises, old enterprises, industry, services, DEA method, tobit models, regression analysis, econometric modeling, innovative development, Russia

**Acknowledgements.** The study was supported by the Russian Foundation for Basic Research under the RFBR research project "Local innovation and global technology leadership: Rethinking approaches to effective intra-industry technology transfer", project No. 19-010-00946 a.

**For citation:** Spitsin V.V., Spitsina L.Yu., Griбанова E.B. (2021) Modeling the influence of age on the technical efficiency by sector and time periods. *Vestnik universiteta*, no. 10, pp. 59–68. DOI: 10.26425/1816-4277-2021-10-59-68

© Спицын В.В., Спицына Л.Ю., Грибанова Е.Б., 2021.

Статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0. всемирная (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

© Spitsin V.V., Spitsina L.Yu., Griбанова E.B., 2021.

This is an open access article under the CC BY 4.0 license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



## Введение

Техническая эффективность и технологическое лидерство являются залогом успешного развития предприятий в условиях конкурентной рыночной экономики. Постоянное технологическое развитие и повышение технической эффективности необходимы для предприятий большинства отраслей России в условиях внешних вызовов (экономические санкции и пандемия COVID-19). Эта проблема является актуальной на федеральном и региональном уровнях и находит отражение в программах поддержки процессов технологического развития предприятий и ведущих отраслей экономики. В рамках данной проблемы актуальной задачей является выявление факторов, способных повысить техническую эффективность предприятий и привести к генерации фирм-технологических лидеров. В настоящей работе моделируется влияние возраста предприятий на техническую эффективность. Расчеты проводятся в разрезе ведущих отраслей экономики России за период 2015–2019 гг.

В условиях конкурентной экономики технологическое лидерство и техническая эффективность обеспечивают существенные преимущества предприятиям, а также странам и территориям, которые эти предприятия представляют. Проблема технологического развития и технологического лидерства остро стоит на национальном и мировом уровнях. На уровне мировой экономики и отдельных стран составляются рейтинги компаний-технологических лидеров, разрабатываются программы поддержки технологического развития ведущих отраслей. В частности, в России отметим рейтинг АО «РВК» «ТехУспех», проект Министерства экономического развития Российской Федерации «Поддержка частных высокотехнологических компаний-лидеров» («Национальные чемпионы»), проект «Национальная технологическая инициатива», программы и конкурсы Фонда содействия инновациям и др. [3]. Для успешной реализации этих программ и проектов и существенного повышения технической эффективности российских предприятий требуется не только государственная поддержка, но и моделирование влияния широкого перечня внутренних и внешних факторов на показатели технической эффективности.

Исследование влияния факторов на зависимую переменную широко применяется в зарубежных экономических исследованиях. Как правило, ученые используют регрессионные модели, включающие в себя контрольные переменные, тестируемые факторы и зависимую переменную (в нашем случае – техническую эффективность). При этом техническая эффективность измеряется обычно одним из двух способов: либо методом DEA [10; 11; 13], либо методом SFA [19]. Большее распространение получил метод DEA, который применяется для оценки технической эффективности предприятий различных отраслей экономики, при этом в качестве входов и выходов DEA-модели выступают показатели затрат труда и капитала, выпуска продукции и др. Метод SFA является узкоспециализированным и в большинстве случаев применяется для оценки сельских хозяйств, у которых основными детерминантами технической эффективности оказываются площадь посевов, урожайность и т. п.

Отметим следующие детерминанты технической эффективности, выявленные зарубежными учеными при использовании метода DEA (табл. 1).

Таблица 1

### Детерминанты технической эффективности, рассчитанной методом DEA

Авторы	Годы	Отрасли экономики	Страны	Детерминанты технической эффективности
M. Alsaleh, A. S. Abdul-Rahim, H. O. Mohd-Shahwahid (2017)	1990–2013	Биоэнергетическая промышленность	28 стран Европейского союза	Позитивное влияние: труд, ВВП, инфляция, процентная ставка
			Развитые страны Европейского союза	Позитивное влияние: ВВП. Негативное влияние: капитал, труд, инфляция
			Развивающиеся страны Европейского союза	Позитивное влияние: капитал, труд, ВВП, инфляция, процентная ставка

Авторы	Годы	Отрасли экономики	Страны	Детерминанты технической эффективности
B. K. Sahoo, D. K. Nauriyal (2014)	1999–2008	Разработка программного обеспечения	Индия	Позитивное влияние: размер фирмы, отечественная или иностранная собственность. Негативное влияние: возраст, уровень оплаты труда
A. N. Rezitis, M. A. Kalantzi (2015)	1984–2007	Пищевая промышленность	Греция	Негативное влияние: размер отрасли, производительность капитала
M. Latif, M. F. Abdullah, L. W. Sieng (2019)	2015	Машиностроение	Малайзия	Позитивное влияние: уровень оплаты труда, затраты на НИР, уровень образования
K. J. Cheruiyot (2017)	2007	Обрабатывающая промышленность	Кения	Перевернутые параболические зависимости от возраста и размера фирмы. Территориальные факторы

Составлено авторами по материалам источников [9; 12; 14; 17; 18]

Данные таблицы 1 показывают, что проблема однозначного определения закономерностей влияния факторов на техническую эффективность далека от своего решения. В своих исследованиях ученые обнаруживают различные закономерности, при этом влияние факторов может быть позитивным, негативным, нелинейным (параболическим) или незначимым. Закономерности различны для разных стран, отраслей и временных периодов исследования. Эти аспекты делают актуальным проведение аналогичного исследования в России в условиях внешних вызовов и продолжающейся стагнации экономики.

В рамках настоящей работы мы рассчитываем техническую эффективность методом DEA и исследуем влияние фактора «Возраст» на техническую эффективность. Цель нашей работы – комплексное эконометрическое исследование влияния фактора «Возраст» на техническую эффективность деятельности предприятий в разрезе ведущих отраслей экономики России и временных периодов. Выявленные закономерности позволят определить оптимальные возрастные границы, в которых предприятия достигают наибольшей технической эффективности и имеют больше возможностей стать технологическими лидерами. Эти закономерности в дальнейшем могут быть использованы для обоснования и разработки комплекса мероприятий по стимулированию процессов генерации нового бизнеса и технологического развития предприятий в разрезе ведущих отраслей экономики России.

Анализируя фактор «Возраст», мы учитываем современные теории и модели развития организаций [4; 5]. В частности, теория И. Адизеса постулирует, что в процессе эволюции организация проходит стадии рождения, юности, зрелости, старения и упадка или возрождения [2]. Известно, что наибольшие темпы роста демонстрируют, как правило, стартапы и молодые фирмы. Наибольшая эффективность (с точки зрения рентабельности) достигается на стадии зрелости. Однако, остается неясным, как будет вести себя техническая эффективность по мере взросления предприятий.

Соответственно, в рамках настоящей работы мы выдвигаем и тестируем две гипотезы.

Гипотеза 1. С увеличением возраста техническая эффективность предприятий снижается (линейная зависимость). Данная гипотеза исходит из того, что для успешного выхода на рынок предприятие должно иметь техническое превосходство над конкурентами. Это превосходство позволит захватить часть рынка и преодолеть входные барьеры. Далее техническое превосходство постепенно утрачивается, и техническая эффективность снижается.

Гипотеза 2. С увеличением возраста техническая эффективность предприятий сначала возрастет (до стадии зрелости), а затем снизится. Наблюдается перевернутая параболическая зависимость (англ. inverted u-shape dependence). Эта гипотеза предполагает, что предприятия стремятся усилить и развивать свои технические преимущества до достижения стадии зрелости. Однако затем появляются новые конкуренты с принципиально новыми технологиями, которые вытесняют с рынка предприятия с устаревшими технологиями. Отметим, что аналогичное параболическое влияние возраста на техническую эффективность моделируется в работе [12].

Указанные выше гипотезы будут протестированы в разрезе ведущих отраслей экономики России и различных временных периодов.

Ранее нами был выполнен тестовый анализ влияния фактора «Возраст» на техническую эффективность для отрасли машиностроения без детализации по временным периодам. При этом рассматривались и сравнивались различные регрессионные модели [6]. В настоящей статье мы используем аналогичную методологию исследования, однако выполняем расчеты в разрезе шести ведущих отраслей экономики России и временных периодов.

## Методология исследования

### Объект исследования и данные

В выборку включались предприятия, удовлетворяющие следующим условиям ежегодно за период 2015–2019 гг.:

- выручка не менее 50 млн руб.;
- стоимость основных средств не менее 10 млн руб.;
- фонд оплаты труда не менее 5 млн руб.;
- наличие данных бухгалтерской отчетности по форме «Баланс».

Полученная выборка представляет собой панельные данные (сбалансированная панель), включающая в себя предприятия шести отраслей и их данные за 2015–2019 гг. Всего в выборке 2 617 предприятий. Источником информации по бухгалтерской отчетности предприятий является информационная система СПАРК [7]. Для анализа были выбраны предприятия шести ведущих отраслей экономики России (на основе ОКВЭД 2.0):

- нефтегазовый сектор (ВЭД 06) – 126 предприятий;
- пищевая промышленность (ВЭД 10) – 1 256 предприятий;
- химическая промышленность (ВЭД 20) – 275 предприятий;
- фармацевтическая промышленность (ВЭД 21) – 125 предприятий;
- машиностроение (ВЭД 28) – 429 предприятий;
- сектор информационных технологий (ВЭД 62, 63) – 166 предприятий [1].

### Исследуемые переменные

Зависимая переменная:  $TEin$  (техническая эффективность, ориентированная на минимизацию затрат), и переменная обратная ей:  $TNEin = 1/TEin$ .

Расчет показателя технической эффективности ( $TE$ ) проводится с помощью метода DEA согласно методологии, изложенной в работах [11; 13]. Расчет  $TE$  выполняется на основе одного показателя выхода или результата (выручка), и двух показателей входа или затрат ресурсов (основные средства и фонд оплаты труда) согласно работам [13; 10].

В настоящей статье мы используем модели, ориентированные на вход (то есть на минимизацию затрат при фиксированном результате –  $TEin$ ). Выбор в пользу моделей, ориентированных на минимизацию затрат, обусловлен особенностями анализируемого временного периода. Период 2015–2019 гг. характеризуется кризисными явлениями в отдельных отраслях и длительной стагнацией экономики России [8]. В этих условиях предприятия вряд могут рассчитывать на максимизацию результата (выручки). Большинство предприятий будут ориентироваться на минимизацию затрат при сохранении прежнего объема продаж, что определяет выбор зависимой переменной. Отметим, что  $TEin$  принимает значения в диапазоне (0; 1], при этом предприятия-технологические лидеры имеют  $TEin = 1$ . Расчет технической эффективности проводится отдельно для каждой отрасли и каждого года.

Ограниченный диапазон значений  $TEin$  осложняет регрессионное моделирование. Более того, исходно метод DEA определяет техническую неэффективность  $TNEin$  (то есть величину, обратную технической эффективности), и уже затем приводит ее к технической эффективности. При этом  $TNEin$  принимает значения в широком диапазоне [1; +∞), что существенно улучшает возможности регрессионного моделирования. Поэтому в регрессионных моделях мы исследуем влияние возраста и контрольных переменных на техническую неэффективность ( $TNEin$ ). Полученные результаты будут обратными по отношению к технической эффективности ( $TEin$ ).

Затем мы вычисляем переменную  $TEin = 1/TNEin$  и визуализируем полученные зависимости для  $TEin$ .

#### Контрольные переменные

В соответствии с общепринятой методологией регрессионного моделирования мы применяем следующие контрольные переменные:

- РАЗМЕР – размер предприятия, который определяется как натуральный логарифм от выручки;
- ДЗК – доля заемного капитала у предприятия, которая рассчитывается как отношение заемного капитала к активам предприятия [10; 16].

Исследуемая переменная ВОЗРАСТ – возраст предприятия в годах. Возраст определяется по данным СПАРК о дате создания предприятия.

#### Регрессионные модели

В регрессионных моделях мы предполагаем нелинейное (квадратичное) влияние контрольных и исследуемых переменных на  $TNEin$ . Соответственно, исходя из сформулированных гипотез, мы получаем две модели:

$$1) TNEin = \text{Константа} + \text{РАЗМЕР} + \text{РАЗМЕР}^2 + \text{ДЗК} + \text{ДЗК}^2 + \text{ВОЗРАСТ};$$

$$2) TNEin = \text{Константа} + \text{РАЗМЕР} + \text{РАЗМЕР}^2 + \text{ДЗК} + \text{ДЗК}^2 + \text{ВОЗРАСТ} + \text{ВОЗРАСТ}^2.$$

Эти регрессионные модели мы рассчитываем в разрезе годов и указанных выше отраслей.

Сначала мы рассчитываем вторую модель. Если переменная  $\text{ВОЗРАСТ}^2$  оказывается значимой ( $p < 0,10$ ), значит для данной отрасли и данного года подтверждается параболическая зависимость между возрастом и  $TEin$ . Гипотеза 2 выполняется. Мы проводим визуализацию зависимости по этой модели.

Если переменная  $\text{ВОЗРАСТ}^2$  во второй модели оказывается незначимой ( $p \geq 0,10$ ), значит гипотеза 2 не выполняется. В этом случае мы рассчитываем первую модель (без переменной  $\text{ВОЗРАСТ}^2$ ). Если в первой модели переменная ВОЗРАСТ оказывается значимой ( $p < 0,10$ ), значит для данной отрасли и данного года подтверждается линейная зависимость между возрастом и  $TEin$  и выполняется гипотеза 1. Мы проводим визуализацию зависимости по первой модели. Если в первой модели переменная ВОЗРАСТ оказывается незначимой ( $p \geq 0,10$ ), значит для данной отрасли и данного года гипотеза 1 также не выполняется. Возраст не оказывает влияния на  $TEin$  и визуализация зависимости не проводится.

Так как зависимая переменная  $TNEin$  ограничена снизу и принимает значения в пределах  $[1; +\infty)$ , мы используем цензурированную регрессию (расширение тобит-модели), которая обычно применяется в таких расчетах.

Контрольные и исследуемые переменные во всех моделях были стандартизированы согласно Д. Марквардту (D. W. Marquardt) [15]. Расчеты выполнены с помощью языка программирования R.

## Результаты исследования

Результаты регрессионного моделирования для предприятий отрасли машиностроения представлены в таблице 2.

Таблица 2

### Влияние возраста на техническую неэффективность ( $TNEin$ ) для предприятий отрасли машиностроения (тобит-модели, стандартные ошибки указаны в скобках)

Переменные	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
	Модель 2	Модель 2	Модель 2	Модель 2	Модель 1
Константа	6,38*** (0,43)	6,49*** (0,54)	6,57*** (0,37)	6,94*** (0,25)	6,07*** (0,24)
Константа2	1,63*** (0,04)	1,82*** (0,04)	1,48*** (0,04)	1,35*** (0,04)	1,33*** (0,04)
РАЗМЕР	1,8*** (0,28)	1,56*** (0,33)	1,6*** (0,24)	1,31*** (0,21)	0,56** (0,20)
РАЗМЕР <sup>2</sup>	-1,03*** (0,20)	-1,4*** (0,26)	-1,46*** (0,19)	-1,46*** (0,16)	-1,02*** (0,15)

Переменные	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.
	Модель 2	Модель 2	Модель 2	Модель 2	Модель 1
ДЗК	0,47 (0,31)	0,9* (0,36)	2,37** (0,77)	1,74* (0,77)	1,61** (0,58)
ДЗК <sup>2</sup>	0,15† (0,08)	0,31** (0,12)	-0,09* (0,04)	-0,10* (0,04)	-0,09** (0,03)
ВОЗРАСТ	1,46*** (0,27)	1,51*** (0,33)	1,22*** (0,23)	0,88*** (0,20)	0,51** (0,19)
ВОЗРАСТ <sup>2</sup>	0,87** (0,28)	0,98** (0,34)	0,71** (0,24)	-	-
Логарифмическая функция правдоподобия (Log-likelihood)	-1 271,904 on 850 degrees of freedom	-1 347,297 on 850 degrees of freedom	-1 202,416 on 850 degrees of freedom	-1 154,102 on 851 degrees of freedom	-1 136,861 on 851 degrees of freedom

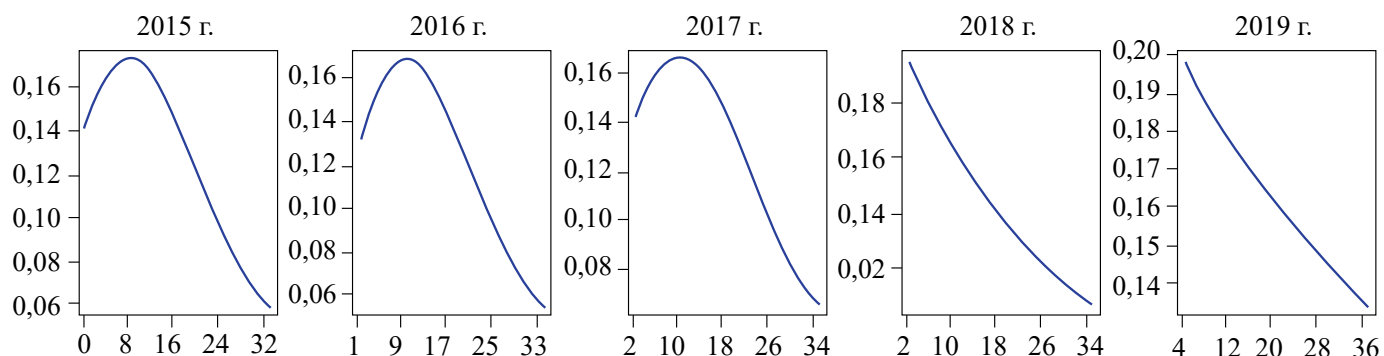
\*\*\*  $p < 0,001$ ; \*\*  $p < 0,01$ ; \*  $p < 0,05$ ; †  $p < 0,10$

Составлено авторами по материалам источника [7]

Расчеты показали, что возраст оказывает значимое влияние на техническую эффективность предприятий машиностроения ежегодно в течение всего исследуемого периода. Однако характер этого влияния изменяется. В острой фазе кризиса (2015–2017 гг.) наблюдается параболическая зависимость и мы используем модель 2, а в годы оживления экономики (2018–2019 гг.) – линейная зависимость (модель 1).

Для корректной интерпретации полученных результатов проведем визуализацию построенных моделей, выполнив переход от  $TNEin$  к  $TEin$  по формуле  $TEin = 1/TNEin$ .

Визуализация регрессионных моделей для предприятий отрасли машиностроения представлена на рисунке 1. При построении рисунка 1 мы считаем, что контрольные переменные принимают средние значения. Так как они стандартизированы, то их средние значения равны нулю. Переменная ВОЗРАСТ переведена из стандартизированной в исходную шкалу (годы).



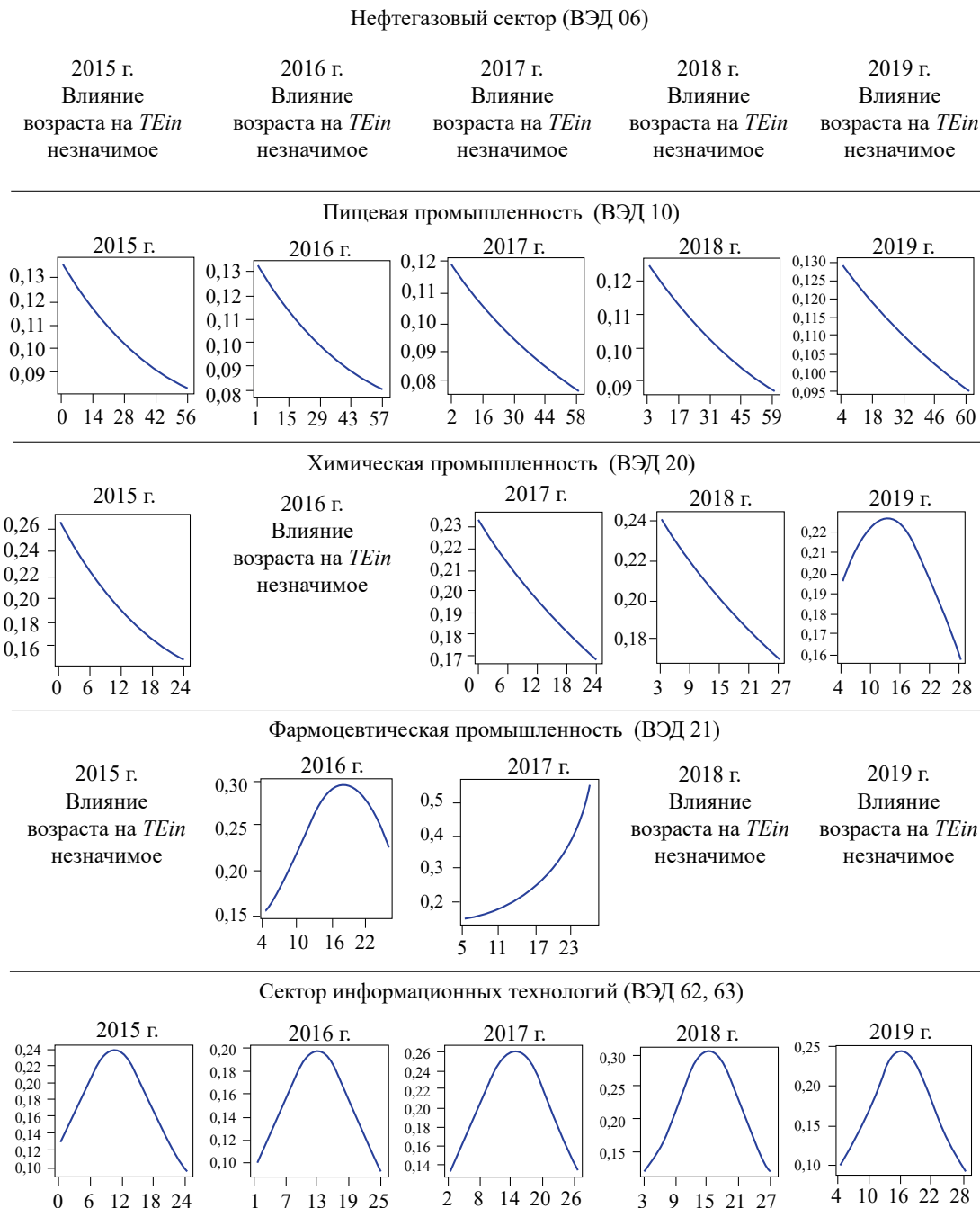
Составлено авторами по результатам исследования

Рис. 1. Влияние возраста на техническую эффективность предприятий машиностроения за период 2015–2019 гг.

В острой фазе кризиса (2015–2017 гг.) наблюдается параболическая зависимость и преимущества получают зрелые предприятия возрастом от 8 до 12 лет. Для этого периода подтверждается гипотеза 2.

В годы оживления экономики (2018–2019 гг.) зависимость между переменными близка к линейной. Чем меньше возраст предприятия, тем больше его техническая эффективность. Подтверждается гипотеза 1 и преимущества получают молодые предприятия.

Результаты аналогичных расчетов для предприятий других отраслей и визуализация полученных регрессионных моделей представлена на рисунке 2.



Составлено авторами по результатам исследования

Рис. 2. Влияние возраста на техническую эффективность предприятий в разрезе отраслей и временных периодов

Проведенные расчеты показывают различный характер влияния возраста на техническую эффективность в разрезе отраслей и временных периодов:

- пищевая промышленность – наблюдается линейная зависимость для всех временных периодов. Преимущества получают молодые предприятия, которые демонстрируют более высокую техническую эффективность. Подтверждается гипотеза 1;

- сектор информационных технологий – наблюдается параболическая зависимость для всех временных периодов. Преимущества получают предприятия среднего возраста. Молодые и старые предприятия имеют меньшую техническую эффективность. Подтверждается гипотеза 2;
- химическая промышленность – влияние возраста на  $TEin$  различно в разных временных периодах. В 2015 г., 2017 г., 2018 г. преимущества получают молодые предприятия, в 2019 г. – зрелые предприятия;
- фармацевтическая промышленность – влияние возраста на  $TEin$  различно в разных временных периодах. В 2016 г. и 2017 г. преимущество у возрастных предприятий. Молодые предприятия характеризуются более низкой технической эффективностью;
- нефтегазовый сектор – влияние возраста на  $TEin$  статистически не значимое во всех временных периодах. Гипотеза 1 и гипотеза 2 не подтверждаются.

Отметим также, что наибольший прирост технической эффективности за счет возраста удастся достичь в секторе информационных технологий и в фармацевтической промышленности. Наименьший прирост – в пищевой промышленности.

## Выводы и дискуссия

Проведенные расчеты уточняют и существенно расширяют результаты предыдущих исследований.

В своей работе К. Дж. Черуйот (K. J. Cheruiyot) получает перевернутые параболические зависимости между возрастом и технической эффективностью во всех моделях [12]. Однако они не дифференцируют предприятия по отраслям (рассматривают обрабатывающую промышленность Кении в целом) и анализируют данные только за один год. Исследователи Б. К. Саху, Д. К. Науриял (B. K. Sahoo, D. K. Nauriyal) обнаруживают негативное влияние возраста на техническую эффективность (разработка программного обеспечения в Индии), однако они не тестируют параболическую зависимость [18]. Наши модели показывают, что для получения точных оценок расчеты необходимо проводить в разрезе отраслей и временных периодов. Для ведущих отраслей экономики России влияние фактора «Возраст» оказывается либо негативным, либо параболическим (перевернутая парабола), либо незначимым. Следовательно, преимущества по технической эффективности получают молодые или зрелые предприятия. Единственное исключение – фармацевтическая промышленность за 2017 г., когда влияние фактора «Возраст» было позитивным и более высокую техническую эффективность демонстрировали возрастные предприятия.

В тестовых расчетах в отношении отрасли машиностроения нами было предварительно обнаружено преимущество зрелых предприятий [6]. Однако эти расчеты были выполнены без детализации по временным периодам. В настоящей работе нами установлено, что характер влияния возраста на  $TEin$  предприятий машиностроения различный для разных временных периодов. Показано, что в условиях кризиса более высокую техническую эффективность демонстрируют зрелые предприятия, а в условиях оживления экономики (2018–2019 гг.) преимущества получают молодые предприятия, использующие новые возможности роста.

Нами получены новые результаты в отношении предприятий пяти ведущих отраслей экономики России. Установлено, что в пищевой промышленности более высокую техническую эффективность демонстрируют молодые предприятия, а в секторе информационных технологий – зрелые предприятия. В химической промышленности преимущество у молодых или зрелых предприятий, а в фармацевтической промышленности – у зрелых или возрастных предприятий. В нефтегазовом секторе фактор «Возраст» не влияет на техническую эффективность.

## Заключение

Выполненное моделирование показывает, что направления и приоритеты стимулирования должны различаться в разрезе отраслей экономики и временных периодов. Технологическое развитие пищевой промышленности требует поддержки процессов генерации молодых предприятий и стартапов. В мировой и российской практике разработан широкий перечень методов и инструментов поддержки процессов генерации бизнеса.

В секторе информационных технологий приоритетом должна стать поддержка зрелых предприятий и процессы роста молодых предприятий до стадии зрелости. Здесь требуются специфические методы стимулирования (инвестиционный лифт и др.).

В химической промышленности и машиностроении целесообразным представляется сочетание указанных выше методов поддержки, выбираемых в зависимости от особенностей временных периодов.



Технологическое развитие фармацевтической промышленности должно основываться на приоритетном стимулировании зрелых и возрастных предприятий. Одновременно необходимо исследовать причины низкой технической эффективности молодых предприятий этой отрасли.

Отметим также, что влияние возраста на техническую эффективность ограничено. Оно сильнее проявляется в секторе информационных технологий и слабее – в пищевой промышленности. Для достижения технологического лидерства требуется моделирование влияния на техническую эффективность широкого перечня внутренних и внешних факторов, что планируется реализовать в наших следующих работах.

#### Библиографический список

1. Общероссийский классификатор видов экономической деятельности – ОК 029-2014 (КДЕС Ред. 2). (утв. Приказом Росстандарта (Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии) от 31.01.2014 № 14-ст) (ред. от 10.07.2018) // СПС «КонсультантПлюс» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_163320/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/) (дата обращения: 08.07.2021).
2. Адизес, И. К. Управление жизненным циклом корпораций / Пер. с англ. В. Кузина. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 512 с.
3. Куракова, Н. Г., Петров, А. Н. Национальная технологическая инициатива: оценка перспектив технологического лидерства России // Экономика науки. – 2015. – Т. 1, № 2. – С. 84–93.
4. Потоцкий, О. В., Орлов, А. И. Организационные кризисы как этапы развития предприятия малого и среднего бизнеса // Российское предпринимательство. – 2016. – Т. 17, № 11. – С. 1351–1360. <http://doi.org/10.18334/rp.17.11.35314>
5. Рябова, Е. В. Влияние регионального фактора на жизненный цикл организации // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. – 2015. – № 8. – С. 1–19.
6. Спицына, Л. Ю., Спицын, В. В., Хорошильцев, М. И. Влияние возраста на техническую эффективность: эконометрическое моделирование зависимости для предприятий машиностроения // Финансовый бизнес. – 2021. – Т. 2, № 212. – С. 104–108.
7. Информационный ресурс Спарк Интерфакс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.spark-interfax.ru/> (дата обращения: 08.07.2021).
8. Салихов, М. Прорыва не будет: почему замедляется российская экономика // Новости дня в России и мире – РБК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rbc.ru/opinions/economics/22/05/2019/5ce4fcb99a7947fe30aec458> (дата обращения: 08.07.2021).
9. Alsaleh, M., Abdul-Rahim, A. S., Mohd-Shahwahid, H. O. Determinants of technical efficiency in the bioenergy industry in the EU28 region // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2017. – V. 78 (C). – Pp. 1331–1349. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.049>
10. Anokhin, S. A., Spitsin, V., Akerman, E., Morgan, T. Technological leadership and firm performance in Russian industries during crisis // Journal of Business Venturing Insights. – 2021. – V. 15, No. 5. – Art. e00223. <http://doi.org/10.1016/j.jbvi.2021.e00223>
11. Charnes, A., Cooper, W. W., Lewin, A. Y., Seiford, L. M. Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications // Journal of the Operational Research Society. – 1997. – V. 48, No. 3. – Pp. 332–333. <http://doi.org/10.1038/sj.jors.2600342>
12. Cheruiyot, K. J. Determinants of technical efficiency in Kenyan manufacturing sector // African Development Review. – 2017. – V. 29, No. 1. – Pp. 44–55. <http://doi.org/10.1111/1467-8268.12237>
13. Fare, R., Grosskopf, Sh., Norris, M., Zhang, Zhongyang Z. Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries // American Economic Review. – 1994. – V. 84, No. 1. – Pp. 66–83.
14. Latif, M., Abdullah, M. F., Sieng, L. W. Determinants factor of technical efficiency in machinery manufacturing industry in Malaysia // International Journal of Supply Chain Management. – 2019. – V. 8, No. 6. – Pp. 917–928. [Электронный ресурс]. – Режим доступа <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/4086> (дата обращения: 08.07.2021).
15. Marquardt, D. W. Comment: You should standardize the predictor variables in your regression models // Journal of the American Statistical Association. – 1980. – V. 75, No. 369. – Pp. 74–103. <https://doi.org/10.1080/01621459.1980.10477430>
16. Mok, V., Yeung, G., Han, Zh., Li, Zh. Leverage, technical efficiency and profitability: an application of DEA to foreign-invested toy manufacturing firms in China // Journal of Contemporary China. – 2007. – V. 16, No. 51. – Pp. 259–274. <http://doi.org/10.1080/10670560701194509>
17. Rezitis, A. N., Kalantzi, M. A. Investigating technical efficiency and its determinants by data envelopment analysis: An application in the Greek food and beverages manufacturing industry // Agribusiness. – 2015. – V. 32, No. 2. – Pp. 254–271. <http://doi.org/10.1002/agr.21432>

18. Sahoo, B. K., Nauriyal, D. K. Trends in and determinants of technical efficiency of software companies in India // *Journal of Policy Modeling*. – 2014. – V. 36, No. 3. – Pp. 539–561. <http://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2013.12.001>
19. Yekti, A., Hadi, D. D., Jamhari, J., Hartono, S. Technical efficiency of melon farming in Kulon Progo: A stochastic frontier approach (SFA) // *International Journal of Computer Applications*. – 2015. – V. 132, No. 6. – Pp. 15–19. <http://doi.org/10.5120/ijca2015907428>

#### References

1. All-Russian Classifier of Types of Economic Activity - OK 029-2014 (KDES Ed. 2). (approved by the Order of the Rosstandart (Federal Agency on Technical Regulating and Metrology), No. 14-st, dated on January 31, 2014) (as amended, dated on July 10, 2018), *Legal reference system "ConsultantPlus"*. Available at: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_163320/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_163320/) (accessed 08.07.2021).
2. Adizes I. K. *Managing corporate lifecycle*, Translated from English by V. Kuzin, Moscow, Mann, Ferber i Ivanov, 2014, 512 p. (In Russian).
3. Kurakova N. G., Petrov A. N. National technological initiative: evaluation of perspectives of Russia's technological leadership, *The Economics of Science*, 2015, vol. 1, no. 2, pp. 84–93. (In Russian).
4. Pototsky O. V., Orlov A. I. Organizational crises as stages of development at small and medium business companies, *Russian Journal of Entrepreneurship*, 2016, vol. 17, no. 11, pp. 1351–1360. (In Russian). <http://doi.org/10.18334/rp.17.11.35314>
5. Ryabova E. V. The impact of the regional factor on organization life cycle, *Upravlenie ekonomicheskimi systemami: elektronnyi nauchnyi zhurnal*, 2015, no. 8, pp. 1–19. (In Russian).
6. Spicyna L. Yu., Spicyn V. V., Horoshilcev M. I. Influence of age on technical efficiency: econometric modeling of dependence for engineering enterprises, *Finansovyi bizness*, 2021, vol. 2, no. 212, pp. 104–108. (In Russian).
7. *Information Resource Spark Interfax*. Available at: <http://www.spark-interfax.ru> (accessed 08.07.2021).
8. Salikhov M. There will be no breakthrough: why the Russian economy is slowing down, *News of the Day in Russia and the World – RBC*. Available at: <https://www.rbc.ru/opinions/economics/22/05/2019/5ce4fcb99a7947fe30aacc458> (accessed 08.07.2021).
9. Alsaleh M, Abdul-Rahim A. S., Mohd-Shahwahid H. O. Determinants of technical efficiency in the bioenergy industry in the EU28 region, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2017, vol. 78, pp. 1331–1349. <http://doi.org/10.1016/j.rser.2017.04.049>
10. Anokhin S. A., Spitsin V., Akerman E., Morgan T. Technological leadership and firm performance in Russian industries during crisis, *Journal of Business Venturing Insights*, 2021, vol. 15, art. e00223, pp. 1–11. <http://doi.org/10.1016/j.jbvi.2021.e00223>
11. Charnes A., Cooper W., Lewin A. Y., Seiford L. M. Data envelopment analysis: Theory, methodology and applications, *Journal of the Operational Research Society*, 1997, vol. 48, no. 3, pp. 332–333. <http://doi.org/10.1038/sj.jors.2600342>
12. Cheruiyot K. J. Determinants of technical efficiency in Kenyan manufacturing sector, *African Development Review*, 2017, vol 29, no. 1, pp. 44–55. <http://doi.org/10.1111/1467-8268.12237>
13. Fare R., Grosskopf S., Norris M., Zhang Zhongyang Z. Z. Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries, *American Economic Review*, 1994, vol. 84, no. 1, pp. 66–83.
14. Latif M., Abdullah M. F., Sieng L. W. Determinants factor of technical efficiency in machinery manufacturing industry in Malaysia, *International Journal of Supply Chain Management*, 2019, vol 8, no. 6, pp. 917–928. Available at: <https://ojs.excelingtech.co.uk/index.php/IJSCM/article/view/4086> (accessed 08.07.2021).
15. Marquardt D. W. Comment: You should standardize the predictor variables in your regression models, *Journal of the American Statistical Association*, 1980, vol. 75, no. 369, pp. 87–91. <https://doi.org/10.1080/01621459.1980.10477430>
16. Mok V., Yeung G., Han Zh., Li Zh. Leverage, technical efficiency and profitability: an application of DEA to foreign-invested toy manufacturing firms in China, *Journal of Contemporary China*, 2007, vol. 16, no. 51, pp. 259–274. <http://doi.org/10.1080/10670560701194509>
17. Reztis A. N., Kalantzi M. A. Investigating technical efficiency and its determinants by data envelopment analysis: An application in the Greek food and beverages manufacturing industry, *Agribusiness*, 2015, vol. 32, no. 2, pp. 254–271. <http://doi.org/10.1002/agr.21432>
18. Sahoo B. K., Nauriyal D. K. Trends in and determinants of technical efficiency of software companies in India, *Journal of Policy Modeling*, 2014, vol. 36, no. 3, pp. 539–561. <http://doi.org/10.1016/j.jpolmod.2013.12.001>
19. Yekti A., Hadi D. D., Jamhari, J., Hartono S. Technical efficiency of melon farming in Kulon Progo: A stochastic frontier approach (SFA), *International Journal of Computer Applications*, 2015, vol. 132, no. 6, pp. 15–19. <http://doi.org/10.5120/ijca2015907428>