

УДК [338.5:621.64+504]:005.334

МОДЕЛИ И АЛГОРИТМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ И ОЦЕНКИ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ

И. А. Лакман¹, И. Ю. Гареева², Д. М. Курбангалеева³, А. И. Агадуллина⁴

¹lackmanIA@mail.ru, ²inna_gareeva@mail.ru, ³dina.kurbangaleeva@gmail.com, ⁴aygul.agadullina@gmail.com

^{1,4} ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

² ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» (УГНТУ)

³ «ОАО "Уралсиб"»

Поступила в редакцию 22.04.2013

Аннотация. Рассмотрены основные вопросы анализа, оценки и управления эколого-экономическими рисками предприятия при транспортировке природного газа. Рассмотрен риск возникновения аварий на магистральных газопроводах и компрессорных станциях. Предложены следующие модели и подходы для этапов риск-анализа: дерево отказов и логико-вероятностный метод для идентификации рисков, независимые бинарные модели для оценки вероятности возникновения дефектов, обобщенное распределение Парето для оценки потенциального ущерба, а также расчета капитала, необходимого для покрытия возможных крупных потерь.

Ключевые слова: система управления эколого-экономическими рисками; вероятность возникновения дефектов; катастрофические риски; обобщенное распределение Парето; капитал покрытия.

ВВЕДЕНИЕ

Одной из основ производственного процесса является обеспечение надежного и безаварийного функционирования всех элементов производственной системы.

Магистральные газопроводы (МГ) содержат в себе высокую потенциальную опасность развития крупномасштабных аварий, что объясняется увеличением диаметра труб и рабочего давления в них, ростом плотности трубопроводных систем в густонаселенных областях, износом основных фондов. Аварии на МГ вынуждают собственников газопроводов нести значительные убытки в связи с потерей газа, материальными издержками на ликвидацию последствий аварии, загрязнением окружающей среды, человеческими жертвами.

Предприятие, занимающееся транспортировкой природного газа посредством магистральных газопроводов (МГ), сталкивается с риском возникновения аварий не только на МГ, но и на компрессорных станциях (КС), обеспечивающих поддержание необходимого рабочего давления в газопроводах.

В связи с этим анализ, оценка и выбор эффективных методов управления эколого-экономическими рисками (ЭЭР) является важным направлением деятельности предприятия

не только по снижению затрат, но и в целях предотвращения аварий в будущем [1].

В России вопросам анализа и оценки риска промышленных аварий посвящены исследования известных отечественных ученых, в их числе: М. В. Бесчастнов, Н. И. Бурдаков, А. Н. Елохин, В. А. Легасов, М. В. Лисанов, В. Ф. Мартынюк, В. Маршалл, Н. А. Махутов, Б. Е. Прусенко, В. С. Сафонов, А. Д. Седых, В. И. Сидоров, Н. П. Тихомиров, А. Н. Черноплеков, А. А. Швыряев, другие ученые и специалисты. Однако рассмотрению катастрофических рисков при транспортировке природного газа посредством МГ с целью планирования ремонтных и диагностических работ уделялось недостаточно внимания.

Таким образом, перед предприятием возникает необходимость создания системы, позволяющей анализировать, оценивать и управлять рисками. В соответствии с данной проблемой была определена задача исследования: разработка математического обеспечения системы управления эколого-экономическими рисками ЭЭР (СУЭЭР) предприятия при транспортировке природного газа.

В нашем случае при создании СУЭЭР перед предприятием стоят следующие подзадачи:

1. Идентифицировать источники опасностей и определить спектр возможных нежелательных событий на МГ.

2. Проанализировать и оценить ЭЭР.
 3. Выбрать и реализовать способ управления ЭЭР;
 4. Оценить результаты исследования.
- Риск-анализ осуществлялся в три традиционных этапа.

1. ИДЕНТИФИКАЦИЯ РИСКОВ

На этапе идентификации рисков были использованы следующие методы: дерево отказов; логико-вероятностный метод (ЛВМ).

Для построения причинно-следственных связей отказов на МГ «дерево отказов» является одним из наиболее эффективных методов идентификации, благодаря возможности отслеживания с его помощью сценариев развития неблагоприятных событий (НС), выявления зависимостей между ними, определения возможных причин возникновения аварийной ситуации на МГ.

С помощью дерева отказов была построена упрощенная схема реализации НС – аварии на МГ (рис. 1).

ЛВМ является одним из наиболее распространенных методов оценки вероятности НС.

В качестве инициирующих условий и событий выступают отказы одного или нескольких элементов системы. Каждому элементу системы ставится в соответствие логическая переменная x_k с двумя возможными состояниями (например, работоспособности/отказа, готовности/неготовности и т.п.) с заданными вероятностными параметрами этих состояний p_k и $q_k = 1 - p_k$. Сценарий является основой для составления логической функции или функции алгебры логики (ФАЛ), описывающей опасное состояние системы. Следующим шагом является преобра-

зование ФАЛ к вероятностной функции, которая в дальнейшем используется для получения количественной оценки вероятности реализации опасного состояния [2, 3].

Таким образом, в соответствие с построенной схемой реализации отказа на МГ (рис. 1), при условии наличия вероятностей всех инициирующих событий (1–10), можно оценить вероятность аварии на МГ:

$$P(A) = 1 - (1 - p_1)(1 - p_2) \times \dots \times (1 - p_{10}). \quad (1)$$

2. ОЦЕНКА РИСКА

На этапе оценки риска применяются следующие стандартные методы: статистические, аналитические, экспертные, методы имитационного моделирования. Также можно воспользоваться методами: Монте-Карло, ветвящиеся процессы, байесовские сети доверия, ROC-анализ, частотная логика и др. [4, 5].

Для оценки вероятности неблагоприятного события были построены независимые бинарные модели, оценка ущерба проводилась с помощью обобщенного распределения Парето (GPD).

2.1. Оценка вероятности неблагоприятного события

Исходными данными для моделирования вероятности возникновения дефекта послужили результаты мониторинга технического состояния элементов трубопроводной обвязки (труба, тройник, отвод, сварные соединения) 13 КС различных регионов РФ в 2010 г. (более 1400 наблюдений по каждому типу дефектов: расклевывание, коррозия, технологический и ме-

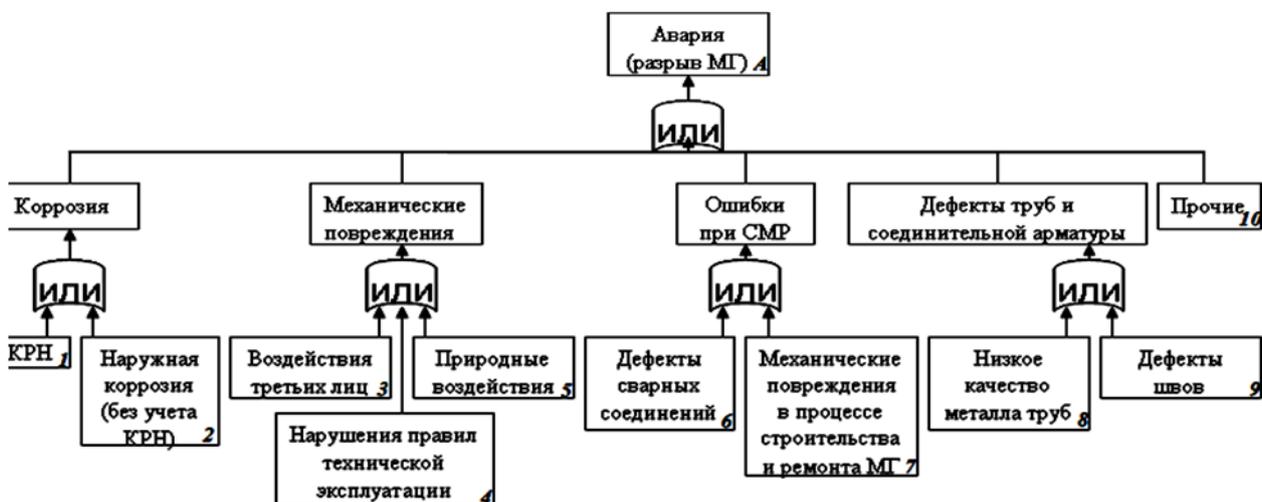


Рис. 1. Дерево отказов для МГ

ханический). Кроме того, были обработаны данные по основным характеристикам элементов коммуникаций (диаметр, давление, предел прочности, кислотность почвы, средняя летняя температура, средняя зимняя температура).

В качестве моделей оценки вероятностей возникновения дефектов на различных элементах КС были использованы независимые бинарные модели (Logit, Probit, Gompit) [4, 6].

Общий вид моделей для каждого типа дефекта по каждому элементу трубопроводной обвязки КС может быть записан в виде:

$$y_i = b_1 x_{1i} + b_2 x_{2i} + b_3 x_{3i} + b_4 x_{4i} + b_5 x_{5i} + b_6 x_{6i} + \varepsilon_i, (2)$$

где y_i – результирующий показатель, $i = \overline{1, k}$ – номер наблюдения, $X = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{6i})$ – значения объясняющих переменных в i -м наблюдении, $B = (b_1, b_2, \dots, b_6)$ – вектор коэффициентов регрессии, ε_i – случайная ошибка. Зависимая переменная принимает значения:

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если дефект обнаружен} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

В качестве объясняющих переменных рассматривались: x_{1i} – диаметр (diam) (мм), x_{2i} – давление (davl) (МПа), x_{3i} – предел прочности (prochn) (МПа), x_{4i} – кислотность почвы (ph_pochva) (рН), x_{5i} и x_{6i} – соответственно средняя летняя (sr_t_let) и средняя зимняя (sr_t_zim) температуры на территории расположения КС (°С).¹

Оценивание параметров моделей производилось с помощью метода максимального правдоподобия в ППП EViews 7.

Выбор наилучшей модели (Logit, Probit или Gompit) производился на основании минимальных значений информационных критериев Акайке (AIC), Шварца (SC) и Хеннана–Куинна (HQ). Результаты приведены в табл. 1.

Для оценки качества подгонки моделей под фактические данные были использованы два показателя: псевдо-коэффициент детерминации (R_{ps}^2) и коэффициент Макфаддена (R_{MF}^2).

Диапазон разброса значений данных показателей для всех двенадцати уравнений составил 0,3–0,8, что свидетельствует о хорошем качестве подгонки моделей.

Гипотеза о значимости коэффициентов моделей проверялась с помощью теста отношения правдоподобия (LR): для всех уравнений моделей критическая LR статистика превышала таб-

личное значение χ^2 на уровне значимости 0,05. Решение о значимости объясняющих (независимых) факторов моделей было принято на основе сравнения по модулю рассчитанных для каждого коэффициента значений Z-статистик ($z_j = b_j / m_{b_j}$, где m_{b_j} – стандартная ошибка коэффициента b_j) с критическими значениями нормального распределения на уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Адекватность подобранных моделей реальным процессам была проверена с помощью теста Хосмера–Лемешоу. Тест показал, что модели адекватны (все значения вероятностей оказались выше 0,05), и могут быть использованы в аналитических целях.

С помощью анализа коррелограмм АКФ и ЧАКФ были исследованы остатки моделей на соответствие «белому шуму»²: были получены эффективные и несмещенные, но асимптотически несостоятельные оценки, поэтому при сильном изменении входных параметров модели могут описывать реальные данные с отклонениями.

Интерпретацию результатов моделирования в силу нелинейности моделей проводили на основе маргинальных эффектов (табл. 2).

Для каждого типа дефекта были выделены следующие значимые факторы (табл. 3 и 4).

2.2. Оценка катастрофического ущерба

В качестве исходных данных были использованы данные (20 наблюдений) по ущербам (за 2 года) предприятия, занимающегося транспортировкой природного газа по МГ.

Для аппроксимации хвоста распределения использовался метод «Вершина сверх порога» (POT) теории экстремальных значений, применяемый для анализа данных, превышающих установленные пороги [7]. Компонента потерь в подходе POT основана на распределении, у которого кумулятивная функция обычно выражается **обобщенным распределением Парето** (далее **GPD** – Generalized Pareto distribution). В качестве случайной переменной X рассмотрим крупные ущербы, тогда $F_x(x)$ – неизвестная функция распределения случайной переменной X (с правым концом в точке x_F), описывающая поведение данных по ЭЭР.

¹ При непосредственном моделировании выяснилось, что ряд факторов не оказывает влияния на образования конкретного вида дефектов.

² Процессом «белого шума» называется процесс с нулевым математическим ожиданием, постоянной дисперсией и нулевой автокорреляцией для всех лагов.

Таблица 1

Значения полученных информационных критериев

Элемент	Модель	Критерий	Тип дефекта			
			растрескивание	коррозия	технологический	механический
Труба	logit	AC=	0.344362	1.228611	0.990602	1.228622
		SC=	0.362783	1.260848	1.013628	1.247043
		HQ=	0.351336	1.240816	0.999320	1.235596
	probit	AC=	0.344469	1.229743	0.995374	1.228560
		SC=	0.362825	1.261980	1.018400	1.246981
		HQ=	0.351517	1.241948	1.004092	1.235534
	gompit	AC=	0.344224	1.218074	1.015134	1.227626
		SC=	0.362645	1.250310	1.038160	1.246047
		HQ=	0.351198	1.230278	1.023852	1.234600
Тройник	logit	AC=	1.012262	1.252330	1.256125	0.978496
		SC=	1.086336	1.351095	1.354890	1.052570
		HQ=	1.042302	1.292383	1.296178	1.008535
	probit	AC=	1.013612	1.252818	1.256765	0.977458
		SC=	1.087686	1.351583	1.355530	1.051531
		HQ=	1.043652	1.292870	1.296818	1.007497
	gompit	AC=	1.018720	1.257044	1.265026	0.975807
		SC=	1.092794	1.355809	1.363791	1.049881
		HQ=	1.048760	1.297097	1.305079	1.005847
Отвод	logit	AC=	0.452492	1.294759	0.980308	1.066528
		SC=	0.493463	1.363045	1.048593	1.121157
		HQ=	0.468961	1.322208	1.007756	1.088487
	probit	AC=	0.452200	1.295588	0.980914	1.073261
		SC=	0.493171	1.363874	1.049200	1.127890
		HQ=	0.468669	1.323037	1.008363	1.095220
	gompit	AC=	0.450139	1.263456	0.984955	1.086140
		SC=	0.491111	1.331742	1.053241	1.140769
		HQ=	0.466609	1.290905	1.012403	1.108099

Таблица 2

Вероятность возникновения дефектов на элементах трубопроводной обвязки КС

Элемент	Коррозия	Растрескивание	Технологический дефект	Механический дефект
труба	0,87	0,17	0,26	0,6
тройник	0,66	0,47	0,62	0,27
отвод	0,77	0,3	0,38	0,29

Таблица 3

Маргинальные эффекты значимых факторов (коррозия и растрескивание)

Элемент	Коррозия		Растрескивание	
	Значимый фактор	МЭ	Значимый фактор	МЭ
труба	кислотность почвы	3,50 %	ср. летн. темп.	-0,08 %
	предел прочности	-2,10 %	ср. зимн. темп.	0,02 %
	давление	0,80 %		
тройник	кислотность почвы	0,30 %	ср. летн. темп.	-0,14 %
	давление	0,20 %	ср. зимн. темп.	0,12 %
	ср. зимн. темп.	-0,20 %	предел прочности	-0,06 %
отвод	кислотность почвы	1,70 %	ср. летн. темп.	-0,08 %
	давление	1,20 %	ср. зимн. темп.	0,06 %
	ср. зимн. темп.	-0,064 %	предел прочности	-0,01 %

Таблица 4

Маржинальные эффекты значимых факторов (технологический и механический дефекты)

Элемент	Технологический дефект		Механический дефект	
	Значимый фактор	МЭ	Значимый фактор	МЭ
труба	кислотность почвы	0,86 %	ср. зимн. темп.	-0,07 %
	ср. летн. темп.	-0,56 %	кислотность почвы	0,05 %
	ср. зимн. темп.	0,15 %		
тройник	кислотность почвы	0,57 %	кислотность почвы	0,51 %
	ср. летн. темп.	-0,57 %	ср. летн. темп.	-0,27 %
	ср. зимн. темп.	0,28 %		
отвод	кислотность почвы	0,25 %	кислотность почвы	0,30 %
	ср. летн темп.	-0,13 %	ср. летн темп.	-0,16 %
	диаметр	0,001 %		

Для ее определения рассмотрим пороговое значение ущерба u , и $y = x - u$ – разностью между ущербом и пороговым значением при $x > u$ («превышение»). Тогда функция распределения «превышений» может быть найдена следующим образом:

$$GPD_{\xi, \beta}(y) = \begin{cases} 1 - \left(1 + \xi \frac{y}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}}, & \xi \neq 0; \\ 1 - e^{-\frac{y}{\beta}}, & \xi = 0, \end{cases} \quad (3)$$

где ξ – параметр формы, β – параметр масштаба распределения.

Для оценки ξ и β применялся метод максимального правдоподобия соответственно с функцией правдоподобия и функцией логарифмического правдоподобия:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - u)/\beta}{1 - \xi(x_i - u)/\beta} &= \frac{n_u}{1 - \xi}; \\ \sum_{i=1}^n \ln\left(1 - \frac{\xi(x_i - u)}{\beta}\right) &= -n_u \xi, \end{aligned} \quad (4)$$

здесь n – число наблюдений, n_u – число превышений u .

Функция распределения X примет вид:

$$F_x(x) \approx 1 - \frac{n_u}{n} \left[1 + \left(1 + \xi \frac{x - u}{\beta}\right)^{-\frac{1}{\xi}}\right]. \quad (5)$$

Ключевым моментом в моделировании GPD является выбор порогового значения, показывающего, где начинается «хвост». Одним из наиболее популярных методов для выбора порога является диаграмма средних остатков – графический инструмент, основанный на функции выборочного среднего значения остатков, в виде суммы остатков относительно порога u , поделенной на число значений, превышающих порог:

$$SMEF(u) = \frac{\sum_{i \leq n} x_i - u}{\sum_{i \leq n} 1_{\{x_i > u\}}}, \quad (6)$$

Цель применения графика средних остатков к ущербам – определить момент «выпрямления» или, по крайней мере, изменения наклона графика после некоторого порога, чтобы зафиксировать эту границу как начало хвоста и подобрать распределение GPD к остаткам данных.

Для оценки частоты крупных потерь использовался подход POT с представлением «превышений» во времени в виде точечного процесса, имеющего определенную частоту (интенсивность), что в самом простом случае сводится к двумерному пуассоновскому процессу (POT-PP):

$$\lambda_v = \lambda_u \left(1 + \xi \frac{v - u}{\beta}\right), \quad (7)$$

где λ_u – интенсивность превышающих u значений в единицу времени.

В общем эмпирическая оценка среднегодового числа значений ущерба, превышающих порог, для предприятия была получена из общего числа значений, превышающих порог, за годы, в течение которых собирались данные, путем деления на количество лет.

3. УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ

Все выявленные риски ранжировали исходя из вероятности наступления каждого рискованного события и возможного ущерба. Основной целью такого анализа являлось определение наиболее весомых рисков, и разработка методов реагирования на них.

Существуют следующие методы управления риском: избежание риска (уклонение от риска); снижения риска; трансферт (передача) риска (в том числе страхование); игнорирование риска.

Для выбора наиболее эффективных мер управления рисками был использован метод карты риска.

3.1. Расчет капитала, необходимого для покрытия возможных крупных потерь

На основе вычисленных с помощью POT значений частоты в «хвосте» и значений потерь в «хвосте», с помощью предложенной модели можно вычислить на любом перцентиле размер капитала, необходимый для покрытия ожидаемых и неожиданных потерь за период 1 год.

$$C = \lambda_u(u + GPD_{MEDEF}(u)) = \lambda_u(u + \frac{\beta}{\xi}[2^\xi - 1]), \quad (8)$$

где $MEDEF(u)$ – функция медианного избытка (медиана избытков свыше порога u :

$$MEDEF(u) = [F_u(1/2)]^{-1}.$$

В результате расчетов капитал составил 143 985 руб. при выбранном пороге 60 000 руб.

3.2. Страхование эколого-экономических рисков

Страхование является одним из наиболее эффективных методов управления ЭЭР благодаря механизму компенсации ущерба от аварий. В итоге предприятия получают значительную финансовую поддержку при ликвидации аварий. Кроме того, такой подход способствует замене предприятиями изношенных основных фондов. Подобные меры благоприятно сказываются на качестве окружающей среды, позволяют снизить не только ЭЭР, но и неопределенность в финансовом планировании деятельности предприятия.

Расчет тарифных ставок может быть произведен на основе методик, утвержденных Распоряжением Федеральной службы Российской Федерации по надзору за страховой деятельностью № 02-03-36 от 08.07.93 г. и рекомендованных страховым компаниям для расчетов по рисковым видам страхования. Однако точность расчета тарифов страхования ЭЭР на МГ по этой методике будет невысокой в связи с малым количеством договоров страхования.

В качестве предварительной оценки будущих затрат на страхование может быть рассчитана возможная брутто-премия (как правило, годовая плата предприятия за услуги страхования), которая зависит от величин нетто-премии и нагрузки. В качестве нетто-премии предлагается использовать математическое ожидание суммы ущерба.

ВЫВОДЫ

Разработанное математическое обеспечение СУЭЭР предприятия при транспортировке природного газа позволяет идентифицировать источники опасностей, оценить риск возникновения аварий на магистральных газопроводах и на компрессорных станциях, связанный с дефектами трубопроводов и рассчитать капитал для покрытия возможных крупных потерь.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа поддержана грантами 12-07-00377-а «Алгоритмическое и программное обеспечение поддержки принятия решений в задачах управления сложными социально-экономическими системами при наличии слабо структурированных данных», 12-02-00190 «Система поддержки принятия решений при управлении рисками в чрезвычайных ситуациях для повышения экономической эффективности и экологической безопасности деятельности производственных объектов» и выполнена в рамках научно-исследовательской работы по теме 8.1224.2011 «Разработка инструментальных средств поддержки принятия решений для различных видов управленческой деятельности в промышленности в условиях слабо структурированной информации на основе технологий распределенного искусственного интеллекта».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елкина Л. Г., Набиуллина Р. Р. Управление экологической безопасностью: принципы, способы и формы организации на предприятии // Вестник УГАТУ. 2009. Т. 12, № 3 (32). С. 48–56.
2. Кустов Г. А., Николаева М. А., Зотова О. Ф., Шарпов Р. А. Алгоритмы выбора превентивных мер снижения рисков // Информационные технологии. 2010. № 4. С. 22–27.
3. Кустов Г. А. Задача управления информационными рисками компании добровольного медицинского страхования // Вестник УГАТУ. 2007. Т. 9, № 4 (22). С. 77–84.
4. Тихомиров Н.П., Потравный И.М., Тихомирова Т.М. Методы анализа и управления эколого-экономическими рисками. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. 350 с.
5. Юсупова Н. И., Митакович С. А., Еникеева К. Р. Системное моделирование процесса информационной поддержки разработки паспортов безопасности опасных производственных объектов // Вестник УГАТУ. 2008. Т. 10, № 2 (27). С. 80–87.
6. Лакман И. А., Хусниязов М. Х., Гареева И. Ю., Искакова З. М. Подход к прогнозированию риска возникновения дефектов и их идентификации на трубопроводах компрессорных станций // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 4 (11). С. 94–105.
7. McNeil A. J., Saladin T. The peaks over thresholds method for estimating high quantiles of loss distributions // Proc. 28th Int. ASTIN Colloquium. Zurich, 1997.

ОБ АВТОРАХ

ЛАКМАН Ирина Александровна, доц. каф. выч. мат. и кибернетики. Дипл. спец.-мат. (БГУ, 1997), канд. техн. наук (УГАТУ, 2009). Иссл. в обл. эконометрич. моделирования, анализа данных.

ГАРЕЕВА Инна Юрьевна, ст. преп. каф. хим. кибернетики. Дипл. инж.-мех. (УГНТУ, 1991). Иссл. в обл. пром. безопасности, экспл. компрессорных станций.

КУРБАНГАЛЕЕВА Дина Маратовна, спец. Дирекции бизнес-технологий кредитных продуктов. Дипл. экономист-математик (УГАТУ, 2010). Иссл. в обл. экол. безопасн., упр. экол.-экон. рисками.

АГАДУЛЛИНА Айгуль Ильдаровна, ассист. каф. выч. мат. и кибернет. Дипл. экономист-математик (УГАТУ, 2009). Иссл. в обл. экол. безопасн., упр. экол.-экон. рисками.

METADATA

Title: Models and algorithms for identification and estimation of ecological and economic risks.

Authors: I. A. Lackman¹, I. Yu. Gareeva², D. M. Kurbangaleeva³, A. I. Agadullina⁴

Affiliation:

¹ Ufa State Aviation Technical University (UGATU), Russia.

² Ufa State Petroleum Technological University (UGNTU), Russia.

³ JSC Uralsib, Russia.

Email: aygul.agadullina@gmail.com.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 5 (58), pp. 115-121, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: This article is devoted to the problem of analysis, assessment and management of ecological and economic risks of enterprise for transportation of natural gas. Risk of accidents occurrence on gas pipelines and compressor stations is considered. The following models and approaches to the stages of risk analysis are proposed: fault tree and logical and probabilistic method for risk identification, independent binary models for estimation of defect probability, generalized Pareto distribution for potential damage assessment and capital calculation required to cover potential large losses.

Key words: ecological and economic risk management system; probability of defect; catastrophic risks; generalized Pareto distribution, cover capital.

References (English Transliteration):

1. L. G. Elkina and R. R. Nabiullina, "Ecological safety management: principles, ways and forms of organization at the enterprise," (in Russian), *Vestnik UGATU*, vol. 12, no. 3 (32), pp. 48-56, 2009.
2. G. A. Kustov, M. A. Nikolaeva, O. F. Zotova, and R. A. Sharapov, "Algorithms of risk decrease preventive measures selection," (in Russian), *Informacionnye Tekhnologii*, no. 4. pp. 22-27, 2010.
3. G. A. Kustov, "Information risks management of insurance company with using of the logic and probabilistic method," (in Russian), *Vestnik UGATU*, vol. 9, no. 4 (22), pp. 77-84, 2007.

4. N. P. Tikhomirov, I.M. Potravny T.M. Tikhomirova, "Methods of analysis and management of ecological and economic risks", (in Russian). Moscow: UNITY-DANA, 2003.
5. N. I. Yusupova, S. A. Mitakovich, and K. R. Enikeeva, "System modeling of process of information support of development of material safety data sheets of dangerous production objects," (in Russian), *Vestnik UGATU*, vol. 10, no. 2 (27), pp. 80-87, 2008.
6. I. A. Lackman, M. Kh. Khusniyarov, I. Yu. Gareeva, and Z. M. Iskakova, "Compressor station pipelines defect risk assessment approach," (in Russian), *Problems of gathering, treatment and transportation of oil and oil products*, no. 4 (11), pp. 94-105, 2011.
7. Alexander J. McNeil and Thomas Saladin, "The peaks over thresholds method for estimating high quantiles of loss distributions," in *Proc. 28th Int. ASTIN Colloquium*, Zurich, 1997.

About authors:

LUCKMAN, Irina Alexandrovna, Ass. Prof., Dept of Computational Mathematics and Cybernetics, UGATU. Dipl. Mathematician (Bashkir State University, 1997). Cand. of Tehn. Sci. (UGATU, 2009).

ГАРЕЕВА, Inna Yuryevna, Senior Lecturer, Dept. of Chemical Cybernetics, UGNTU. Dipl. Mechanic engineer. (UGNTU, 1991).

КУРБАНГАЛЕЕВА, Dina Maratovna, Specialist, Directory of Business Technologies of loan products. Dipl. Economist-mathematician (UGATU, 2010).

АГАДУЛЛИНА, Aygul Ildarovna, Ass., Dept of Computational Mathematics and Cybernetics. Dipl. Economist-mathematician (UGATU, 2009).