

DOI: 10.18721/JE.11118  
УДК 338.32

## МОДЕЛЬ ВЫБОРА ПОСТАВЩИКА ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ПЕРЕВООРУЖЕНИИ ПРЕДПРИЯТИЯ

**К.А. Соловейчик, В.А. Левенцов, Э.М. Фарбер**

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Санкт-Петербург, Российская Федерация

Сегодня в результате низкой инвестиционной активности российских предпринимательских структур продолжительное время недофинансировались процессы воспроизводства и обновления основных фондов во многих отраслях и секторах экономики. Как итог, основные фонды промышленности имеют уровень износа более 50 %, а износ производственного аппарата предприятий в некоторых отраслях достигает 90 %, темп выбытия варьируется в пределах 2–3 %, темпы обновления не превышают 1 %. Только 10–15 % основных фондов в промышленности соответствует мировому уровню. Учитывая уровень износа и устаревания основных производственных фондов, предприятиям требуется проводить техническое перевооружение. Однако процесс технического перевооружения достаточно проблематичен. Одной из основных проблем при проведении технического перевооружения является выбор поставщика оборудования на основе определенных критериев. В ходе такого выбора, как правило, предприятия сталкиваются с внутренними расхождениями мнений основных руководителей относительно целесообразности выбора того или иного поставщика. Решением данной проблемы может стать создание полноценной математической модели выбора поставщика оборудования, позволяющей использовать при экспертной оценке поставщиков различные критерии, учитывать их важность и в результате выдавать полноценную и всеобъемлющую оценку поставщика, учитывая все мнения руководства предприятия. Представлена экономико-математическая модель, которая, основываясь на математическом аппарате, будет интуитивно понятна и легко применима при проведении технологического перевооружения предприятия и использование которой позволит максимально упростить выбор поставщика оборудования и сократит время на принятие решения о закупке. Модель основывается на методе экспертных оценок поставщиков по определенным критериям. Вес каждого критерия определяется с помощью метода парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения. Представленная модель при правильном ее использовании поможет предприятию, основываясь на знаниях и мнениях своих сотрудников (экспертов), проводить анализ и выбор поставщиков технологического оборудования и пр. Возможность быстрого определения мнений экспертов позволяет минимизировать время на принятие решения по выбору поставщика. В дальнейшем данная модель может быть внедрена в информационную инфраструктуру предприятия.

**Ключевые слова:** технологическое перевооружение; экономико-математическая модель; критерии выбора поставщиков; экспертная оценка

**Ссылка при цитировании:** Соловейчик К.А., Левенцов В.А., Фарбер Э.М. Модель выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Экономические науки. 2018. Т. 11, № 1. С. 199–210. DOI: 10.18721/JE.11118

## MODEL FOR SUPPLIER SELECTION DURING TECHNICAL RE-EQUIPMENT OF THE ENTERPRISE

K.A. Soloveychik, V.A. Leventsov, E.M. Farber

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russian Federation

To date, as a result of low investment activity of business structures in the Russian Federation, the processes of reproduction and renewal of fixed assets have been underfinanced for a long time in many industries and sectors of economy. As a result, the fixed assets of the industry have a wear level of more than 50%, and the wear level of the productive facilities of enterprises reaches 90% in some sectors, the rate of retirement varies within 2-3%, the rate of renewal does not exceed 1%. Only 10-15% of fixed assets in industry correspond to the world level. Considering the wear, tear and obsolescence level of fixed assets, enterprises need to carry out technical re-equipment. However, the process of technical re-equipment is rather problematic. One of the main problems during technical re-equipment is the choice of equipment supplier based on certain criteria. In the course of this choice, as a rule, enterprises face internal divergences of opinion of key managers on the desirability of choosing a supplier. The solution to this problem is creating a full-fledged mathematical model for choosing a supplier of equipment, which allows using different criteria for expert evaluation of suppliers, take into account their importance, and as a result give a full and comprehensive assessment of the supplier in view of all the opinions of the company's management. Based on this, this paper presents the economic and mathematical model, which, based on the mathematical apparatus, will be intuitively understandable and easily applicable in the process of technological re-equipment of the enterprise. Using this model will allow to simplify the selection of the equipment supplier and to reduce the time it takes to make a decision about the purchase. The model is based on the method of expert evaluations of suppliers by certain criteria. The weight of each criterion is determined using the method of pairwise comparison of criteria based on a fixed preference. The presented model, if used correctly, will help the enterprise to conduct analysis and selection of suppliers of process equipment, based on the knowledge and opinions of its employees (experts). Additionally, it is worth noting that the option of quickly determining the opinions of experts makes it possible to minimize the time it takes to make a decision on the choice of supplier. In the future, this model can be implemented in the information infrastructure of the enterprise.

**Keywords:** technological re-equipment; economic-mathematical model; criteria for selecting suppliers; peer review

**Citation:** K.A. Soloveychik, V.A. Leventsov, E.M. Farber, Model for supplier selection during technical re-equipment of the enterprise. St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Economics, 11 (1) (2018) 199–210. DOI: 10.18721/JE.11118

*Введение.* Четвертая промышленная революция Индустрии 4.0 подводит сегодня промышленность к реформированию устоявшихся технологических и производственных цепочек: производство ждет создания абсолютно нового типа производства, которое будет основываться на использовании цифровых технологий в проектировании, «больших данных», аддитивных технологиях, полной автоматизации производственного процесса, технологиях дополненной реальности, промышленном интернете вещей и пр.

Согласно Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации,

утверждённой в декабре 2016 г., приоритетами научно-технологического развития Российской Федерации следует считать те направления, которые позволят получить научные и научно-технические результаты и создать технологии, являющиеся основой инновационного развития внутреннего рынка продуктов и услуг, устойчивого положения России на внешнем рынке.

Производителям в целях импортозамещения, повышения конкурентоспособности необходимо производить качественную продукцию по конкурентным ценам. Однако в результате низкой инвестиционной активно-

сти предпринимательских структур в стране продолжительное время недофинансировались процессы воспроизводства и обновления основных фондов во многих отраслях и секторах экономики, что обусловило их резкое старение. Так, основные фонды промышленности имеют уровень износа более 50 %, а износ производственного аппарата предприятий в некоторых отраслях достигает 90 %, темп выбытия варьируется в пределах 2–3 %, темпы обновления не превышают 1 %. Только 10–15 % основных фондов в промышленности соответствует мировому уровню [1,2].

Учитывая уровень износа и устаревания основных производственных фондов, предприятиям требуется проводить техническое перевооружение. Однако процесс технического перевооружения достаточно проблематичен ввиду нехватки свободных средств или доступных площадей, невозможности остановить производство на время проведения данных работ, отсутствия подготовленных кадров, способных адекватно оценить и выбрать поставщиков оборудования, отсутствия компетентных кадров для освоения новых техник и технологий [3] и пр.

Одной из основных проблем при проведении технического перевооружения является выбор поставщика оборудования на основе определенных критериев. В ходе такого выбора, как правило, предприятия сталкиваются с внутренним расхождением мнений основных руководителей относительно целесообразности выбора того или иного поставщика.

Решением данной проблемы может стать создание полноценной математической модели выбора поставщика оборудования, позволяющей использовать при экспертной оценке поставщиков различные критерии, учитывать их важность и в результате выдавать полноценную оценку поставщика, учитывая все мнения руководства предприятия.

*Методика исследования.* Целью исследования стала разработка математической модели выбора поставщика при техническом перевооружении предприятия, учитывающей всевозможные параметры и мнения экспертной группы из числа руководителей.

**Математическая модель выбора поставщика.** Техническое перевооружение промышленных предприятий (ТПП) — комплекс мероприятий, направленных на повышение технико-экономического уровня деятельности предприятий, отдельных производств, цехов и участков за счет внедрения современной техники и прогрессивной технологии, механизации и автоматизации производственных процессов, модернизации и замены морально устаревшего и физически изношенного оборудования, улучшения организации и структуры производства, а также других организационных мероприятий без расширения производственных площадей и увеличения количества рабочих мест [4–6].

Одной из важных частей технического перевооружения является именно выбор поставщика оборудования. В научной литературе, как правило, проблема выбора поставщика как сырья, так и оборудования, описывается с помощью математических моделей и различных методов выбора поставщика на основе определенных факторов и оценок. Краткий обзор моделей и методов приведен в табл. 1.

На основании табл. 1 можно сделать вывод: на текущий момент существует множество различных моделей выбора поставщиков, основанных на различных математических методах выбора и обоснования.

Однако часть моделей (труды М.И. Беркович, А.Н. Будякова, М.И. Ивановой) не берут во внимание различия в уровне важности критериев оценки поставщиков, остальные модели имеют достаточно сложный математический аппарат, который может быть не понятен рядовому пользователю на интуитивном уровне, чем осложнит гибкость и применимость модели.

Отдельно стоит отметить исследование М.Н. Козина. В нем на основе достаточно сложного математического аппарата рассматривается выбор поставщиков относительно факторов риска, а не на основе определенных групп критериев.

Основываясь на проведенном анализе, мы предлагаем математическую модель выбора поставщика, которая будет интуитивно понятна и легко применима при проведении технологического перевооружения предприятия.

Таблица 1

**Обзор моделей и методов выбора поставщика**  
**Overview of vendor selection models and methods**

Автор [Источник]	Основная характеристика модели, метода
Беркович М.И., Пуцилло А.Д. [7]	Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок сырья, с использованием экспертного метода (балльная оценка) и расчетов финансовых параметров поставщиков
Будяков А.Н., Гетманов К.Г., Матвеев М.Г. [8]	Математическая модель выбора ресурсов и поставщиков, обеспечивающая одновременное удовлетворение техническим и коммерческим требованиям. Устанавливает рациональное соответствие между ресурсами, поставщиками и заказчиками
Иванова М.И. [9]	Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок сырья, с использованием экспертного метода (балльная оценка) и расчетов финансовых параметров поставщиков
Куимова Е.И., Логанина В.И., Учаева Т.В. [10]	Метод выбора поставщика сырья, основанный на применении теории нечетких множеств, с использованием определенных критериев и метода экспертной оценки поставщиков по каждому критерию, с учетом весов критериев
Лещинский Б.С., Конкина Ю.А. [11]	Метод выбора поставщика, основанный на применении теории нечетких множеств, с использованием критериев оценки и метода экспертной оценки, с учетом важности критериев
Козин М.Н. [12]	Эффективные методы выбора альтернативного поставщика в условиях риска: «вероятностная мера Байеса–Лапласа», «принцип максимума энтропии функции полезности», «принцип минимума дисперсии функции полезности», «модальный принцип»

Как известно, выбор поставщика осуществляется на основе определенных критериев [13–16], это:

- финансовая устойчивость поставщика;
- порядок оплаты предоставляемых услуг;
- ценовые предложения и наличие скидок;
- наличие в регионе сервисных центров;
- предоставляемые инжиниринговые услуги;
- послегарантийное обслуживание;
- возможность обучения операторов для работы на поставляемом оборудовании;
- сроки поставки и монтажа оборудования;
- квалификация представителей поставщика;
- лидерство поставщика в области технологий;
- возможности предоставления лизинговых услуг, и др.

В зависимости от условий выбора поставщиков предприятием количество и состав критериев может меняться.

На следующем шаге, как правило, происходит анализ рассматриваемых поставщиков и их оценка на основе выбранных критериев с помощью различных методов оценки. Задача выбора поставщика оборудования относится к классу задач, для которого сами сотрудники

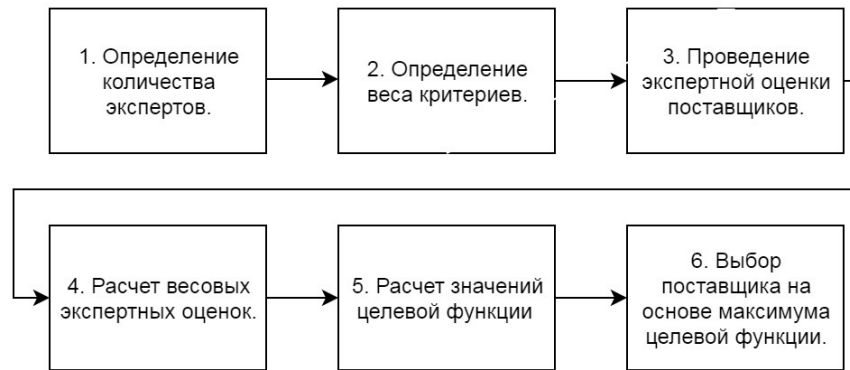
организации обладают достаточным информационным потенциалом: необходимым объемом знаний и опытом по их решению. Поэтому по отношению к этим проблемам эксперты являются качественными источниками и достаточно точными измерителями информации. Исходя из вышеизложенного, нами выбран метод экспертных оценок [17–19].

В общем виде модель выбора выглядит следующим образом:

$$f(t) = \sum_{m=1}^e \sum_{i=1}^n \alpha_{im} x_{mti} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где  $e$  – количество экспертов, участвующих в оценке, ед.;  $n$  – количество необходимых для оценки поставщика критериев, шт.;  $\alpha_{im}$  – вес  $i$ -го критерия, по мнению  $m$ -го эксперта, ед.;  $x_{mti}$  – оценка  $m$ -м экспертом  $i$ -го поставщика по  $i$ -му критерию, баллы.

Целевая функция  $f(t)$  показывает множество среднеарифметических оценок поставщиков всеми экспертами с учетом весов критериев для каждого эксперта. Оценка и определение наиболее подходящего поставщика проходит в несколько этапов. Основные этапы представлены на рисунке.



Этапы выбора поставщика  
Vendor Selection Steps

Первоначально определяется количество экспертов –  $e$  и количество необходимых для оценки поставщика критериев –  $n$ . Далее необходимо определить вес каждого критерия для каждого поставщика с помощью метода парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения [20]. Данный метод достаточно прост в использовании и понятен для пользователя любого уровня. Это позволит каждому эксперту самостоятельно определить, какие критерии, по мнению эксперта, более важные, а какие – менее важные. В соответствии с методом строится матрица оценки веса критериев, представленная в табл. 1.

Таблица 1

**Матрица определения веса критериев**

**Matrix for determining the weight of the criteria**

		Критерий $j$		Суммарный уровень важности критерия $k_i$	Вес критерия $(\alpha_i)$
...	1	$k_{ji}$	...	...	...
Критерий $i$	$k_{ij}$	1	...	$k_i$	$\alpha_i$
...	...	...	1	...	...
				$k_c$	1

Здесь  $k_{ij}$  – коэффициент, показывающий предпочтение критерия  $i$  по отношению к критерию  $j$ ,  $i = 1...n$ ,  $j = 1 ... n$ ;  $n$  – число критериев.

При применении метода парного сравнения критериев все диагональные элементы матрицы (см. табл. 1) парного сравнения

критериев должны быть равны единице, а остальным элементам присваиваются значения  $k_{ij}$  следующим образом [20]:

$$k_{ij} = \begin{cases} 1,5, & \text{если критерий } i \text{ более важен, чем критерий } j; \\ 0,5, & \text{если критерий } i \text{ менее важен, чем критерий } j; \\ 1, & \text{если критерий } i \text{ и } j \text{ имеют одинаковую важность.} \end{cases}$$

При этом обязательно должно выполняться условие  $k_{ij} + k_{ji} = 2$ , при  $i \neq j$ .

Далее рассчитывается группа показателей:

$$k_i = \sum_{j=1}^n k_{ij}, \tag{2}$$

где  $k_i$  – суммарный уровень важности каждого критерия,  $i = 1...n$ ,  $j = 1 ... n$ ;

$$k_c = \sum_{i=1}^n k_i, \tag{3}$$

где  $k_c$  – суммарный уровень важности всех критериев,  $i = 1...n$ ;

$$\alpha_i = \frac{k_i}{k_c}, \tag{4}$$

где  $\alpha_i$  – вес критерия  $i$ ,  $i = 1...n$ ,  $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$ .

Данная матрица строится для каждого эксперта  $m$  с целью определить важность критериев выбора поставщика для каждого отдельного эксперта ( $m = 1...e$ , где  $e$  – количество экспертов).

Второй этап – экспертная оценка поставщиков. Для оценки строится матрица экспертной оценки поставщиков (табл. 2).

Таблица 2

Матрица экспертной оценки поставщиков

Supplier evaluation matrix

	Поставщик $t$
...	...
Критерий $i$	$x_{mti}$
...	...

Соответственно  $x_{mti}$  – оценка  $m$ -м экспертом  $t$ -го поставщика по  $i$ -му критерию,  $i = 1...n$ ,  $t = 1...p$ ,  $m = 1...e$ . В качестве оценок эксперта по каждому критерию можно использовать различные балльные оценки по различной шкале – от 1 до 3, от 1 до 5 и далее. В качестве примера рассмотрим простую пятибалльную шкалу оценки:

- поставщик полностью удовлетворяет требованиям компании по данному критерию – 5 баллов;
- поставщик по большей части (не менее 75 %) удовлетворяет требованиям компании по данному критерию – 4 балла;
- поставщик частично (не менее 50 %) удовлетворяет требованиям компании по данному критерию – 3 балла;
- поставщик крайне мало (менее 50 %) удовлетворяет требованиям компании по данному критерию – 2 балла;
- поставщик не удовлетворяет требованиям компании по данному критерию – 1 балл.

Как видим из примера, пятибалльная шкала позволяет достаточно четко и подробно оценить поставщика, при этом формат оценивания по такой шкале будет интуитивно понятен любому возможному пользователю данной модели. Однако модель можно легко перестроить для использования иных балльных шкал для экспертной оценки, если в этом есть определенная необходимость.

На третьем этапе на основании матрицы экспертной оценки и матрицы определения весов критериев составляется матрица весовых оценок рассматриваемых поставщиков по рассматриваемым критериям (табл. 3). Такая матрица строится для каждого эксперта  $m$  отдельно.

Таблица 3

Матрица весовых оценок

Matrix of weighted estimates

	Поставщик $t$
...	...
Критерий $i$	$\alpha_i \cdot x_{mti}$
...	...
Суммарная оценка	$\sum_{i=1}^n \alpha_{im} \cdot x_{mti}$

Как видим из матрицы, полученные веса критериев перемножаются с оценками эксперта  $m$  по данному критерию  $i$  по поставщику  $t$ ,  $i = 1...n$ ,  $t = 1...p$ ,  $m = 1...e$ . Итогом расчетов становится суммарная оценка каждого поставщика каждым экспертом:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_{im} \cdot x_{mti} \tag{5}$$

где  $\alpha_{im}$  – вес критерия  $i$  по мнению эксперта  $m$ ;  $x_{mti}$  – оценка эксперта  $m$  по критерию  $i$  по поставщику  $t$ .

На четвертом этапе рассчитываются значения функции на основе полученных экспертных оценок и сводятся в единую матрицу среднеарифметических экспертных оценок поставщиков  $t$  (табл. 4).

Таблица 4

Итоговая матрица оценок

The resulting matrix of estimates

	Оценка
...	...
Поставщик $t$	$f(x_{mti})$
...	...

На конечном этапе определяется максимум функции, аналитическим или графическим методом.

Таким образом, экономико-математическая модель определяет наибольшее среднее значение оценки из всех имеющихся средних арифметических оценок поставщиков, от всех экспертов, с учетом веса каждого критерия.

Такая экономико-математическая модель позволяет не привлекая внешние ресурсы учесть мнения экспертов – руководящих работников собственного предприятия и получить ответ на вопрос: кто из рассматриваемых поставщиков оборудования в данном случае наиболее подходит данному предприятию.

Далее будет представлен пример работы математической модели на примере ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ».

Минимально необходимое и в то же время достаточное количество экспертов для принятия решения по данной задаче будет  $e = 3$ . На основании методики оценки относительных коэффициентов компетентности и по результатам высказывания специалистов рассматриваемого предприятия в состав экспертной группы из трех человек войдут:

- главный инженер ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», кандидат экономических наук – эксперт № 1;
- заместитель генерального директора по экономике и финансам ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», кандидат экономических наук – эксперт № 2;
- генеральный директор ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ», кандидат технических наук – эксперт № 3.

В соответствии с разработанной методикой следующим этапом выбираются критерии,

на основании которых будет производиться отбор поставщика оборудования. В соответствии с имеющимся на предприятии опытом отбора поставщиков выбраны следующие восемь ( $n = 8$ ) критериев:

- финансовая устойчивость поставщика;
- ценовые предложения и наличие скидок;
- порядок оплаты предоставляемых услуг;
- наличие сервиса в регионе;
- возможность обучения операторов для работы на поставляемом оборудовании;
- сроки поставки и монтажа оборудования;
- наличие послегарантийного обслуживания;
- техническое лидерство поставщика.

В соответствии с математической моделью далее составляются матрицы определения веса критериев (для каждого эксперта – своя матрица). В соответствии с математической моделью в матрице по методу парного сравнения критериев на основе фиксированного предпочтения определяется вес каждого критерия. В табл. 5 приведена матрица определения весов критериев для эксперта № 1, в табл. 6 – для эксперта № 2, в табл. 7 – для эксперта № 3. Заполнение матриц проходит в соответствии с ранее описанной процедурой.

Наименование критерия и его нумерация в первом столбце соответствует такой же нумерации и наименованиям в первой строке матрицы.

Таблица 5

**Матрица определения важности критериев для эксперта № 1**  
**Matrix for determining the importance of criteria for expert no. 1**

	1	2	3	4	5	6	7	8	$k_i$	$\alpha_i$
1. Финансовая устойчивость	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	4,5	0,070
2. Цены, скидки	1,5	1	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	6,5	0,102
3. Порядок оплаты	1,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5	0,086
4. Наличие сервиса в регионе	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1	0,5	0,5	8	0,125
5. Обучение операторов	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1	1	10,5	0,164
6. Сроки поставки	1,5	1,5	1,5	1	0,5	1	0,5	0,5	8	0,125
7. Послегарантийное обслуживание	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1	0,5	10	0,156
8. Техническое лидерство	1,5	1,5	1,5	1,5	1	1,5	1,5	1	11	0,172
	Суммарный уровень важности ( $k_c$ )								64	1

Таблица 6

**Матрица определения важности критериев для эксперта № 2**

**Matrix for determining the importance of criteria for expert no. 2**

	1	2	3	4	5	6	7	8	$k_i$	$\alpha_i$
1. Финансовая устойчивость	1	0,5	0,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	9,5	0,148
2. Цены, скидки	1,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	11,5	0,180
3. Порядок оплаты	1,5	0,5	1	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	10,5	0,164
4. Наличие сервиса в регионе	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,102
5. Обучение операторов	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,102
6. Сроки поставки	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,102
7. Послегарантийное обслуживание	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,102
8. Техническое лидерство	0,5	0,5	0,5	1	1	1	1	1	6,5	0,102
	Суммарный уровень важности ( $k_c$ )								64	1

Таблица 7

**Матрица определения важности критериев для эксперта № 3**

**Matrix for determining the importance of criteria for expert no. 3**

	1	2	3	4	5	6	7	8	$k_i$	$\alpha_i$
1. Финансовая устойчивость	1	1	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5,5	0,086
2. Цены, скидки	1	1	1,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	6,5	0,102
3. Порядок оплаты	1	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	5	0,078
4. Наличие сервиса в регионе	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1,5	10,5	0,164
5. Обучение операторов	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1,5	10,5	0,164
6. Сроки поставки	1,5	1,5	1,5	1	1	1	1,5	1	10	0,156
7. Послегарантийное обслуживание	1,5	1,5	1,5	0,5	0,5	0,5	1	1	8	0,125
8. Техническое лидерство	1,5	1	1,5	0,5	0,5	1	1	1	8	0,125
	Суммарный уровень важности ( $k_c$ )								64	1

Как видим из табл. 5–7, в зависимости от эксперта критерии получили различную важность ввиду различных занимаемых в организации управленческих должностей и субъективного мнения.

Следующий этап – выставление экспертных оценок  $x_{mi}$  в матрицы экспертных оценок поставщиков. В оценке участвуют четыре поставщика ( $t = 4$ ) – поставщик 1, поставщик 2, поставщик 3, поставщик 4. Матрицы экспертных оценок поставщиков представлены в табл. 8–10. В матрицах использу-

ются сокращения, поставщик 1 – П1, поставщик 2 – П2, поставщик 3 – П3.

В табл. 8–10 представлены экспертные оценки поставщиков.

На следующем этапе составляется матрица весовых экспертных оценок поставщиков, для каждого эксперта по всем поставщикам. Матрицы представлены в табл. 11–13.

В связи с незначительным отклонением мнений экспертов количественная оценка меры согласованности их мнений в работе не проводится.



Таблица 8

**Матрица экспертной оценки поставщиков экспертом № 1**

**Supplier evaluation matrix expert no. 1**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	3	4	4	3
2. Цены, скидки	5	4	4	4
3. Порядок оплаты	4	4	5	3
4. Наличие сервиса в регионе	4	3	5	2
5. Обучение операторов	5	4	3	3
6. Сроки поставки	4	4	3	5
7. Послегарантийное обслуживание	2	3	2	4
8. Техническое лидерство	5	5	4	3

Таблица 9

**Матрица экспертной оценки поставщиков экспертом № 2**

**Supplier evaluation matrix expert no. 2**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	4	5	4	3
2. Цены, скидки	5	3	4	5
3. Порядок оплаты	3	4	5	3
4. Наличие сервиса в регионе	3	4	5	2
5. Обучение операторов	4	5	3	3
6. Сроки поставки	5	4	3	5
7. Послегарантийное обслуживание	3	4	2	4
8. Техническое лидерство	4	4	3	3

Таблица 10

**Матрица экспертной оценки поставщиков экспертом № 3**

**Supplier evaluation matrix expert no. 3**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	4	4	5	3
2. Цены, скидки	4	2	5	5
3. Порядок оплаты	3	4	3	4
4. Наличие сервиса в регионе	3	4	4	3
5. Обучение операторов	3	5	5	4
6. Сроки поставки	4	5	3	4
7. Послегарантийное обслуживание	2	3	1	5
8. Техническое лидерство	4	5	4	4

Таблица 11

**Матрица весовой экспертной оценки поставщиков экспертом № 1**

**Matrix of weighted expert evaluation of suppliers by expert no. 1**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	0,211	0,281	0,281	0,211
2. Цены, скидки	0,508	0,406	0,406	0,406
3. Порядок оплаты	0,344	0,344	0,430	0,258
4. Наличие сервиса в регионе	0,500	0,375	0,625	0,250
5. Обучение операторов	0,820	0,656	0,492	0,492
6. Сроки поставки	0,500	0,500	0,375	0,625
7. Послегарантийное обслуживание	0,313	0,469	0,313	0,625
8. Техническое лидерство	0,859	0,859	0,688	0,516
Суммарная оценка, $\sum_{i=1}^n \alpha_{im} \cdot x_{mi}$	<b>4,055</b>	<b>3,891</b>	<b>3,609</b>	<b>3,383</b>

Таблица 12

**Матрица весовой экспертной оценки поставщиков экспертом № 2**

**Matrix of weighted expert evaluation of suppliers by expert no. 2**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	0,594	0,742	0,594	0,445
2. Цены, скидки	0,898	0,539	0,719	0,898
3. Порядок оплаты	0,492	0,656	0,820	0,492
4. Наличие сервиса в регионе	0,305	0,406	0,508	0,203
5. Обучение операторов	0,406	0,508	0,305	0,305
6. Сроки поставки	0,508	0,406	0,305	0,508
7. Послегарантийное обслуживание	0,305	0,406	0,203	0,406
8. Техническое лидерство	0,406	0,406	0,305	0,305
Суммарная оценка, $\sum_{i=1}^n \alpha_{im} \cdot x_{mi}$	<b>3,914</b>	<b>4,070</b>	<b>3,758</b>	<b>3,563</b>

Таблица 13

**Матрица весовой экспертной оценки поставщиков экспертом № 3**

**Matrix of weighted expert evaluation of suppliers by expert no. 3**

	П1	П2	П3	П4
1. Финансовая устойчивость	0,344	0,344	0,430	0,258
2. Цены, скидки	0,406	0,203	0,508	0,508
3. Порядок оплаты	0,234	0,313	0,234	0,313
4. Наличие сервиса в регионе	0,492	0,656	0,656	0,492
5. Обучение операторов	0,492	0,820	0,820	0,656
6. Сроки поставки	0,625	0,781	0,469	0,625
7. Послегарантийное обслуживание	0,250	0,375	0,125	0,625
8. Техническое лидерство	0,500	0,625	0,500	0,500
Суммарная оценка, $\sum_{i=1}^n \alpha_{im} \cdot x_{mi}$	<b>3,344</b>	<b>4,117</b>	<b>3,742</b>	<b>3,977</b>

Таблица 14

**Итоговая матрица оценок поставщиков**

**Final vendor evaluation matrix**

	Среднее арифметическое оценки
Поставщик 1	3,771
Поставщик 2	<b>4,026</b>
Поставщик 3	3,703
Поставщик 4	3,641

На четвертом этапе в соответствии с экономико-математической моделью на основе полученных ранее оценок поставщиков от всех экспертов рассчитываются значения целевой функции. Результаты расчета представлены в табл. 14.

В соответствии с математической моделью, на основе табл. 14 аналитическим методом можно сделать вывод, что поставщик 2 – наиболее подходящий из всех поставщиков, исходя из текущих критериев оценки, так как  $\max(f(x_{mi})) = 4,026$  – максимальное значение среди всех среднеарифметических оценок поставщиков.

*Результаты исследования.* Основным результатом исследования можно считать получение математической модели с высокой степенью применимости на практике, особенно в случаях проведения массового пере-

вооружения предприятия, при которых технологическое задание оставляет достаточно широкое право выбора для предприятия относительно возможных поставщиков.

Полученная модель при правильном ее использовании поможет предприятию, основываясь на знаниях и мнениях своих сотрудников (экспертов), проводить анализ и выбор поставщиков технологического оборудования и пр. Отдельно стоит отметить, что возможность быстрого определения мнений экспертов позволяет минимизировать время на принятие решения по выбору поставщика. В дальнейшем данная модель может быть внедрена в информационную инфраструктуру предприятия.

Несмотря на свою специализацию, математическая модель может стать достаточно разносторонним инструментом выбора на основе экспертного мнения, так как допускает учет различных критериев, а использование весовых оценок позволяет получать более осознанный и точный результат. Таким образом, полученная математическая модель может стать стандартным и быстрым механизмом при проведении различного рода закупок.

Помимо математической модели в ходе исследования получены следующие результаты: выявлены ключевые критерии, которые важно учитывать при выборе поставщика; в соответствии со спецификой рассматриваемой задачи в качестве метода оценки поставщиков выбран метод экспертных оценок; на данных предприятия ОАО «ЛЕНПОЛИГРАФМАШ» проведена апробация предложенной математической модели.

*Выводы.* Сегодня техническое перевооружение является достаточно важным и существенным шагом не только для отдельно взятого предприятия, но и для всей страны в целом. Следовательно, эффективное техническое перевооружение позволит предприятиям повысить свою конкурентоспособность, занять новую рыночную нишу, а государству – обеспечить динамическое развитие.

Здесь рассмотрена только одна из множества составных частей технического перевооружения – выбор поставщика на основе определенных критериев. Представленная модель позволяет выбирать поставщика оборудования при условии, что все поставщики предоставляют оборудование, полностью удовлетворяющее имеющемуся техническому заданию.

В дальнейших исследованиях текущая математическая модель будет усложнена с целью

более полного описания процесса технического перевооружения, что позволит в определенной мере упростить данный процесс, стандартизировать его. Будет рассмотрен аспект отбора оборудования в зависимости от удовлетворения требований технического задания пред-

приятия. При этом сама математическая модель должна быть достаточно гибкой, чтобы удовлетворять различным запросам, ситуациям и требованиям, с которыми сталкиваются предприятия при проведении технического перевооружения и закупок оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] **Бирюков В.В.** Организационно-экономические изменения и технологическое перевооружение российской промышленности // Вестник СибАДИ. 2014. № 5(39). С. 97–105. (Индексируется в БД РИНЦ и Google Scholar).
- [2] **Бражников М.А., Сафронов Е.Г., Бабкин А.В.** О стратегии технического перевооружения машиностроительного комплекса в условиях импортозамещения // Экономическое возрождение России. 2017. № 2(52). С. 114–120.
- [3] **Старцев Ю.Н.** Результативность производства и компетенции персонала при технико-технологическом перевооружении предприятия // Вестник Челябинского государственного университета. 2015. № 18(373). С. 176–181.
- [4] **Беляков Г.П., Еремеев Д.В.** Исследование содержания понятий: техническое перевооружение, техническое перевооружение, модернизация // Вестник СибГУ им. М.Ф. Решетнева. 2011. № 3(49). С. 177–182. (Индексируется в БД РИНЦ и Ulrich's Periodicals Directory).
- [5] **Слуцкий В.А., Тетерин Д.Е.** Техническое перевооружение – назревшая проблема российской промышленности. Ч. 1 // Вестник химической промышленности. 2014. № 6(81). С. 41–45.
- [6] **Пестов С.Б.** Аспекты финансирования государственных капитальных вложений // Финансы: теория и практика. 2015. № 5(89). С. 80–86. (Индексируется в БД РИНЦ и Web of Science).
- [7] **Беркович М.И., Пуцилло А.Д.** Обоснование выбора поставщика полиграфического предприятия // Научный альманах. 2016. № 3. С. 53–57.
- [8] **Будяков А.Н., Гетманов К.Г., Матвеев М.Г.** Решение задачи выбора ресурсов и их поставщиков в условиях противоречивости технических и коммерческих требований // Вестник ВГУ. Серия: системный анализ и информационные технологии. 2017. № 2. С. 66–71.
- [9] **Иванова М.И.** Факторная модель обоснования выбора поставщика при формировании логистики поставок // Вектор науки ТГУ. 2013. № 4. С. 100–104.
- [10] **Куимова Е.И., Логанина В.И., Учаева Т.В.** Применение теории нечетких множеств для выбора поставщика // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2013. № 4/4(64). С. 68–70. (Индексируется в базах CrossRef, IndexCopernicus, American Chemical Society, РИНЦ, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, CiteFactor и др.).
- [11] **Лещинский Б.С., Конкина Ю.А.** Выбор поставщика в условиях разнотипности данных с использованием методов теории нечетких множеств // Вестник ТГУ. 2008. № 2(3). С. 44–51. (Индексируется в БД Web of Science Core Collection's Emerging Sources Citation Index).
- [12] **Козин М.Н.** Интегральная модель выбора поставщика государственного оборонного заказа с учетом фактора риска // Финансы и кредит. 2006. № 29(233). С. 75–81.
- [13] **Юдилевич П.А.** Вопрос выбора поставщика как ключевая проблема закупочной логистики // Современная экономика: проблемы и решения. 2011. № 12. С. 111–118. (Индексируется в БД РИНЦ и CrossRef).
- [14] **Митрофанов А.Д.** Методические подходы к выбору поставщиков в процессе реализации инвестиционного проекта // Казанский экономический вестник. 2014. № 5(13). С. 125–130. (Индексируется в БД Ulrich's Periodicals Directory).
- [15] **Никоненко А.Н.** Методы и критерии выбора поставщиков // WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: сб. ст. победителей VI Междунар. науч.-практ. конф: в 2 ч. Ч. 2. Пенза: Наука и просвещение, 2016. С. 60–62.
- [16] **Остапенко С.Н., Федосеева Н.Ю.** Модернизация и техническое перевооружение предприятий. М.: Инфра М, 2010. 80 с.
- [17] **Примакин А.И., Большакова Л.В.** Метод экспертных оценок в решении задач обеспечения экономической безопасности хозяйствующего субъекта // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. 2012. № 1(53). С. 191–200.
- [18] **Овчинникова Т.И., Погонина Е.М.** Метод экспертных оценок при подготовке предприятия к инновационной деятельности с учетом финансовой устойчивости // Энергия XXI век. 2015. № 2(90). С. 127–138.
- [19] **Курзаева Л.В., Овчинникова И.Г., Чичиланова С.А.** К вопросу о совершенствовании методики оценки эффективности решения задач управления качеством образования на основе экспертной информации // Фундаментальные исследования. 2015. № 6. С. 473–478.
- [20] **Постников В.М., Спиридонов С.Б.** Методы выбора весовых коэффициентов локальных критериев // Наука и образование МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2015. № 6. С. 267–287.

**СОЛОВЕЙЧИК Кирилл Александрович.** E-mail: kirill.soloveychik@gmail.com

**ЛЕВЕНЦОВ Валерий Александрович.** E-mail: vleventsov@spbstu.ru

**ФАРБЕР Эдуард Михайлович.** E-mail: d.farber2010@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 23.11.2017

## REFERENCES

- [1] **V.V. Biriukov**, Organizatsionno-ekonomicheskie izmeneniia i tekhnologicheskoe perevoorzhenie rossiiskoi promyshlennosti, *Vestnik SibADI*, 5 (39) (2014) 97–105. (Indeksiruetsia v BD RINTs i Google Scholar).
- [2] **M.A. Brazhnikov, E.G. Safronov, A.V. Babkin**, O strategii tekhnicheskogo perevoorzheniia mashinostroitel'nogo kompleksa v usloviakh importozameshcheniia, *Ekonomicheskoe vozrozhdenie Rossii*, 2 (52) (2017) 114–120.
- [3] **Iu.N. Startsev**, Rezul'tativnost' proizvodstva i kompetentsii personala pri tekhniko-tekhnologicheskome perevoorzhenii predpriiatiia, *Vestnik Cheliabinskogo gosudarstvennogo universiteta*, 18 (373) (2015) 176–181.
- [4] **G.P. Beliakov, D.V. Eremeev**, Issledovanie soderzhaniia poniatii: tekhnicheskoe perevoorzhenie, tekhnicheskoe pereosnashchenie, modernizatsiia, *Vestnik SibGU im. M.F. Reshetneva*, 3 (49) (2011) 177–182. (Indeksiruetsia v BD RINTs i Ulrich's Periodicals Directory).
- [5] **V.A. Slutskii, D.E. Teterin**, Tekhnicheskoe perevoorzhenie – nazrevshaia problema rossiiskoi promyshlennosti. Ch. 1, *Vestnik khimicheskoi promyshlennosti*, 6 (81) (2014) 41–45.
- [6] **S.B. Pestov**, Aspekty finansirovaniia gosudarstvennykh kapital'nykh vlozhenii, *Finansy: teoriia i praktika*, 5 (89) (2015) 80–86. (Indeksiruetsia v BD RINTs i Web of Science).
- [7] **M.I. Berkovich, A.D. Putsillo**, Obosnovanie vybora postavshchika poligraficheskogo predpriiatiia, *Nauchnyi al'manakh*, 3 (2016) 53–57.
- [8] **A.N. Budiakov, K.G. Getmanov, M.G. Matveev**, Reshenie zadachi vybora resursov i ikh postavshchikov v usloviakh protivorechivosti tekhnicheskikh i kommercheskikh trebovaniia, *Vestnik VGU. Seriia: sistemnyi analiz i informatsionnye tekhnologii*, 2 (2017) 66–71.
- [9] **M.I. Ivanova**, Faktornaia model' obosnovaniia vybora postavshchika pri formirovanii logistiki postavok, *Vektor nauki TGU*, 4 (2013) 100–104.
- [10] **E.I. Kuimova, V.I. Loganina, T.V. Uchaeva**, Primenenie teorii nechetkikh mnozhestv dlia vybora postavshchika, *Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii*, 4/4 (64) (2013) 68–70. (Indeksiruetsia v bazakh CrossRef, IndexCopernicus, American Chemical Society, RINTs, WorldCat, Ulrich's Periodicals Directory, BASE, ResearchBib, CiteFactor i dr.).
- [11] **B.S. Leshchinskii, Iu.A. Konkina**, Vyor postavshchika v usloviakh raznotipnosti dannykh s ispol'zovaniem metodov teorii nechetkikh mnozhestv, *Vestnik TGU*, 2 (3) (2008) 44–51. (Indeksiruetsia v BD Web of Science Core Collection's Emerging Sources Citation Index).
- [12] **M.N. Kozin**, Integral'naiia model' vybora postavshchika gosudarstvennogo oboronnoho zakaza s uchetom faktora riska, *Finansy i kredit*, 29 (233) (2006) 75–81.
- [13] **P.A. Iudilevich**, Vopros vybora postavshchika kak kliuchevaia problema zakupochnoi logistiki, *Sovremennaia ekonomika: problemy i resheniia*, 12 (2011) 111–118. (Indeksiruetsia v BD RINTs i CrossRef).
- [14] **A.D. Mitrofanov**, Metodicheskie podkhody k vyboru postavshchikov v protsesse realizatsii investitsionnogo proekta, *Kazanskii ekonomicheskii vestnik*, 5 (13) (2014) 125–130. (Indeksiruetsia v BD Ulrich's Periodicals Directory).
- [15] **A.N. Nikonenko**, Metody i kriterii vybora postavshchikov, *WORLD SCIENCE: PROBLEMS AND INNOVATIONS: sb. st. pobeditelei VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. v 2 ch. Ch. 2. Penza: Nauka i prosveshchenie*, (2016) 60–62.
- [16] **S.N. Ostapenko, N.Iu. Fedoseeva**, Modernizatsiia i tekhnicheskoe perevoorzhenie predpriiatiia. Moscow, Infra M, 2010.
- [17] **A.I. Primakin, L.V. Bol'shakova**, Metod ekspertnykh otsenok v reshenii zadach obespecheniia ekonomicheskoi bezopasnosti khoziaistvuiushchego sub"ekta, *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta MVD Rossii*, 1 (53) (2012) 191–200.
- [18] **T.I. Ovchinnikova, E.M. Pogonina**, Metod ekspertnykh otsenok pri podgotovke predpriiatiia k innovatsionnoi deiatel'nosti s uchetom finansovoi ustoichivosti, *Energii XXI vek*, 2 (90) (2015) 127–138.
- [19] **L.V. Kurzaeva, I.G. Ovchinnikova, S.A. Chichilanova**, K voprosu o sovershenstvovanii metodiki otsenki effektivnosti resheniia zadach upravleniia kachestvom obrazovaniia na osnove ekspertnoi informatsii, *Fundamental'nye issledovaniia*, 6 (2015) 473–478.
- [20] **V.M. Postnikov, S.B. Spiridonov**, Metody vybora vesovykh koeffitsientov lokal'nykh kriteriev, *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Bauman*, 6 (2015) 267–287.

**SOLOVEYCHIK Kirill A.** E-mail: kirill.soloveychik@gmail.com

**LEVENTSOV Valery A.** E-mail: vleventsov@spbstu.ru

**FARBER Eduard M.** E-mail: d.farber2010@yandex.ru