

УДК 338.001.36

DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-128-138

УПРАВЛЕНИЕ УРОВНЕМ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКО-МНОЖЕСТВЕННОГО ИНСТРУМЕНТАРИЯ

MANAGEMENT OF INDUSTRIAL ENTERPRISE ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC SAFETY LEVEL WITH THE USE OF FUZZY-MULTIPLE INSTRUMENTATION



*А. В. Веретёхин, Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского, г. Симферополь
v_a_v_crimea@mail.ru*

A. Veretyokhin, V. I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol

Рассматриваются вопросы управления уровнем эколого-экономической безопасности (ЭЭБ) промышленного предприятия (ПП) в условиях высокой динамичности внешней среды с использованием моделирования на основе инструментария нечеткой логики. Уровень ЭЭБ – интегральный показатель, определяемый исходя из обширного набора факторов (социальных, экономических, экологических). При управлении сложными экономическими системами, такими как ЭЭБ ПП, важнейшими задачами являются сбор, систематизация, анализ и интерпретация данных, выработка рекомендаций по повышению уровня ЭЭБ ПП. В исследовании подобных систем, в особенности, существующих в условиях высокой динамичности внешней среды и недостатка актуальной информации, многие входные величины имеют вероятностную природу. В таких случаях наиболее качественные результаты дает применение нечетко-множественного аппарата. При построении авторской модели вычленены критические факторы и выработаны принципы формирования интегрального показателя уровня ЭЭБ ПП. В процессе разработки проблемы, в т.ч. при создании информационного базиса, использовались статистические данные и экспертные суждения. На основе 27 критических факторов сформирована система показателей и характеристик ЭЭБПП. Достигнут хороший коэффициент соотношения между значениями факторов: 60 % – расчетных, 40 % – экспертных. Нечеткая модель построена с использованием алгоритма Мамдани. Для обеспечения относительной простоты формирования и интерпретируемости базы знаний в проектировании применен иерархически-блочный метод. Модель, имеющая четыре иерархических уровня, реализована в системе компьютерного моделирования MathCad. Входные данные (на первом уровне) нормированы с учетом физико-экономической сущности фактора и вектора направленности показателя относительно величины ЭЭБ ПП. Обосновано использование изолиний поверхности нечеткого вывода для выбора предпочтительных управленческих сценариев, оценены эколого-экономические системы промышленных предприятий, проведен их сравнительный анализ. В результате вычленены наиболее уязвимые показатели для ЭЭБ конкретных крымских ПП, выработаны некоторые общие и индивидуальные рекомендации по повышению уровня их ЭЭБ, обоснована необходимость разносторонней государственной поддержки ПП

Ключевые слова: эколого-экономическая безопасность; промышленное предприятие; методы нечеткой логики; моделирование; инструментарий управления; эколого-экономический менеджмент; критические факторы; сравнительный анализ; алгоритм Мамдани; крымские машиностроительные предприятия

The author deals with the issues of industrial enterprise management for environmental and economic safety level in the high dynamicity conditions of the external environment. The level of industrial enterprise (IE) environmental and economic safety (EES) is an integral indicator which is determined on the basis of a wide range of factors (social, economic, environmental). The most important tasks are collection, systematization, analysis and interpretation of data, development of recommendations for raising of the IEEEES level in managing complex

systems such as economic and environmental security. Many input quantities are of a probabilistic nature in the study of such systems, in particular, existing in conditions of high dynamicity of the external environment and lack of relevant information. In such cases, the use of a fuzzy device gives the most qualitative results. In the constructed model the author has selected critical factors and worked out the principles for the formation of an integral indicator of the IEEEES level. During the development of the problem, including creation of an information basis, the author has used statistical data and expert judgments. The author has formed a system of indicators and characteristics of the IEEEES based on 27 critical factors. The coefficient of the ratio between the values of the factors is good. It is equal to 60 % (calculated) by 40 % (expert). The author has constructed a fuzzy model, using the Mamdani algorithm. To form the knowledge base the author has applied a hierarchical block method. The model which has 4 hierarchical levels is implemented in the MathCad computer simulation system. The author has selected the most vulnerable indicators for the IEEEES of specific Crimean enterprises. The conducted research provides some general and individual recommendations for improving the level of their IEEEES. The article provides justifications for the need of a multifaceted state support of enterprises

Key words: environmental and economic safety; industrial enterprise; methods of fuzzy logic; modeling; management tools; environmental and economic management; critical factors; comparative analysis; Mamdani algorithm; Crimean machine-building enterprises

Введение. Эколого-экономическая безопасность (ЭЭБ) промышленного предприятия (ПП) является одним из основных показателей эффективности деятельности компании. Это комплексная интегральная характеристика, зависящая от социальных, экономических и экологических факторов [4]. На практике управлять уровнем ЭЭБ очень сложно из-за динамичности внешней среды. В то же время, менеджеры могут строить политику компании только на основе объективной оценки фирмы. Этим объясняется популярность моделирования сложных экономических систем. В условиях неопределенности хорошо себя зарекомендовал нечетко-множественный аппарат [2]. Построенная на основе нечеткой логики модель оценки ЭЭБПП позволяет не только определить уровень безопасности компании, но выявить и всесторонне проанализировать критические для нее факторы. В результате полученная информация помогает менеджерам компании принимать обоснованные решения.

Целью настоящей работы является формирование эффективного инструментария управления уровнем ЭЭБПП на основе нечетко-множественной модели. Основные задачи – конструирование модели оценки ЭЭБПП; ее апробация на реальных данных; определение и анализ уровня ЭЭБ крымских предприятий.

Методология и методика исследования. В условиях высокой динамичности внешней среды и, как следствие, неопределенности, а также количественной и качественной неполноты исходной информации, моделирование ЭЭБПП может осуществляться на основе методов нечеткой логики в сочетании с экспертными оценками. Аппарат нечетких множеств является универсальным. Он хорошо себя зарекомендовал в системах с вероятностной природой разнородных входных величин. Кроме того, нечеткий инструментарий позволяет получить позитивные результаты в итеративном режиме уточнения непротиворечивой модели [10]. Хотя основой идентификации нечетких моделей являются данные наблюдений, однако, пока не представляется возможным исключить из этого процесса экспертов, которые принимают участие в выборе и определении входных параметров, нормальных функций для задания нечетких логических операций [7]. В нашем случае использованы 15 компетентных суждений. Для выработки согласованного мнения выбран подход, разработанный в информационных технологиях поддержки принятия решений в распределенных экспертных сетях, который реализован в виде замкнутого контура администрирования по принципу управления по отклонению [6]. В работе применяется нечеткая мо-

дель типа Мамдани, т.к. основной задачей исследования является извлечение знаний из данных. Несомненным достоинством таких моделей по сравнению с другими (например, Такаги-Сугено, сингтон) является их понятность и интерпретируемость. Информационно-эмпирическая база исследования формировалась на основе данных Федеральной службы государственной статистики и ее территориальных подразделений, министерств Республики Крым: экономического развития и промышленной политики, экологии и природных ресурсов, а также органов местного самоуправления, промышленных предприятий, материалов исследований отечественных и зарубежных ученых, оценок экспертов. В нашем случае для факторов соотношение значений расчетных и экспертных составляет: 60 на 40 %. Это считается хорошим показателем, т.к. допустимым с точки зрения существующей практики в подобных системах является даже 50 на 50 %.

В авторской модели ЭЭБПП определяется интегральным показателем (R), который дает количественную оценку уровня безопасности предприятия в зависимости от влияния 27 разнообразных факторов (X_i , $i = 1 \div 27$): количество загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу в процессе деятельности предприятия (X_1), объемы отходов производства и потребления, образующихся на основных и обеспечивающих стадиях технологических процессов (X_2), масса загрязняющих веществ в сбрасываемых предприятием сточных водах (X_3), обеспеченность местными природными ресурсами (X_4), доступность внешних сырьевых ресурсов (X_5), доступность финансовых ресурсов (X_6), трудовые ресурсы (X_7), законодательная база РФ (X_8), политико-правовая стабильность (X_9), международное законодательство (X_{10}), рынок (доля рынка, маркетинг и сбыт) (X_{11}), ресурсо- и энергоемкость (X_{12}), инновационность (X_{13}), безопасность продукции в течение жизненного цикла (X_{14}), уровень безотходности (X_{15}), ресурсосбережение (X_{16}), экологическая безопасность технологий (X_{17}), профессиональный состав

кадров (X_{18}), средний уровень зарплаты (X_{19}), текучесть кадров (X_{20}), материальные активы (X_{21}), нематериальные активы (X_{22}), затраты на природоохранные мероприятия (X_{23}), доля НИОКР (X_{24}), эффективность системы экологического управления (X_{25}), условия труда (X_{26}), защита информации (X_{27}). Все перечисленные показатели, как наиболее значимые для ЭЭБПП, выбраны в результате исследований крымских предприятий. В выборке учтено мнение экспертного сообщества. Факторы образуют полную систему актуальных угроз ЭЭБПП. Она отвечает требованиям компактности, измеримости, специфичности. Показатели ЭЭБПП сгруппированы по четырем уровням иерархии (рис. 1). При этом система содержит множества: классы (K_i , $i = 1, 2$), подклассы (Z_i , $i = 1 \div 6$), группы (Y_i , $i = 1 \div 4$), входные данные (X_i , $i = 1 \div 27$). Для каждого из них строились нечеткие множества термов: {низкий, средний, высокий}. Здесь использовался классический подход [11]. Шкала градации выходной переменной R – пятиуровневая, содержащая значения: «низкий», «ниже среднего», «средний», «выше среднего», «высокий». Функции принадлежности задавались трапецеидальными на универсумах $A = [0, 1]$. Вид функции определялся исходя из простоты ее вычисления, возможности интерполяции других представлений, а также практических данных, согласно которым объекты управления обладают поведением, близким к линейному на небольших интервалах значений входных и выходных переменных [9].

При проектировании применялись иерархически-блочный метод и классический алгоритм Мамдани. Последний в предложенной модели используется 13 раз. Алгоритм системы нечеткого логического вывода для каждого блока в иерархии входных данных идентичен и представляет собой последовательное выполнение известных операций: фаззификация входных данных, аккумуляция, агрегирование, дефаззификация. Четкое значение выходной переменной вычислялось по методу центра тяжести [3].

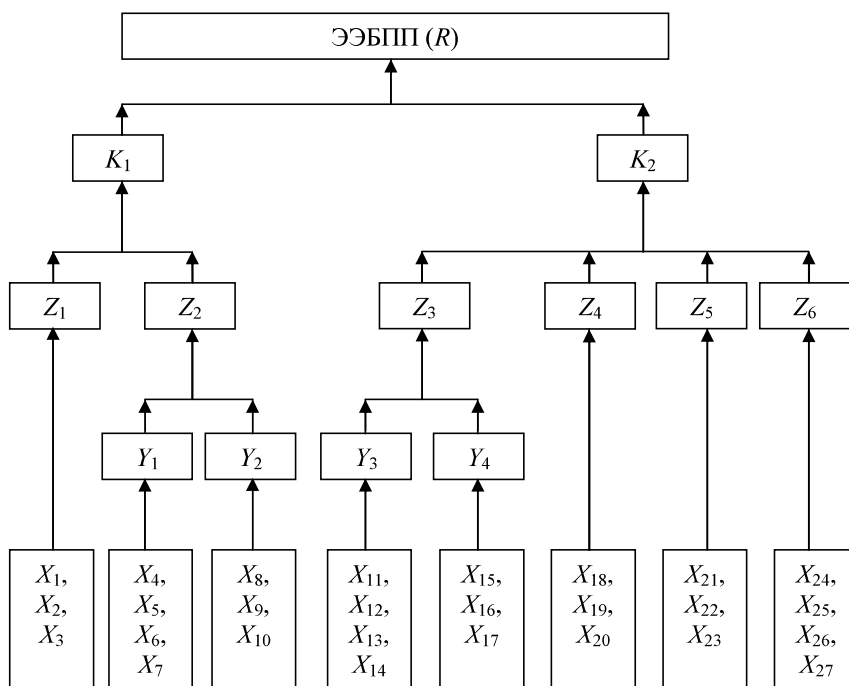


Рис. 1. Система показателей и характеристик ЭЭБПП
 Fig. 1. System of indicators and characteristics of EEBPP

Базы знаний построены с учетом эмпирических мнений экспертов исходя из принципа полноты на определенном упорядочивании кортежей посылок с применением лексикографического метода. Сведения об уровнях значений показателей представлены в виде правил нечетких продукций, количество которых варьирует от 9 до 81 в зависимости от числа входных данных в соответствующий алгоритмический блок.

Модель реализована в системе компьютерного моделирования MathCad.

На первом этапе моделирования выполняется нормирование входных данных, которое проводится с учетом физико-экономической сущности фактора. Это позволяет корректно преобразовать исходную информацию в значения, принадлежащие отрезку $[0,1]$. В качестве примера рассмотрим показатель X_1 , который определяет количество поступлений в атмосферный воздух вредных (загрязняющих) веществ от стационарных и нестационарных источников загрязнения, обусловленных деятельностью предприятия. Вычисления проводятся для каждого источника загрязнения (j)

по каждому загрязнителю (i) по данным статистической отчетности предприятия (Форма № 2-ТП (воздух))

$$X_1 = 1 - X_{1,ф}, \tag{1}$$

где $X_{1,ф} = \max_{i,j} B_i^j$,

$$B_i^j = \begin{cases} \frac{1}{2} \frac{\theta_i^j}{\theta_{0,i}^j}, & \theta_i^j < \theta_{0,i}^j \\ \frac{2\theta_i^j - \theta_{0,i}^j}{2\theta_i^j}, & \theta_i^j \geq \theta_{0,i}^j \end{cases},$$

θ_i^j – количество всего выброшенного в атмосферу i -го загрязнителя за год для j -го источника загрязнения, т.;

$\theta_{0,i}^j$ – ПДВ (предельно допустимые выбросы) i -го загрязнителя для j -го источника загрязнения, т.

Формулы нормирования сконструированы автором для каждого фактора с учетом вектора направленности показателя относительно величины ЭЭБПП.

В алгоритмических блоках первого уровня иерархии входных данных вычисляются четкие значения групп: Y_1 (ресурсная база), Y_2 (политико-правовая среда), Y_3 (продукция), Y_4 (технологии и

техника). Затем определяются подклассы ($Z_i, i = 1 \div 6$), и далее – классы ($K_i, i = 1, 2$). В блоках Z_i устанавливаются четкие числа: воздействие предприятия на ОС (Z_1), воздействие ОС на деятельность предприятия (Z_2); подсистем: производственная (Z_3), кадровая (Z_4), финансовая (Z_5), организационная (Z_6). На четвертом наивысшем уровне иерархии вычисляется значение интегрального показателя R (ЭЭБПП) как функции двух переменных: K_1 (внешняя ЭЭБ) и K_2 (внутренняя ЭЭБ).

На этапе отладки в построенную модель последовательно вносились возмущения входных данных. Реакция программного продукта полностью соответствовала ожидаемому с точки зрения практики результату. Расчеты проводились в разных компьютерных системах моделирования: MATLAB (Fuzzy Logic) и Mathcad. Отличия находились в пределах допустимой погрешности

(менее 1 %). Дополнительно по реальным данным проведена проверка адекватности построенной модели. Использовалась информация предприятий крымского полуострова. Обнаружена прямая зависимость величины ЭЭБПП от значений входных данных и их изменений. Результаты расчетов полностью совпали с мнением экспертного сообщества. Таким образом, численные эксперименты показали возможность применения модели для определения ЭЭБПП. Кроме того изолинии поверхности нечеткого вывода четвертого уровня иерархии ($R = f(K_1, K_2)$) соответствуют классической логистической S-образной кривой, что полностью соответствует теории, и, следовательно, также может рассматриваться как факт, подтверждающий целесообразность практического применения авторской модели (рис. 2, 3).

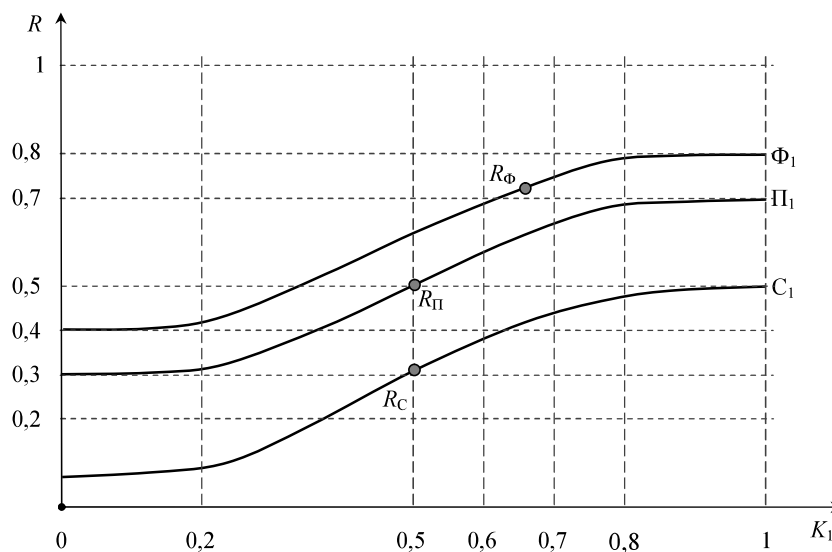


Рис. 2. Изолинии $K_2 = \text{const}$ поверхности вывода $R = f(K_1, K_2)$: $K_2=0,718 (\Phi_1)$, $K_2=0,5 (\Pi_1)$, $K_2=0,215 (C_1)$
 Fig. 2. Surface $R = f(K_1, K_2)$ isolines $K_2 = \text{const}$: $K_2=0,718 (\Phi_1)$, $K_2=0,5 (\Pi_1)$, $K_2=0,215 (C_1)$

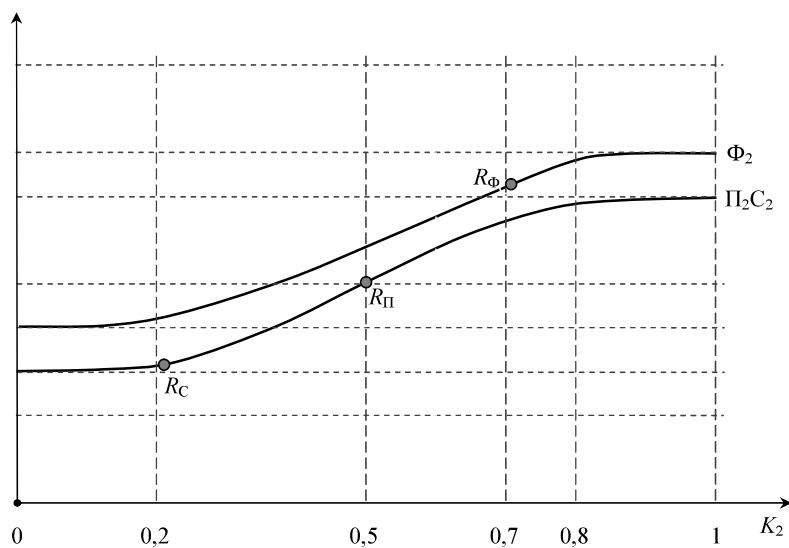


Рис. 3. Изолинии $K_1 = \text{const}$ поверхности вывода $R = f(K_1, K_2)$: $K_1 = 0,653$ (Φ_2), $K_1 = 0,5$ ($\Pi_2 C_2$)

Fig. 3. Surface $R = f(K_1, K_2)$ isolines $K_1 = \text{const}$: $K_1 = 0,653$ (Φ_2), $K_1 = 0,5$ ($\Pi_2 C_2$)

Обсуждение полученных результатов. Уровень ЭБПП является интегральным показателем, определяется значениями входных данных и соответственно их изменениями, возникшими как под влиянием независимых от компании явлений, так и в процессе целенаправленной деятельности менеджеров предприятия. Практический интерес для принятия обоснованного решения руководителем имеет результат оценивания по уровням иерархии. В предложенной модели внешняя (K_1) и внутренняя (K_2) ЭБ равноправны, т.е. оказывают равноценное влияние на ЭБПП (R). Иными словами, менеджеры должны постоянно проводить мониторинг величин K_1 , K_2 и уделять внимание больше той, которая имеет для компании в текущий момент решающее значение. Как показали результаты численного эксперимента, поведение $R = f(K_1, K_2)$ в пространстве описывается логистической функцией с областями замедленного роста по каждой переменной K_1 и K_2 : $[0; 0,2)$, $(0,8; 1]$, и точкой перелома — 0,5. Таким образом, выявлены критические интервалы, в которых $R(K_1, K_2)$ меняется незначительно при изменении K_1 и K_2 ($R(K_1, K_2) \approx \text{const}$), т.е. увеличение компанией значений вну-

тренней и/или внешней ЭБ не приводят к существенному росту уровня ЭБПП. В то же время вне критических областей даже незначительный рост внутренней/внешней ЭБ предприятия приводит к увеличению его ЭБПП. Изолинии, представленные на рис. 2 и 3, позволяют менеджерам компаний принимать обоснованные решения по укреплению уровня ЭБПП. Как видно из них, если величина внутренней/внешней ЭБ достигла значения, близкого к 0,8, то нет смысла направлять ресурсы компании на дальнейший рост этой переменной, т.к. ее максимально возможное влияние на ЭБПП уже достигнуто и ее дальнейшее увеличение не приведет к ожидаемому росту уровня ЭБПП. Следовательно, все усилия компании должны быть направлены на другую переменную. Для предприятий, которые по K_1 и/или K_2 оказались в критическом интервале $[0; 0,2)$, при прочих равных условиях менеджеры должны выбирать кратчайший путь к границе проблемной области, если хотят, чтобы усилия по укреплению уровня безопасности сразу отображались на результирующей ЭБПП, т.е. для достижения эффекта в краткосрочный период. Например, если для фирмы $K_1 = 0,15$; $K_2 = 0,1$ и затраты на увеличе-

ние значений каждой из них на 0,05 равноценны, то предпочтение надо отдать K_1 , т.к. в этом случае граница критического интервала по K_1 компанией преодолевается, и уровень ЭЭБПН начинает реагировать на усилия предприятия и увеличивается. Точка перехода 0,5 как для R , так и для некоторых переменных модели интересна тем, что форсирование ее и, тем более, продолжение роста значения соответствующего параметра требует от компании, как правило, больших ресурсов на единицу роста, чем до нее. Это утверждение, иллюстрируется правилами определения и нормирования величин входных факторов X_i , $i = 1, 2, 3, 19$. Например, $X_1 = 0,5$ в формуле (1) означает, что в атмосферный воздух поступают загрязнители от деятельности предприятия в количествах, равных предельно допустимым. Разрешение на выбросы вредных веществ (за исключением радиоактивных) на территории Республики Крым, выдает региональное министерство экологии и природных ресурсов [5]. ПДВ утверждаются исходя из обоснованной «нормальной» работы компании по существующим у нее технологическим процессам. Иными словами, увеличение значения X_1 требует от фирмы выполнить хотя бы минимальную модернизацию имеющихся либо производств, либо системы очистки для увеличения ее качества. Проведение, как первого, так и второго требует существенных ресурсов от компании, т.к., согласно статистическим данным, в среднем по промышленности Крыма износ основных фондов составляет 71,7 % [8. С. 111]. В то же время, если у фирмы достаточно средств, то, например, переход предприятия на современную новую для него технологию, хотя и предполагает затраты, а также изменение/ужесточение норм ПДВ, однако выгоды компания получает гораздо большие, чем при обычной модернизации морально и физически устаревшего оборудования, которое все равно рано или поздно придется заменять. Помимо прочего, внедрение прогрессивных технико-технологических процессов ведет к существенному улучшению, по меньшей мере, показателей «Производственная под-

система (Z_3)», «Финансовая подсистема (Z_5)», возможно, «Кадровая подсистема (Z_4)» и др. Таким образом, достижение точки перелома является для топ-менеджмента дополнительно еще и сигналом о необходимости принятия кардинального решения о переходе на новый более высокий уровень развития или, по крайней мере, о разработке и уточнению стратегических планов по росту компании.

Предложенная модель использована при проведении анализа деятельности крупных крымских машиностроительных предприятий: АО «Завод «Фиолент», АО «Пневматика», ПАО «Завод «Симферопольсельмаш». Оценки уровня ЭЭБПН этих компаний были определены со степенью истинности 1, они соответственно составили: $R_{\Phi} = 0,7$; $R_{\Pi} = 0,5$; $R_{\text{С}} = 0,3$ (рис. 2, 3). Таким образом, только ПАО «Завод «Симферопольсельмаш» может укрепить свой уровень безопасности без относительно высоких абсолютных затрат, т.к. значение R принадлежит отрезку $[0,2; 0,5)$, который является наилучшим сегментом с точки зрения соотношения роста R и требуемых для этого ресурсов. В тоже время величины внешней и внутренней ЭЭБ для этой компании ($K_1 = 0,5$; $K_2 = 0,215$) показывают, что руководители должны обратить особое внимание на подсистемы: кадровая, организационная, финансовая, производственная. Последние перечислены по степени угрозы деятельности компании, а число, отвечающее кадровой подсистеме, вообще находится в критической области ($Z_4 = 0,156$). Значение $R = 0,3$ по принятой в работе шкале соответствует нечеткой величине «ниже среднего», которое характеризует низкий уровень сбалансированности показателей составляющих эколого-экономической безопасности. Предприятие слабо противостоит отрицательному воздействию угроз, так как условия и факторы, которые способствуют жизнеспособности организации, имеют незначительное противодействие. Фирма должна провести детальный анализ причин низкого уровня обобщенных оценок ключевых показателей, на основе которого раз-

работать и реализовать план по внедрению конкретных мероприятий для оперативного повышения уровня эколого-экономической безопасности.

АО «Пневматика» находится в точке перелома по R и значение 0,5 имеет почти по всем классам, подклассам и группам. Исключения составляют только Z_1 (0,531), Z_6 (0,696) и Y_2 (0,624). Для компании добиться укрепления безопасности сложно, т.к. для этого требуются значительные затраты с точки зрения имеющихся возможностей фирмы. Ее «средний» уровень ЭЭБПП означает, что сбалансированность показателей, составляющих систему эколого-экономической безопасности, является условно достаточной и необходимой. Предприятие имеет ограниченные возможности противостоять отрицательному влиянию угроз. Следовательно, руководство должно осуществлять жесткие корректирующие ограничения с целью создания благоприятных условий жизнеспособности организации и охраны природно-ресурсного потенциала ОС. Предприятию необходимо провести дополнительный анализ полученных по модели обобщенных оценок показателей с целью выбора направления развития фирмы и разработать тактический план мероприятий по повышению уровня эколого-экономической безопасности.

Наиболее высокий уровень ЭЭБ имеет АО «Завод «Фиолент» (0,7). Четкие значения по всем классам, подклассам и группам находятся в интервале от 0,5 (Y_4) до 0,844 (Z_2), а для показателей X_i , $i = 1 \div 27$, хотя и наблюдается некоторый разброс данных (от 0,33 до 0,97), все-таки свыше 0,5 составляют 89 % от их общего числа. Среди факторов наименьшие величины имеют X_{19} (0,33), X_{12} (0,44), X_1 (0,456). Расчеты показали, что увеличение, например, X_{19} до среднего значения по отрасли в РФ (0,5), т.е. на 51,5 % поднимет R до 0,746 (на 6,6 %). Для АО «Завод «Фиолент» это самый большой возможный рост ЭЭБ, обусловленный уровнем развития предприятия и реально-допустимой положительной динамикой любого одного из входных параметров модели. Величина R близка к кри-

тической области. Уровень безопасности предприятия – «выше среднего», т.е. имеет место запас прочности сбалансированности показателей, составляющих систему эколого-экономической безопасности. Компания в состоянии противостоять отрицательному влиянию существующих угроз, однако не является лишним разработку и проведение упреждающих действий. Рекомендуется выполнить анализ полученных по модели оценок показателей с целью разработки плана перехода фирмы на новый уровень развития. В случае недостатка для намеченной задачи средств необходимо создание и осуществление перечня мероприятий, поддерживающих достигнутый уровень безопасности на кратко- и среднесрочную перспективу, осуществляя при этом накопление ресурсов для реализации стратегической цели развития компании.

Сравнительный анализ выбранных предприятий показал общие для них проблемы. Это, прежде всего, технико-технологические и социальные. У всех компаний средний уровень зарплаты (X_{19}) имеет минимальное значение из всех входных параметров модели (X_i , $i = 1 \div 27$) и значительно меньше среднего по отрасли в РФ (0,5). Это отрицательно влияет на кадровую подсистему предприятия и значительно снижает оценку его уровня ЭЭБ. В то же время X_{19} можно считать критическим только для ПАО «Завод «Симферопольсельмаш» (0,06), у двух других компаний его значение соответствует среднему по Крыму. Более сложные для решения проблемы содержатся в производственной подсистеме предприятий (подкласс Z_4) и особенно в группе Y_4 (технологии и техника). Все компании в настоящее время находятся на стадии деятельности, когда их руководители должны и обязаны принимать стратегические решения по развитию. Это связано с тем, что все крымские предприятия в существующих условиях хозяйствования вынуждены осваивать новые для себя рынки и виды продукции, а следовательно, им нужны оборудование и технологии, позволяющие это сделать. Кроме того, изучаемые предприятия имеют такой уровень ЭЭБ,

когда дальнейшее развитие затруднительно или вообще невозможно без кардинальных нововведений, требующих больших затрат. Исходя из построенной модели по определению ЭЭБПП, компаниям существенные ресурсы требуются для выхода из критической области, преодоления точки перелома, укрепления уровня R при приближении к границе верхней критической области. Две из этих ситуаций наблюдаются в исследуемых организациях. Вторая присуща АО «Пневматика» ($R = 0,5$; $K_1 = K_2 = 0,5$), а третья – АО «Завод «Фиолент» ($R = 0,7$). У ПАО «Завод «Симферопольсельмаш» ($R = 0,3$) есть потенциал укрепления ЭЭБ даже при относительно малом росте входных параметров, т.е. небольших затратах. Однако низкое значение показателя «Технологии и техника» ($Y_4 = 0,165$) рано или поздно потребует исправления ситуации с ним, а следовательно, значительных вложений, которые эффективнее сделать в новое, чем совершенствовать устаревшее, да еще с высоким уровнем износа. Таким образом, все три предприятия в ближайшем будущем должны предусмотреть возможность перехода на новое современное оборудование, а лучше – технологии и технику. Развитие на имеющихся технологических платформах практически исчерпано. Конечно, для осуществления полновесных кардинальных изменений нужны значительные средства, которых у многих региональных компаний нет. В нашем случае все три предприятия стеснены в ресурсах для проведения крупномасштабного технического перевооружения, но особенно недостаток испытывают АО «Пневматика» и ПАО «Завод «Симферопольсельмаш». Одним из направлений решения системной финансовой проблемы крымских производств могут выступать государственные программы развития отрасли, региона, предприятий [1].

Выводы. Таким образом, в настоящей работе построена четырехуровневая модель оценки ЭЭБПП на платформе алгоритма нечеткого вывода Мамдани. Программно она реализована в среде Mathcad. Для трех крымских предприятий с использованием авторской модели определены значения

ЭЭБ, найдены и проанализированы критические факторы. Выявлены основные сложности региональных производственных компаний. Показано, что для решения проблем руководителям необходимо провести кардинальные изменения, связанные с политикой фирм по стимулированию сотрудников, и, особенно, в технико-технологической базе производств. Компании смогут более успешно выполнить техническое обновление при действенной государственной поддержке. Крымские индустриальные предприятия нуждаются не только в прямых финансовых вливаниях. Без них сложно обойтись на данном этапе, но таким образом решаются только текущие задачи частичного переоснащения ПП и поднятия их технологического уровня. Более масштабные насущные задачи (решение социальных вопросов, крупные инвестиционные проекты, опережающее инновационное развитие) требуют постоянного участия компетентных организаций. Стратегическое развитие операторов крымской промышленности в целом, и машиностроения в частности, во многом зависит от эффективности действий местных и вышестоящих органов власти при формировании привлекательного инвестиционного климата, их оперативности в сфере развития современной инфраструктуры региона. Для бесперебойной ритмичной работы ПП требуется модернизация и повышение пропускной способности дорожной сети, обеспечение стабильной транспортной связи с материковой частью страны за счет обустройства мостового перехода и т.д. Кроме того, интеграция крымских ПП в изменившееся правовое и экономическое поле, освоение новых рынков сбыта и сырья подразумевают помощь госструктур в виде информационной и законодательской поддержки. Всё это, наряду с управленческой реструктуризацией ПП, позволит в кратчайшие сроки избавиться от основных системных недостатков, нивелировать действие отрицательных факторов, упредить потенциальные угрозы. В конечном счете, это приведет к повышению уровня ЭЭБ компаний и тем самым обеспечит их стабильное развитие.

Список литературы

1. Бабкин И. А. Особенности государственно-частного партнерства в промышленности // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2016. Т. 22. № 10. С. 89–97.
2. Веретёхин А. В. Анализ актуальных методов оценки эколого-экономической безопасности предприятия // Вестник Пермского университета. Сер.: Экономика. 2016. № 2 (29). С. 169–178.
3. Денисов А. И, Древе Ю. Г., Сводцев А. К. Применение методов нечёткой логики для построения критериев эффективности сложных систем // Актуальные проблемы технических наук в России и за рубежом: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. Т. 2. Новосибирск: ИЦРОН, 2016. С.157–159.
4. Массеров Д. А., Кирюшин А. В., Кустов М. В. Роль экологической безопасности в устойчивом развитии России // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2016. Т. 22. № 7. С. 124–131.
5. Министерство экологии и природных ресурсов Республики Крым. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.meco.rk.gov.ru/rus/index.htm/news/326784.htm> (дата обращения: 20.04.2017).
6. Подвесовский А. Г., Михалева О. А., Козлов Е. А., Вершинин А. А. Математические модели и информационные технологии поддержки принятия решений в распределенных экспертных сетях // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2016. № 2 (12). С. 134–146.
7. Рогачев А. Ф., Федорова Я. В. Нечеткое моделирование эколого-экономических систем // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5. С. 317.
8. Статистический ежегодник Республики Крым. 2015: Стат.сб. Симферополь.: Крымстат-Симферополь, 2016. 218 с.
9. Терелянский П. В., Костикова А. В. Разработка методики построения динамических нечетких моделей для оценки качества жизни населения // Аудит и финансовый анализ. 2013. № 4. С.449–460.
10. Токарев К. Е. Инструментальное обеспечение процедур принятия решений для обоснования параметров безопасности эколого-экономических систем // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 9. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.web.snauka.ru/issues/2015/09/57860> (дата обращения: 20.04.2017).
11. Bellman R. E., Zadeh L. A. Decision making in a fuzzy environment // *Management Science*, 1970, no. 17, pp. 141–164.

References

1. Babkin I. A. *Vestn. Zab. Gos. Univ.* (Transbaikal State University Journal), 2016, vol. 22, no. 10, pp. 89–97.
2. Veretyokhin A. V. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika.* (Bulletin of the Perm University. Series: Economy), 2016, no. 2 (29), pp. 169–178.
3. Denisov A. I, Dreves Yu. G., Svodtsev A. K. Aktualnye problemy tekhnicheskikh nauk v Rossii i za rubezhom (Actual problems of engineering in Russia and abroad): Collected scientific. art. of the Int. scientific-practical. conf. Novosibirsk, ITSRON, 2016, vol. 2, pp. 157–159.
5. *Ministerstvo ekologii i prirodnykh resursov Respubliki Krym* (Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Crimea) Available at: <http://www.meco.rk.gov.ru/rus/index.htm/news/326784.htm> (Date of access: 20.04.2017).
6. Podvesovsky A. G., Mikhaleva O. A., Kozlov E. A., Vershinin A. A. *Sovremennye informatsionnye tekhnologii i IT-obrazovanie* (Modern information technologies and IT education), 2016, no. 2 (12), pp. 134–146.
7. Rogachev A. F., Fedorova Ya. V. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia* (Modern problems of science and education), 2014, no. 5, pp. 317.
8. *Statisticheskii ezhegodnik Respubliki Krym. 2015* [Statistical Yearbook of the Republic of Crimea. 2015]. Simferopol: Krymstat-Simferopol, 2016. 218 p.
9. Terelyansky P. V., Kostikova A. V. *Audit i finansovyi analiz* (Audit and financial analysis), 2013, no. 4, pp. 449–460.
10. Tokarev K. E. *Sovremennye nauchnye issledovaniia i innovatsii* (Modern scientific research and innovations), 2015, no. 9 Available at: <http://www.web.snauka.ru/issues/2015/09/57860> (Date of access: 20.04.2017).
11. Bellman R. E., Zadeh L. A. *Management Science* (Management Science), 1970, no. 17, pp. 141–164.

Коротко об авторе

Briefly about the author

Веретёхин Андрей Васильевич, ст. преподаватель кафедры «Реклама и издательское дело», Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского, Таврическая академия, г. Симферополь, Россия. Область научных интересов: экономическая и экологическая безопасность, менеджмент предприятия
v_a_v_crimea@mail.ru

Andrey Veretyokhin, senior lecturer, Advertising and Publishing Business department, Vernadsky Crimean Federal University, Tavricheskaya Academy, Simferopol, Russia. Sphere of scientific interests: economic and environmental safety, enterprise management

Образец цитирования

Веретёхин А. В. Управление уровнем эколого-экономической безопасности промышленного предприятия с применением нечетко-множественного инструментария // Вестн. Забайкал. гос. ун-та. 2017. Т. 23. № 6. С. 128–138. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-128-138.

Veretyokhin A. Management of industrial enterprise environmental and economic safety level with the use of fuzzy-multiple instrumentation // Transbaikal State University Journal, 2017, vol. 23, no. 6, pp. 128–138. DOI: 10.21209/2227-9245-2017-23-6-128-138.

Дата поступления статьи: 24.05.2017 г.
Дата опубликования статьи: 30.06.2017 г.

