

## СИСТЕМА МОДЕЛЕЙ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ О КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИННОВАЦИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Григорьева А.П.<sup>1</sup>, Григорьева А.А.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», Кемерово, Россия (650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28)

<sup>2</sup>Юргинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Юрга, Россия (652050, г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, e-mail:antonina505@mail.ru

---

Предложены модели оценки конкурентоспособности инновационной машиностроительной продукции (ИМП): модель прогнозирования потребительских предпочтений ИМП; модель, рассчитывающая нечеткие множества альтернатив различной степени конкурентоспособности на ранних стадиях исследования; интегральная модель оценки конкурентоспособности ИМП с учетом этапов производства, реализации и эксплуатации, модель рейтинговой оценки альтернатив. Рассмотрена модель формирования экспертной комиссии с использованием нечеткого логического вывода. Модели разрабатывались на базе многокритериального подхода и аппарата теории нечетких множеств. Предложенная система моделей позволяет охватить все этапы жизненного цикла продукции. Выходная информация оценки конкурентоспособности ИМП на начальных стадиях жизненного цикла продукции становится входной информацией для оценки конкурентоспособности на последующих этапах жизненного цикла продукции. Существует возможность обработки качественной информации и преобразования ее в количественные оценки, что особенно важно на этапах синтеза идеи и маркетинговых исследований.

---

Ключевые слова: инновационная машиностроительная продукция, конкурентоспособность, нечеткие множества, функция принадлежности, метод попарных сравнений, интегральная модель оценки инноваций, экспертная комиссия, нечеткий логический вывод, модели принятия решений.

## SYSTEM MODELS OF DECISION MAKING ABOUT COMPETITIVENESS OF INNOVATION ENGINEERING

Grigoreva A.P.<sup>1</sup>, Grigoreva A.A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kuzbass State Technical University named after T.F. Gorbachev, 650000, Kemerovo, Vesennyaya street, 28,

<sup>2</sup>Yurga Institute of Technology, TPU affiliate, 652050, Yurga, Leningradskaya street, 26, e-mail:antonina505@mail.ru

---

The authors suggest the models for assessing the competitiveness of innovative engineering products (IEP): a model for forecasting the consumer's preferences for IEP; a model for calculating fuzzy sets of alternatives of various competitiveness degrees at the early stages of research; integrated model for IEP competitiveness assessment with consideration to the stages of production, marketing and operation, the model for the rating assessment of alternatives. The paper considers the model for forming an expert committee involving fuzzy inference. Models have been developed on the basis of multi-criteria approach and of the theory of fuzzy sets. The proposed system models allows to cover all stages of the product life cycle. The output evaluation of the competitiveness of IEP in the early stages of product life cycle becomes the input information to assess the competitiveness of the subsequent stages of the product life cycle. There is the ability to handle high-quality information and transform it into a quantitative assessment, which is especially important in the synthesis of ideas and stages of marketing research.

---

Keywords: innovative engineering products, competitiveness, fuzzy sets, membership function, pair-wise comparison approach, integrated model of innovation assessment, expert committee, fuzzy inference, decision-making model.

### Введение

Принципиально новой особенностью инвестиционной политики на современном этапе является переход от равномерного распределения инвестиционных ресурсов между отраслями и предприятиями к избирательному частичному финансированию производств конкретных видов продукции на основе принятой системы критериев. Соответственно, к классу ак-

туальных задач относится проведение обоснованной оценки конкурентоспособности инновационного проекта на всех этапах его жизненного цикла.

Методологические основы инновационного развития содержатся в работах таких ученых США и Европейского Союза, как Н. Мончев, И. Перлаки, В.Д. Хартман, Э. Мэнсфилд, Р. Фостер, Б. Твисс, Й. Шумпетер, Э. Роджерс и др. Несмотря на то, что в настоящее время активно решается проблема оценки конкурентоспособности инноваций в различных отраслях экономики, до сих пор не выработана единая концепция принятия решений о конкурентоспособности ИМП [5].

При построении моделей принятия решений о конкурентоспособности продукции помимо многокритериального подхода использовался аппарат теории нечетких множеств, позволяющий моделировать плавное, постепенное изменение свойств, а также неизвестные функциональные зависимости, выраженные в виде качественных связей.

#### **Модель формирования экспертной комиссии с использованием нечеткого логического вывода**

Особой проблемой при оценке ИМП является комплектование группы независимых экспертов. Для облегчения выбора кандидатов в эксперты для участия в экспертизе проектов воспользуемся методом многокритериального выбора альтернатив с использованием нечеткого логического вывода [1, 2, 3].

Для оценки кандидатов в эксперты были разработаны продукционные правила типа:  $d_1$ : «Если кандидат – опытный исследователь, имеет некоторый производственный стаж и опыт работы экспертом в области экономических и машиностроительных дисциплин, то он – удовлетворяющий (отвечающий требованиям)»;  $d_2$ : «Если он вдобавок к вышеописанным требованиям обладает интуицией, то он – более чем удовлетворяющий»;  $d_3$ : «Если он вдобавок к условиям  $d_2$  имеет способность найти заказчика ИМП, то он – безупречный»;  $d_4$ : «Если он имеет все оговоренное в  $d_3$ , кроме способности обладания интуицией, то он – очень удовлетворяющий»;  $d_5$ : «Если кандидат – очень опытный исследователь, имеет способность найти заказчика и хороший эксперт, но не имеет производственного стажа, он все же будет удовлетворяющим»;  $d_6$ : «Если он не имеет квалификации исследователя или не имеет проверенной способности к проведению экспертной работы, он – не удовлетворяющий».

Анализ шести информационных фрагментов дает пять критериев, используемых в принятии решения:  $X_1$  – исследовательские способности;  $X_2$  – производственный стаж;  $X_3$  – опыт работы экспертом;  $X_4$  – обладание интуицией;  $X_5$  – способность найти заказчика. Выбор производился из пяти кандидатов. При выборе эксперта для каждой из альтернатив находится удовлетворительность и на основе композиционного правила вывода вычисляется соответствующая точечная оценка.

## **Модель прогнозирования потребительских предпочтений ИМП**

Спрос на инновационную продукцию порождается потребностями (предпочтениями) и возможностями потребителей. Для оценки отношений потребителя к технико-экономическим характеристикам продукции и оптимизации диалога между потребителем и производителем наукоемкой продукции предлагается методика, которая включает в себя следующие этапы.

Этап 1. Составляется перечень возможных потребительских требований-предпочтений (ПТ) к исследуемой продукции.

Этап 2. Оценка значимости каждого требования, т.е. проставление рейтинговой оценки каждому требованию потребителя.

Этап 3. Формирование комплекса технико-экономических характеристик (ТЭХ) продукции, по которому будет производиться оценка уровня конкурентоспособности продукции, с одной стороны, а с другой – отношение потребителя к продукции.

Этап 4. Строится матрица размерностью  $M \cdot N$  ( $M$  – количество ТЭХ продукции,  $N$  – количество потребительских требований).

Этап 5. Определение жесткости связи между ПТ и ТЭХ.

Этап 6. Определение рейтинговых оценок ТЭХ продукции. На этом этапе записываются итоговые многофакторные регрессионные зависимости ТЭХ от ПТ.

Этап 7. Определение интегральной оценки конкурентоспособности продукции. Ее можно представить как средневзвешенную из технико-экономических характеристик.

Модель прогнозирования потребительских предпочтений позволяет достаточно корректно и достоверно рассчитать вероятный спрос, мотивацию поведения потребителей, их отношение к предлагаемой продукции.

## **Модель определения конкурентоспособности ИМП на основе метода попарных сравнений**

Специфика данной модели позволяет ее использовать на начальных стадиях жизненного цикла изделий. Сравнение альтернатив можно производить по показателю «значимость технического решения» или в целом по продукции [1, 3, 4].

Пусть перед нами стоит следующая задача: для оценки конкурентоспособности семи видов очистных механизированных комплексов используется лингвистическая переменная  $\beta$ -«конкурентоспособность» с множеством базовых значений  $T = \{ \text{«низкая»}, \text{«средняя»}, \text{«высокая»} \}$ ; базовое множество  $X = \{ K_1, K_2, K_3, \dots, K_7 \}$ , где  $K_i$  – модель механизированного комплекса. Исследуются очистные механизированные комплексы, выпускаемые Юргинским машиностроительным заводом, польскими производителями и их зарубежные аналоги:

$K_1$  – ДБТ;  $K_2$  – Джой;  $K_3$  – Джой-1;  $K_4$  – GLINIK (Польша);  $K_5$  – КМ138/2;  $K_6$  – 3КМ138;  $K_7$  – К – 500Ю (ЮМЗ). Терм «низкая» характеризуется нечеткой переменной (низкая,  $X, \tilde{C}$ ).

Требуется построить функцию принадлежности  $\mu_c$  нечеткого множества  $\tilde{C}$ , описывающего терм «низкая».

Функция принадлежности  $\mu_c$  определяется по матрице попарных сравнений  $M=||m_{ij}||$ , элементы которой  $m_{ij}$  представляют собой некоторые оценки интенсивности принадлежности элементов  $x_i \in X$  нечеткому множеству  $\tilde{C}$  по сравнению с элементами  $x_j \in X$ :  $\mu_c(x_i) = 1 / \sum_{j=1}^n m_{ij}$ .

После обработки экспертных оценок имеем нечеткое множество  $\tilde{C}$  «низкая конкурентоспособность»:

$\tilde{C} = \{(1/К-500Ю \text{ (ЮМЗ)}), (0,53/3КМ138), (0,33/КМ138/2), (0,19/Джой-1), (0,12/GLINIK), (0,1/ДБТ), (0,07/Джой)\}$ , т.е. 1 соответствует очистному механизированному комплексу с наименьшей конкурентоспособностью.

### **Интегральная модель оценки конкурентоспособности ИМП**

Данная модель быстро и объективно отображает картину положения продукции на рынке на стадиях производства, реализации и эксплуатации продукции. Основой расчета конкурентоспособности продукции является оценка четырех групповых критериев конкурентоспособности: «значимость технического решения» ( $Z_{тр}$ ) [4], финансовый приоритет продукции ( $\Phi П$ ), эффективность производства ( $\mathcal{E} П$ ) и сбыта продукции ( $\mathcal{E} С$ ). Для обеспечения репрезентативности критерии имеют коэффициенты весомости [1, 2]. Определение этих коэффициентов проводится методом попарных сравнений, рассмотренным выше.

Расчет коэффициента конкурентоспособности проводится по формуле:

$$K_n = a_1 \cdot \mathcal{E}_n + a_2 \cdot \Phi_n + a_3 \cdot \mathcal{E}_c + a_4 \cdot Z_{тр}, \quad (1)$$

где  $K_n$  – коэффициент конкурентоспособности продукции;

$\mathcal{E}_n$  – значение критерия эффективности производственной деятельности предприятия;

$\Phi_n$  – значение критерия финансового приоритета от выпуска продукции;

$\mathcal{E}_c$  – значение критерия эффективности организации сбыта;

$Z_{тр}$  – значение показателя «значимость технического решения»;

$a_1, a_2, a_3, a_4$  – коэффициенты весомости (степени принадлежности).

Алгоритм расчета интегрального коэффициента конкурентоспособности включает 3 этапа:

1. Расчет единичных показателей конкурентоспособности и перевод показателей в баллы. В целях перевода показателей в относительные величины (баллы) используется десятичная шкала от 0 до 1.
2. Расчет критериев по соответствующим формулам.
3. Расчет коэффициента конкурентоспособности по формуле 1.

#### **Модифицированная интегральная модель оценки конкурентоспособности ИМП**

Главной целью внедрения инновационной продукции является максимизация благосостояния собственников, то есть прирост рыночной стоимости организации и сумм выплачиваемых дивидендов. Наиболее близок к рыночной стоимости предприятия критерий чистой текущей стоимости (NPV). В связи с этим вместо критерия «значимость технического решения» будем использовать критерий чистой текущей стоимости, следовательно, интегральная модель будет выглядеть следующим образом:

$$K_n = a_1 \cdot \mathcal{E}_n + a_2 \cdot \Phi_n + a_3 \cdot \mathcal{E}_c + a_4 \cdot NPV, \quad (2)$$

где  $NPV$  – чистая текущая стоимость.

$NPV$  определяется как разность дисконтированных денежных потоков поступлений и платежей, производимых в процессе реализации инновационного проекта. Экономический смысл  $NPV$  можно представить как результат, получаемый немедленно после принятия решения об осуществлении инновационного проекта. Положительное значение  $NPV$  свидетельствует о целесообразности принятия решения о финансировании и реализации инновационного проекта, а при сравнении альтернативных вариантов экономически выгодным считается вариант с наибольшей величиной  $NPV$ .

Данные модели могут применяться в условиях индивидуального выбора при нечеткой исходной информации.

#### **Математическая модель рейтинговой оценки конкурентоспособности ИМП**

Модель базируется на основе метода расчета степеней предпочтения с учетом порога предпочтительной конкурентоспособности [1]. В модели приняты следующие допущения: существование определенного уровня компетентности экспертов; характеристика продукции  $p$  признаками; варьирование степени важности признаков (критериев) при присвоении данной продукции рейтинга между экспертами; предпочтение одного вида продукции другому, если его признаки по своей степени важности более близки к оценке экспертов.

Предполагается, что  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  – множество экспертов,  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_p\}$  – множество признаков (критериев) продукции и  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_m\}$  – множество видов продукции (альтернатив).

Алгоритм работы модели следующий:

- 1) ввод данных об альтернативах;
- 2) ввод сведений о признаках (критериях конкурентоспособности продукции);
- 3) формирование матрицы важности (весов) признаков экспертами;
- 4) формирование матрицы степеней совместимости видов продукции (альтернатив) с признаками;
- 5) расчет матрицы взвешенных степеней предпочтения продукции экспертами;
- 6) расчет порога предпочтительной конкурентоспособности продукции;
- 7) расчет и вывод рейтинговых оценок альтернатив.

Данную модель можно применить на всех этапах жизненного цикла ИМП, меняя систему критериев. На начальных стадиях (маркетинговые исследования, синтез идеи, НИОКР) используются следующие критерии:  $A_n$  – коэффициент актуальности решенной технической задачи;  $P_p$  – коэффициент соответствия решенной технической задачи программам важнейших работ научно-технического прогресса;  $C_3$  – коэффициент сложности технической задачи;  $M_n$  – коэффициент места использования решенной технической задачи;  $O_n$  – коэффициент объема использования решенной технической задачи;  $Ш_о$  – коэффициент широты охвата охраняемыми мероприятиями решенной технической задачи. На этапе производства, реализации, эксплуатации используются критерии, которые применялись в интегральной модели. Выявлено, что конкурентоспособность продукции на разных сегментах потребительского рынка является различной. Следовательно, производитель должен вначале осуществить правильную сегментацию потребительского рынка, а затем уже рассчитывать рейтинг продукции.

### **Взаимосвязь моделей принятия решений о конкурентоспособности ИМП**

Взаимосвязь моделей и критериев оценки ИМП представлены в таблице 1

Таблица 1

Взаимосвязь моделей и критериев оценки конкурентоспособности ИМП

Этап	Модель оценки конкурентоспособности инноваций	Критерии	Результат
Предварительный этап	Модель отбора экспертов на базе нечеткого логического вывода	Опытный исследователь, способность к экспертизе, интуиция, производственный стаж	Точечные и лингвистические оценки альтернатив
Маркетинговые	Модель потреби-	Технико-	Многофактор-

исследования	тельных предпочтений	экономические характеристики продукции (ТЭХ), предпочтения – требования (ПТ)	ные регрессионные зависимости ТЭХ от ПТ
Синтез идеи, НИОКР	Модель рейтинговой оценки конкурентоспособности ИМП	Аи, Пр, Сз, Ми, Ои, Ши	Рейтинг инновационной продукции
	Модель на основе метода попарных сравнений	Технические характеристики продукции	Нечеткие множества альтернатив различной степени конкурентоспособности: «низкая конкурентоспособность», «средняя конкурентоспособность», «высокая конкурентоспособность»
Производство, реализация, эксплуатация	Интегральная модель оценки конкурентоспособности ИМП	Зтр, Фп, Эп, Эс	Интегральный коэффициент конкурентоспособности
	2-я модификация интегральной модели оценки конкурентоспособности ИМП	NPV, Фп, Эп, Эс	
	Модель рейтинговой оценки конкурентоспособности ИМП	Зтр (NPV), Фп, Эп, Эс	Рейтинг инновационной продукции

### Заключение

Предложенная система моделей позволяет охватить все этапы жизненного цикла инноваций. Выходная информация оценки конкурентоспособности ИМП на начальных стадиях жизненного цикла становится входной информацией для оценки конкурентоспособности на последующих этапах жизненного цикла инновационной продукции. Существует возможность обработки качественной информации и преобразования ее в количественные оценки, что особенно важно на этапах синтеза идеи и маркетинговых исследований. ЛПР самостоятельно решает, в зависимости от текущей ситуации, на какие критерии стоит обратить внимание и включить в анализ.

### Список литературы

1. Григорьева А.А. Автоматизированный мониторинг конкурентоспособности инновационной машиностроительной продукции: монография / А.А. Григорьева, Г.О. Ташиян, А.П. Григорьева. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 231 с.
2. Григорьева А.А., Григорьева А.П. Модели оценки конкурентоспособности горношахтного оборудования на базе метода попарных сравнений // Горный аналитический информационный бюллетень, Изд. Горная книга, 2010. – С.221-227.
3. Григорьева А.П. Информационная система оценки инноваций с использованием аппарата теории нечетких множеств. Искусственный интеллект: философия, методология, инновации // Материалы IV Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых учёных. Ч. 2, г. Москва, МИРЭА, 10–12 ноября 2010 г. Под ред. Д.И. Дубровского и Е.А. Никитиной. – М.: Радио и Связь, 2010. – С. 10-12.
4. Осипов Ю.М. Показатель «значимость технического решения» имитационной модели АСУ конкурентоспособностью продукции // Автоматизация и современные технологии. – М., 1994. – № 3. – С.33-35.
5. Shavinina Larisa. The international handbook on innovation. – Pergamon, 2003. – 1200 p.

**Рецензенты:**

Мицель А.А., д.т.н., профессор, профессор кафедры АСУ, Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск.

Сапожков С.Б., д.т.н., заведующий кафедрой ЕНО, Юргинский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», г. Юрга.