
ИНСТРУМЕНТАЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Колоскова Ольга Ивановна, ассис.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова,
ул. Костюкова, 46, Белгород, Россия, 308012; e-mail: koloskovaoi@mail.ru

Цель: настоящая статья посвящена актуальной проблеме – разработке инструментария оценки эффективности инновационной деятельности на предприятиях обрабатывающей промышленности. *Обсуждение:* авторы предлагают развить аппарат математических методов сравнения экономических показателей эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий в части использования метода оболоченного анализа данных, основывающегося на применении методов математического программирования, постулатов теории производственных функций и принципа оптимальности Парето. *Результаты:* апробация методического инструментария проведена на примере предприятий обрабатывающей промышленности Российской Федерации. Данное исследование подтвердило целесообразность применения метода оболоченного анализа данных для оценки эффективности инновационной деятельности в обрабатывающих отраслях промышленности. Исследование позволило сделать вывод, что уровень эффективности инновационной деятельности снижается в соответствии с понижением уровня технологичности отрасли. Вместе с тем предприятия средне- и низкотехнологичных отраслей, наряду с высокотехнологичными, обладают значительным потенциалом для применения инновационных технологий. Направления дальнейших исследований могут быть сосредоточены на проведении подобного анализа по стадиям инновационной деятельности на промышленных предприятиях, а также в контексте взаимосвязи отраслей различных уровней технологичности с целью получения более полного представления об эффективности функционирования отечественной экономики.

Ключевые слова: эффективность инновационной деятельности, обрабатывающая промышленность, уровень технологичности, метод оболоченного анализа данных.

DOI: 10.17308/meps.2019.12/2271

1. Введение

Центральное место в экономическом развитии отечественных предприятий отводится разработке и результативному внедрению инноваций и передовых технологий. При этом особая роль отводится высокотехнологичным отраслям промышленности, от эффективности инновационной деятельности которых в большей степени зависит уровень инновационного развития территорий. При этом не следует недооценивать значение отраслей более низких уровней технологичности, поскольку они обеспечивают большую часть занятости населения страны и вносят немалый вклад в ВВП благодаря общему весу в экономике. Неоспорим и тот факт, что в настоящее время выживание любого предприятия, независимо от уровня технологичности отрасли, напрямую зависит от результативности инновационной деятельности.

В современных экономических условиях ученые-экономисты активно изучают вопросы научно-технологического и инновационного развития экономики России, включая инструментально-методологические аспекты оценки эффективности инновационной деятельности в обрабатывающих отраслях промышленности.

Существенный вклад в формирование теоретико-методологической базы для изучения отраслей различных уровней технологичности внесли А.М. Батьковский, А.А. Алякин, Д.И. Галахов, Н.Ю. Бухвалов, М.А. Эскиндаров, Т.Н. Рыжикова, К.Д. Латыпова и др. Вопросы оценки эффективности инновационной деятельности экономических систем различного уровня представлены в трудах Р.А. Фатхутдинова, В.Я. Горфинкеля, Ю.А. Дорошенко, И.В. Соминой, М.В. Пигуновой, А.С. Бритько и др.

Широкое распространение при изучении вопросов эффективности получили экономико-математические методы, одним из которых является метод оболоченного анализа данных. Исследованию различных аспектов экономических систем с помощью экономико-математических методов посвящены труды как зарубежных, так и отечественных ученых-экономистов, среди которых можно отметить Д. М. Кейнса, Б. Дюрана, П. Одела, В.В. Леонтьева, Ю.А. Дорошенко, И.В. Сомину, С.П. Гавриловскую, Ю.Н. Тюрина и др. Для решения частных задач метод оболоченного анализа данных использовали А. Чарнес, В. Купер, Т.В. Соколова, Ф.Ф. Калюжный, И.А. Рудская и др.

Несмотря на разработанность проблематики использования метода оболоченного анализа данных применительно к исследованию экономических объектов, вопросы оценки эффективности инновационной деятельности на предприятиях различных уровней технологичности с помощью данного метода ранее не рассматривались. Это обстоятельство определяет актуальность данной работы как для совершенствования теории инновационного развития предприятия, так и для практических аспектов хозяйствования.

На основе проведенного ранее анализа особенностей и состояния предприятий отечественной обрабатывающей промышленности [4, 12], официальной статистики [2, 3, 7], трудов российских [1, 5, 6 и др.] и зарубежных ученых-экономистов [11, 15 и др.] проведем оценку эффективности инновационной деятельности в отраслях обрабатывающей промышленности посредством применения метода оболоченного анализа данных.

2. Методика применения метода оболоченного анализа

В рамках данного исследования оценим эффективность инновационной деятельности предприятий обрабатывающей промышленности с помощью метода оболоченного анализа данных, известного так же как метод анализа среды функционирования и метод DEA (Data Envelopment Analysis) в отечественной литературе и зарубежной литературе соответственно.

Данный метод применяется при анализе национальных инновационных систем [13]. Кроме того, его используют для решения задач управления и оценки различных проектов в финансовой сфере [10], а также в сфере IT-технологий [9]. В последнее время особенной популярностью метод пользуется при оценке эффективности научной деятельности, а именно работы научных фондов и программ, исследовательских организаций и различных инновационных структур [1, 14]. Все это подтверждает тот факт, что данный метод постоянно совершенствуется [8].

Метод оболоченного анализа данных в полной мере реализует экономический подход к оценке эффективности любой деятельности, заключающийся в соотношении результатов деятельности с затраченными для получения этих результатов ресурсами.

В исследовании будем следовать методике, подробно описанной в работах доцента Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого И.А. Рудской [5 и др.].

Особенностью метода оболоченного анализа данных является разделение показателей, характеризующих эффективность деятельности экономических объектов, на показатели ресурсов (inputs) и показатели результатов (outputs).

Предполагается, что имеет место некий набор ресурсов (x_i) и результатов (y_r), который сводится к общему показателю посредством весов, определяемых с помощью линейного программирования так, чтобы максимизировать следующее соотношение:

$$\frac{Output}{Input} = \frac{v_1 x_{1_o} + \dots + v_m x_{m_o}}{u_1 y_{1_s} + \dots + u_s y_{s_o}}, \quad (1)$$

где $v_m, i = [1, m]$; $u_s, r = [1, s]$ – веса ресурсов и результатов в общем показателе.

Для каждого экономического объекта (ЭО) есть оптимальный набор весов ресурсов и результатов. Матрицы ресурсов и результатов:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, Y = \begin{pmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ y_{s1} & y_{s2} & \dots & y_{sn} \end{pmatrix}, \quad (2)$$

где X – матрица размером $(m \times n)$; Y – матрица $(s \times n)$.

Итак, рассчитывается эффективность каждого объекта исследования и далее проводится оптимизация для каждого из объектов, обозначаемых как $ЭO_o$ ($o = 1, 2, \dots, n$). Для получения оптимальных значений весов ресурсов (v_i) ($i = 1, \dots, m$) и результатов (u_r) ($s = 1, \dots, s$) решают задачу дробно-линейного программирования:

$$(FP_o) \theta = \frac{u_1 y_{1o} + \dots + u_s y_{so}}{v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo}} \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\text{при } \frac{u_1 y_{1j} + \dots + u_s y_{sj}}{v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}} \leq 1 (j = 1, \dots, n), \quad (4)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad (5)$$

$$u_1, u_2, \dots, u_m \geq 0. \quad (6)$$

Далее задачу дробно-линейного программирования (FP_o) заменяют задачей линейного программирования (LP_o):

$$(LP_o) \theta = \mu_1 y_{1o} + \dots + \mu_s y_{so} \rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\text{при } v_1 x_{1o} + \dots + v_m x_{mo} = 1, \quad (8)$$

$$\mu_1 y_{1j} + \dots + \mu_s y_{sj} \leq v_1 x_{1j} + \dots + v_m x_{mj}, (j = 1, \dots, n), \quad (9)$$

$$v_1, v_2, \dots, v_m \geq 0, \quad (10)$$

$$\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_s \geq 0. \quad (11)$$

В соответствии с задачей линейного программирования $ЭO_o$ эффективен, если $\theta^* = 1$, и существует хотя бы один оптимальный набор (v^*, u^*) , $cv^* > 0$, $u^* > 0$; неэффективен – если такой набор отсутствует.

Если $\theta^* < 1$, набор параметров из $\{j = 1, \dots, n\}$ будет представлять E'_o :

$$E'_o = \left\{ j : \sum_{r=1}^s u_r \times y_{rj} = \sum_{i=1}^m v_i \times x_{ij} \right\}. \quad (12)$$

Внутри этого набора существует набор E_o , состоящий из технически эффективных объектов, образующих границу эффективности.

Отношение результатов к ресурсам запишем следующим образом:

$$\theta^* = \frac{\sum_{r=1}^s u_r^* \times y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i^* \times x_{io}}. \quad (13)$$

Исходя из условия (8):

$$\theta^* = \sum_{r=1}^s u_r^* \times y_{ro} . \quad (14)$$

Если проанализировать каждый ресурс $v_i^* x_{io}$ в наборе ресурсов:

$$\sum_{i=1}^m v_i^* \times x_{io} = (1) , \quad (15)$$

то можно оценить относительную значимость каждого ресурса в каждом $v_i^* x_{io}$. Подход справедлив в отношении весов результатов $u_r^* y_{ro}$.

На практике выделяют две модели: ориентированную на ресурсы (Input-oriented model) и на результаты (Output-oriented model).

Резюмируя вышеизложенное, представим основные характеристики обеих моделей (табл. 1).

Таблица 1

Описание моделей

Описательная характеристика	Модель	
	ориентированная на ресурсы	ориентированная на результаты
Целевая функция	$\max \sum_{r=1}^s \mu_r y_{ro}$	$\min \sum_{i=1}^m v_i x_{io}$
Ограничения	$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} ,$ $\sum_{i=1}^m v_i x_{io} = 1 ,$ $\mu_r, v_i \geq 0(\varepsilon)$	$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} \leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} ,$ $\sum_{i=1}^m \mu_r y_{ro} = 1 ,$ $\mu_r, v_i \geq 0(\varepsilon)$

Анализ трудов отечественных и зарубежных ученых [5, 11, 13, 15 и др.] позволил сформулировать ряд преимуществ метода оболочечного анализа данных перед другими методами и подходами, в частности, перед регрессионным анализом. Среди достоинств данного метода следует выделить:

1. В результате проведения расчетов позволяет получить по одному итоговому показателю для каждого экономического объекта в контексте применения входных факторов (независимых переменных) для получения планируемых/желаемых выходных продуктов (зависимых переменных).

2. Делает возможной рейтинговую оценку анализируемых экономических объектов.

3. Предоставляет возможность исследования большого количества входных (ресурсных) и выходных (результатирующих) параметров, измеряемых в различных единицах измерения.

4. Не требует от исследователя определения весовых коэффициентов для параметров модели при решении задачи оптимизации, несмотря на наличие ряда моделей, позволяющих это сделать.

5. Не требует необходимости формулирования и проверки гипотез о

функциональных связях между входными и выходными параметрами модели.

6. Не предполагает наличие случайных колебаний: все отклонения от эффективной границы подтверждают неэффективность.

7. Делает возможным учет внешних по отношению к исследуемому объекту переменных – факторов окружающей среды.

8. Предполагает включение различных входных и выходных переменных исследователем согласно целям анализа. Вместе с тем использование экспертного знания не обязательно, что значительно снижает степень субъективизма в ходе проведения исследования.

9. Позволяет провести реальные оценки желательных/планируемых изменений во входных и/или выходных параметрах, которые позволили бы повысить эффективность функционирования объектов исследования, а также вывести неэффективные объекты на границу эффективности.

10. В основу метода положено выявление примеров так называемой «лучшей практики» («a best practice»), а не на каких-либо усредненных тенденциях, а также сравнение экономических объектов с абсолютно эффективными.

11. Позволяет следить за перемещением границы эффективности во времени и на основании этого определить, за счет чего имеет место прогресс или регресс (улучшения управления объектом, отдельными структурными подразделениями или процессами, изменения или замены существующих технологий, применения новых технологий и т.д.).

Наряду с достоинствами данный метод имеет ограничения, в числе которых выделим следующие:

1. Предположение об отсутствии в исходных данных случайных ошибок. В случае некорректного отбора данных результаты анализа не могут интерпретироваться с уверенностью, потому что окажут влияние на значения эффективности, а эффективная граница будет смещена.

2. Метод не учитывает стохастическую природу данных: все отклонения от границы эффективности свидетельствуют о наличии неэффективности.

3. Оценка относительной эффективности: определяется эффективность экономического объекта только в сравнении с другими экономическими объектами, входящими в выборку, а не в сравнении с теоретически достижимым максимумом.

4. Чувствительность оценки эффективности ввиду учета неточных данных о функционировании экономических единиц, особенно об осуществлении инновационной деятельности.

Несмотря на наличие недостатков, метод оболоченного анализа данных, обладая высокой степенью универсальности, может применяться для решения различных задач, связанных с анализом эффективности функцио-

нирования экономических систем. Так, посредством данного метода можно оценить эффективность инновационной деятельности российских предприятий, относящихся к отраслям промышленности различных уровней технологичности, что наглядно представлено в данном исследовании.

3. Практическое приложение метода оболоченного анализа данных для оценки эффективности инновационной деятельности в промышленности

Исследуем эффективность инновационной деятельности в отраслях обрабатывающей промышленности посредством указанного метода с помощью надстройки пакета Microsoft Office Excel «DEA Frontier Solver».

Следует заметить, что анализ и оценку эффективности инновационной деятельности необходимо проводить в динамике для получения более объективной и достоверной информации.

В рамках данного исследования оценка эффективности инновационной деятельности на предприятиях различных уровней технологичности была произведена за период с 2014 по 2016 г. Указанный период характеризуется вынужденной реализацией политики импортозамещения и выбран с целью определения влияния антироссийских санкций и избранного руководством страны курса на импортозамещение на результативность инновационной деятельности отечественных промышленных предприятий.

При применении метода оболоченного анализа данных в некоторых областях знаний ученые зачастую сталкиваются с трудностями отнесения показателей к входным и выходным. Данное обстоятельство связано с тем, что выбранные показатели могут характеризоваться отсутствием технологической связи, как наблюдается в процессе традиционного материального производства.

Отметим, что, исходя из желаемых действий, можно классифицировать все параметры и относить их либо к ресурсам, либо к результатам. Более того, в определенных ситуациях один и тот же показатель может быть отнесен как к ресурсам, так и к результатам.

Отрасли обрабатывающей промышленности принято подразделять на высоко-, средне- (высокого и низкого уровней) и низкотехнологичные группы. Безусловно, данные отрасли значительно отличаются друг от друга ввиду специфики применяемых технологий и оборудования, характера и степени наукоемкости выпускаемой продукции, объемов финансирования. Несмотря на это, в данной работе использованы универсальные показатели, характеризующие эффективность инновационной деятельности предприятий обрабатывающей промышленности.

В рамках данного исследования с учетом специфики инновационной деятельности высокотехнологичных предприятий и имеющейся статистической базы в целях оценки эффективности в указанных отраслях были использованы следующие входные (ресурсные) и выходные (результатирующие) показатели (табл. 2).

Таблица 2

Показатели для оценки эффективности инновационной деятельности
промышленных предприятий

Входные (ресурсные) показатели	Выходные (результатирующие) показатели
1. Удельный вес организаций, осуществляющих инновации, в общем числе организаций, % 2. Удельный вес работников, выполняющих исследования и разработки, в общей численности работников организаций, осуществляющих инновации, % 3. Удельный вес затрат на технологические инновации в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг, % 4. Доля инвестиций, направленных на реконструкцию и модернизацию, в общем объеме инвестиций в основной капитал, %	1. Удельный вес инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг, % 2. Удельный вес вновь внедренных или подвергшихся значительным технологическим изменениям инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг, % 3. Доля экспорта инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме экспорта товаров, работ, услуг, %

Для расчетов был использован значительный массив статистических данных [2, 3, 7], которые не приведены в исследовании ввиду их громоздкости.

Полученные результаты проведенной оценки эффективности инновационной деятельности для модели, ориентированной на ресурсы, представлены ниже (табл. 3).

Таблица 3

Результаты проведения оценки эффективности инновационной
деятельности промышленных предприятий

Отрасль	Коэффициент эффективности				
	2014	2015	Изм.	2016	Изм.
Высокотехнологичные отрасли					
Производство фармацевтической продукции	0,662	0,717	0,055	0,836	0,119
Производство офисного оборудования и вычислительной техники	0,598	1,000	0,402	0,832	-0,168
Производство электронных компонентов, аппаратуры для радио, телевидения и связи	0,693	0,827	0,134	1,000	0,173
Производство медицинских изделий; средств измерений, контроля, управления и испытаний; оптических приборов, фото- и кинооборудования; часов	0,862	1,000	0,138	0,982	-0,018
Производство летательных аппаратов, включая космические	0,567	0,592	0,025	1,000	0,408
Среднетехнологичные отрасли высокого уровня					
Химическое производство	0,347	0,470	0,124	0,716	0,246
Производство машин и оборудования	0,280	0,303	0,023	0,502	0,199
Производство электрических машин и электрооборудования	0,410	0,450	0,040	0,593	0,142
Производство автомобилей, прицепов и полуприцепов	0,989	0,959	-0,030	1,000	0,041

Окончание табл. 3

Отрасль	Коэффициент эффективности				
	2014	2015	Изм.	2016	Изм.
Производство прочих транспортных средств	0,884	1,000	0,116	1,000	0,000
Производство кокса и нефтепродуктов	0,707	0,863	0,155	0,867	0,005
Среднетехнологичные отрасли низкого уровня					
Производство резиновых и пластмассовых изделий	0,773	0,766	-0,007	1,000	0,234
Производство прочих неметаллических минеральных продуктов	0,559	0,463	-0,096	0,611	0,148
Металлургическое производство	0,457	0,605	0,149	0,508	-0,098
Производство готовых металлических изделий	0,318	0,858	0,540	0,241	-0,617
Строительство и ремонт судов	0,562	0,787	0,225	0,854	0,067
Производство пищевых продуктов, включая напитки	0,586	0,355	-0,232	0,684	0,329
Низкотехнологичные отрасли					
Производство табачных изделий	0,447	0,445	-0,001	0,658	0,213
Текстильное производство	0,442	0,448	0,007	0,431	-0,017
Производство одежды; выделка и крашение меха	0,255	0,331	0,076	0,325	-0,006
Производство кожи, изделий из кожи и производство обуви	0,293	0,215	-0,077	0,358	0,143
Обработка древесины и производство изделий из дерева и пробки, кроме мебели	0,220	0,252	0,032	0,260	0,008
Производство целлюлозы, древесной массы, бумаги, картона и изделий из них	0,326	0,387	0,060	0,326	-0,061
Издательская и полиграфическая деятельность, тиражирование записанных носителей информации	0,320	0,255	-0,065	0,360	0,105
Производство мебели и прочей продукции, не включенной в другие группировки	0,112	0,215	0,104	0,157	-0,058
Обработка вторичного сырья	0,120	0,155	0,034	0,259	0,104

Согласно данным таблицы, в изучаемом периоде уровень развития инновационной деятельности представленных отраслей промышленности неоднороден. Так, на границе эффективности или вблизи нее в основном лежат отрасли высокотехнологичные и среднетехнологичные высокого уровня. Данное обстоятельство обусловлено тем, что эти отрасли концентрируют существенные ресурсы, принципиально новые знания и технологии и, тем самым работая на опережение и задавая векторы инновационного развития остальным отраслям промышленности, уровень эффективности инновационной деятельности которых значительно ниже. В целом имеет место повышение эффективности инновационной деятельности на предприятиях исследуемых отраслей обрабатывающей промышленности.

На основании данных табл. 3 представим средние значения коэффициентов эффективности по отраслям различных уровней технологичности (рис.).

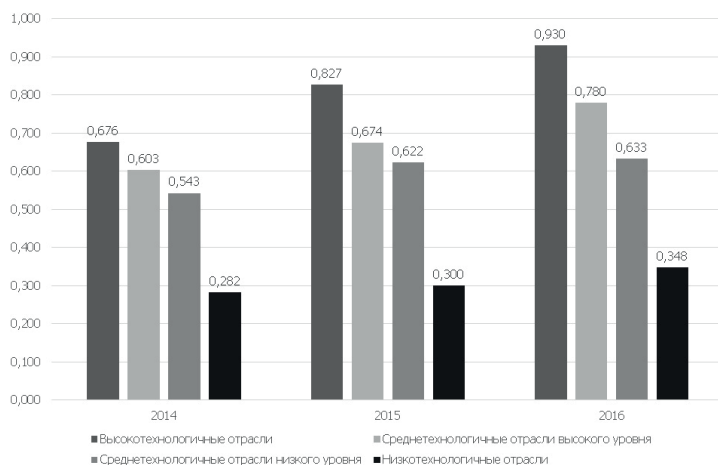


Рис. Средние значения коэффициентов эффективности по уровням технологичности отрасли

Из представленной диаграммы видно, что, согласно полученным расчетам, уровень эффективности инновационной деятельности предприятий снижается в соответствии с понижением уровня технологичности отрасли. Если рассматривать группы отраслей укрупненно, то отрасли ни одного из технологических уровней не достигли границы эффективности. Однако можно сделать вывод, что в целом наблюдается тенденция повышения эффективности инновационной деятельности промышленных предприятий в исследуемом периоде.

4. Заключение

Ведущим фактором развития экономики России и ее регионов является обрабатывающая промышленность, составляющая две трети отечественной промышленности и привлекающая существенную долю инвестиций в НИОКР. Безусловно, высокотехнологичные отрасли являются локомотивом развития обрабатывающей промышленности и экономики в целом. Однако предприятия среднетехнологичных отраслей обладают значительным потенциалом для применения инновационных технологий. Что касается низкотехнологичных отраслей, то некая инновационная деятельность на предприятиях все-таки ведется, однако развита она недостаточно. Указанное требует глубокого анализа особенностей инновационной деятельности в этом секторе, а также взаимодействия с другими отраслями в сфере диверсификации инноваций.

В рамках данного исследования обоснована возможность применения метода оболоченного анализа данных для оценки эффективности инновационной деятельности в обрабатывающих отраслях промышленности, выделены достоинства и недостатки метода. Также посредством этого метода произведена оценка эффективности инновационной деятельности на различных уровнях технологичности отраслей.

Полученные в данной работе научные результаты могут быть ис-

пользованы как основа дальнейшего исследования для более углубленного изучения взаимосвязи отраслей различных уровней технологичности в контексте инновационного развития, в частности, изучения эффективности инновационной деятельности предприятий в рамках ее стадий.

Вышеуказанное требует совершенствования применяемой методики за счет использования всего функционала метода оболоченного анализа данных, в частности, определения рекомендуемых/целевых значений ресурсных и результирующих показателей по каждому объекту исследования, которые позволят обеспечить эффективность инновационной деятельности в промышленности, то есть выяснить, какие показатели необходимо откорректировать для выхода системы на границу эффективности. Кроме того, в целях устранения недостатков применяемого в данном исследовании метода необходимо расширение математического аппарата, в том числе набора используемых показателей при построении модели.

Список источников

1. Глисин Ф.Ф., Калюжный В.В. Оценка эффективности научной и инновационной деятельности в зарубежных странах и в России // *Инновации*, 2015, no. 6, с. 32-36.
2. *Индикаторы инновационной деятельности: 2017*: статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва, НИУ ВШЭ, 2017.
3. *Индикаторы инновационной деятельности: 2018*: статистический сборник / Н.В. Городникова, Л.М. Гохберг, К.А. Дитковский и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». Москва, НИУ ВШЭ, 2018.
4. Костромицкая О.И. Критерии и параметры отнесения промышленных предприятий к отраслям различного уровня технологичности // *Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы экономики и менеджмента в условиях современных вызовов российского и мирового хозяйства»*. Самара, 2017, с. 74-77.
5. Рудская И.А. Оценка эффективности региональной инновационной системы России по стадиям инновационного процесса // *Вестник Волгоградского государственного университета*. Серия 10: Инновационная деятельность, 2017, т. 1, no. 3, с. 23-34.
6. Смышляев В.А., Дайнеко В.Г., Яresco И.И., Дайнеко Е.Ю. Институты развития и их влияние на инновационную деятельность экономических субъектов в России // *Современная экономика: проблемы и решения*, 2017, no. 6 (90), с. 113-126.
7. Федеральная служба государственной статистики (Росстат). Доступно: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 25.10.2019).
8. Banker R.D., Podinovski V.V. Novel theory and methodology developments in data envelopment analysis // *Annals of Operations Research*, 2017, vol. 250, no. 1, pp. 1-3.
9. Ho C. Measuring Profitability and Marketability in Internet Companies // *The Open Management Journal*, 2008, no. 1, pp. 12-25.
10. Karimzadeh M. Efficiency Analysis by Using Data Envelop Analysis Model: Evidence from Indian Banks // *International Journal Latest Trends Financial Economics Society*, 2012, vol. 2, no. 3, pp. 228-237.
11. Khezrimotlagh D., Chen Y. *Decision Making and Performance Evaluation Using Data Envelopment Analysis*. Springer, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018.
12. Kostromitskaya O.I., Somina I.V. High-tech industries of Russia: current situation and development trends // *International Journal of Applied Engineering Research*, 2017, vol. 12, no. 23, pp. 13328-13334.
13. Kotsemir M. Measuring National

Innovation Systems Efficiency – a Review of DEA Approach // *NRU Higher School of Economics, Series WP BRP «Science, Technology and Innovation»*, 2013, no. 16, pp. 1-24.

14. Ruiz J., Segura J., Sirvent I. Benchmarking and Target Setting with Expert Preferences: An Application to the Evaluation of Educational Performance of

Spanish Universities // *European Journal of Operational Research*, 2015, no. 242, pp. 594-605.

15. Thanassoulis E. *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software*. Springer. Springer-Verlag, 2001.

INSTRUMENTAL-METHODICAL ASPECTS OF ESTIMATION OF INNOVATIVE ACTIVITY EFFICIENCY IN THE INDUSTRY

Koloskova Olga Ivanovna, Assist. Prof.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shuhov, Kostyukova st., 46, Belgorod, Russia, 308012; e-mail: koloskovaoi@mail.ru

Purpose: this article is devoted to the relevant issue – the development of tools for the estimation of the efficiency of innovative activity at enterprises of manufacturing industry. *Discussion:* the authors propose to develop mathematical methods for comparing economic indicators of the innovative activity efficiency at the industrial enterprises using the method of data envelopment analysis based on the use of mathematical programming methods, the postulates of the theory of production functions and the Pareto optimality principle. *Results:* practical approval of methodological tools was carried out using the example of manufacturing enterprises of the Russian Federation. This study confirmed the reasonability of the application of the method of data envelopment analysis to estimate the efficiency of innovative activity in manufacturing industries. The study allowed us to make a conclusion that the level of the innovative activity efficiency has been reducing in accordance with a decrease of the manufacturability level of the industry. At the same time, the enterprises of medium- and low-tech industries, as well as high-tech enterprises, have significant potential for the application of innovative technologies. Further researches can be focused on conducting such an analysis of the stages of innovative activity at the industrial enterprises, as well as in the context of the interconnection of industries of different manufacturability levels in order to obtain a more complete picture of the efficiency of the domestic economy.

Keywords: efficiency of innovative activity, manufacturing industry, manufacturability level, method of data envelopment analysis.

References

1. Glisin F.F., Kalyuzhnyj V.V. Ocenka effektivnosti nauchnoj i innovacionnoj deyatel'nosti v zarubezhnyh stranah i v Rossii [Estimation of the efficiency of scientific and innovation activities in foreign countries and in Russia]. *Innovacii*, 2015, no. 6, pp. 32-36. (In Russ.)
2. Gorodnikova N.V., Gohberg L.M., Ditkovskij K.A. i dr. *Indikatorj innovacionnoj deyatel'nosti: 2017: statisticheskij sbornik* [Innovation indicators: 2017: statistical collection-nick]. Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». Moscow, NIU VSHE, 2017. (In Russ.)
3. Gorodnikova N.V., Gohberg L.M., Ditkovskij K.A. i dr. *Indikatorj innovacionnoj deyatel'nosti: 2018: statisticheskij sbornik* [Innovation indicators: 2018: statistical collection-nick]. Nac. issled. un-t «Vysshaya shkola ekonomiki». Moscow, NIU VSHE, 2018. (In Russ.)

4. Kostromickaya O.I. Kriterii i parametry otneseniya promyshlennykh predpriyatij k otraslyam razlichnogo urovnya tekhnologichnosti [Criteria and parameters for the attribution of industrial enterprises to the industries of different manufacturability levels]. *Materials of the international scientific-practical conference Aktual'nye voprosy ekonomiki i menedzhmenta v usloviyah sovremennykh vyzovov rossijskogo i mirovogo hozyajstva*. Samara, 2017, pp. 74-77. (in Russ.)
5. Rudskaya I.A. Ocenka effektivnosti regional'noj innovacionnoj sistemy Rossii po stadiyam innovacionnogo processa [Estimation of the efficiency of the regional innovation system of Russia according to the stages of the innovative process]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 10: Innovacionnaya deyatel'nost'*, 2017, vol. 11, no. 3, pp. 23-34. (in Russ.)
6. Smyshlyaev V.A., Dajneko V.G., Yaresko I.I., Dajneko E.Yu. Instituty razvitiya i ih vliyanie na innovacionnyu deyatel'nost' ekonomicheskikh sub"ektov v Rossii [Development Institutions and their influence on innovation activity of economic entities in Russia]. *Sovremennaya ekonomika: problemy i resheniya*, 2017, no. 6 (90), pp. 113-126. (in Russ.)
7. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki (Rosstat) [Federal state statistics service (Rosstat)]. (in Russ.) Available at: <http://www.gks.ru> (accessed: 25.10.2019).
8. Banker R.D., Podinovskij V.V. Novel theory and methodology developments in data envelopment analysis. *Annals of Operations Research*, 2017, vol. 250, no. 1, pp. 1-3.
9. Ho C. Measuring Profitability and Marketability in Internet Companies. *The Open Management Journal*, 2008, no. 1, pp. 12-25.
10. Karimzadeh M. Efficiency Analysis by Using Data Envelop Analysis Model: Evidence from Indian Banks. *International Journal Latest Trends Financial Economics Society*, 2012, vol. 2, no. 3, pp. 228-237.
11. Khezrimotlagh D., Chen Y. *Decision Making and Performance Evaluation Using Data Envelopment Analysis*. Springer, Springer International Publishing AG, part of Springer Nature, 2018.
12. Kostromickaya O.I., Somina I.V. High-tech industries of Russia: current situation and development trends. *International Journal of Applied Engineering Research*, 2017, vol. 12, no. 23, pp. 13328-13334.
13. Kotsemir M. Measuring National Innovation Systems Efficiency – a Review of DEA Approach. *NRU Higher School of Economics, Series WP BRP «Science, Technology and Innovation»*, 2013, no. 16, pp. 1-24.
14. Ruiz J., Segura J., Sirvent I. Benchmarking and Target Setting with Expert Preferences: An Application to the Evaluation of Educational Performance of Spanish Universities. *European Journal of Operational Research*, 2015, no. 242, pp. 594-605.
15. Thanassoulis E. *Introduction to the Theory and Application of Data Envelopment Analysis: A Foundation Text with Integrated Software*. Springer. Springer-Verlag, 2001.