

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССАХ ИНВЕСТИРОВАНИЯ В БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Александр Анатольевич Емельянов
Равгат Явдатович Хамидуллин
Георг Борисович Гулиян

В настоящее время сохраняется тенденция к обострению проблем в области промышленной безопасности, особенно на объектах, использующих аварийные химически опасные вещества. Ущерб от этих аварий исчисляется миллиардами рублей. В силу того, что никакими предупредительными мероприятиями, законодательными актами нельзя полностью предотвратить аварии, возникает необходимость оценивать риск деятельности таких предприятий заблаговременно.

In present there is tendency of worsening of problems in industrial safety area especially on objects which using dangerous chemical agents. The total loss of this crushes is estimated at billions rubles. Because it is not possible to prevent these losses by preventive actions and acts of law, it's necessary to evaluate beforehand risks of functioning of such objects.

Ключевые слова: промышленная безопасность, ущерб от аварий, предупредительные мероприятия, риск деятельности предприятий.

Keywords: industrial safety, total loss of crushes, preventive actions, risks of functioning of objects.

Деятельность химически опасных объектов (ХОО), связанная с производством как специфической продукции технического назначения, так и предметов потребления, сопряжена с большим риском нанесения ущерба не только собственному производству, но и всему, что может оказаться на территории, зараженной аварийно химически опасными веществами (АХОВ).

Проблеме управления риском деятельности опасных народнохозяйственных и специальных объектов посвящены работы отечественных ученых В.А. Акимова, А.А. Емельянова, В.В. Лесных, В.Н. Лисицы, В.Д. Новикова, Ю.П. Потапенко, Н.Н. Радаева и М.И. Фалева, А.Г. Хлуднева. Тематике прогноза ущерба от аварий на ХОО посвящены работы В.В. Исмаилова, В.М. Колодкина и М.А. Шахраманьяна. В зарубежной литературе наиболее значительными являются разработки Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото и Р. Ортвина.

Отличительной особенностью методик, созданных на основе этих работ, является использование в расчетах оперативных данных с площадок ХОО: времени года и суток, состояния приземного слоя воздуха, направления и скорости ветра. Весьма остро стоят задачи обоснования инвестиционных решений, направленных на снижение рисков. Это связано с тем, что денежные средства, выделяемые для ХОО региональными и федеральными органами, много меньше потребных средств, направляемых на снижение рисков ЧС до приемлемого уровня, что приводит к необходимости оптимизации распределения таких средств.

Для достижения указанной цели авторами сформулированы и решены следующие частные задачи:

- систематизированы процессы рационального распределения инвестиций в безопасность ХОО при отсутствии оперативных данных;
- предложена единица измерения ущерба от гипотетической аварии, основанная на оценке площади зараженной территории;
- разработан метод получения функциональных зависимостей площади зараженной территории от количества выброса конкретных АХОВ;
- алгоритмизирована оценка параметров экономического риска аварии на ХОО: пораженной площади, ущерба и потребных средств;
- алгоритмизировано распределение инвестиций в безопасность, минимизирующих риск деятельности ХОО;
- предложен метод определения потребных денежных средств по снижению риска при дефиците потребных средств.

Впервые авторами решена задача по количественной оценке предпринимательского риска деятельности ХОО и обоснованию инвестиционных решений, направленных на сокращение предпринимательского риска.

Практически разработанные алгоритмы и методики могут быть использованы объектами любой отрасли промышленности, применяющими в своей деятельности аварийно опасные вещества. Полученные результаты также могут быть использованы федеральными и областными органами при инвестировании денежных средств, связанных с минимизацией предпринимательского риска деятельности и при страховании ХОО.

Первоочередной подзадачей должно быть определение единицы ущерба и ее цены в зависимости от вида АХОВ, поскольку это единственный параметр, который невозможно задать или взять из справочной литературы.

Следующая подзадача - оценка площади заражения территории (в т.ч. почвы) - среды, являющейся наглядным показателем ущерба после аварии. Далее следует подзадача - оценка гипотетического ущерба от аварий на ХОО и потребных средств для их предупреждения. После этого решается подзадача оптимизации распределения инвестиционных средств. Последняя подзадача - расчет потребных денежных средств по снижению предпринимательского риска на определенную величину.

Комплексный (интегральный) ущерб причиненного вреда по основным факторам воздействия включает потерю жизни и здоровья населения, загрязнение атмосферного воздуха, земной поверхности и почв, поверхностных подземных вод, уничтожение и повреждение основных фондов, имущества, продукции и т. д. Следовательно, для оценки ущерба по каждой аварии отдельно взятого объекта по отдельно взятому АХОВ требуется определение ущерба по каждому из перечисленных факторов.

В связи с этим авторами введена единица интегрального показателя ущерба - ущерб, нанесенный вследствие заражения 1 м² площади конкретным АХОВ. С помощью этой единицы измерения установлена функциональная зависимость ущерба от количества выброса (слива) АХОВ при любых оперативных данных. На основе результатов исследований по отдельным параметрам ущерба установлено, что для хлора ущерб варьируется в пределах от 36,34 до 87,46 руб./м². Следует отметить, что найденная величина существенно зависит от особенностей ХОО (характер местности, плотность населения на территории, прилегающей к объекту и т.д.) и может в разы превышать найденные частные пределы. С целью упрощения расчетов по количественной оценке предпринимательского риска деятельности ХОО принята усредненная величина - 50 руб./м².

В качестве примера приведем алгоритм оценки параметров ущерба в условиях экономического риска деятельности ХОО. Необходимо оценить пораженную площадь, ущерб и потребные средства с учётом всех возможных аварий, в т.ч. аварий, выходя-

щих за пределы промышленной зоны, поскольку все прочие ущербы можно вычислить через площадь пораженной территории. Используются следующие сокращения:

- S^{OB} - площадь производственной территории объекта;
- A_i - авария, $i = 1, \dots, M$ - списочный номер аварии;
- X_j - наименование j -го опасного вещества, $j = 1, \dots, N$;
- n_j - количество возможных разных аварий с веществом j ;
- A_{ij} - авария списочного номера i , сопровождаемая разливом вещества j ;
- m_{ij} - количество возможного выброса вещества j по каждой аварии;
- m_{ij}^{all} - суммарное количество гипотетического выброса АХОВ от возможных аварий с веществом j ;
- m_{jmax} - максимальное количество вещества j на объекте;
- W_j - способ хранения опасного вещества j ;
- D_j^{RW} - ущерб, причиненный веществом j из-за заражения 1 м² территории объекта;
- D_j^{RO} - ущерб, причиненный из-за заражения 1 м² территории, прилегающей к объекту;
- S_j^D - площадь поражения от аварии i ;
- L_{Nj} - множество номеров возможных аварий, в результате которых могут быть выбросы АХОВ с наименованием X_j ;
- S_j^H - площадь заражения (поражения) от всех гипотетических аварий веществом j ;
- D_{ij} - ущерб от аварии A_{ij} с выбросом вещества j ;
- D_j^H - гипотетический ущерб от всех возможных аварий с выбросом вещества j ;
- D_j^C - гипотетический ущерб от сочетания возможных аварий;
- D^{OB} - максимальный гипотетический ущерб на объекте;
- R^{OB} - общие потребные средства;
- R_{ij} - потребные средства для предупреждения аварии A_{ij} ;
- R_j^F - потребные средства, необходимые для предупреждения гипотетических аварий с веществом j .

Далее рассмотрим алгоритм оценки риска деятельности ХОО.

1. Выбирается АХОВ первого наименования X_1 .
2. Среди аварий с веществом X_1 делается первая выборка n_1 , номера i выбранных аварий помещают в рабочий пул - множество L_{n1} .
3. Рассматриваем первую аварию A_{i1} , находим количество выброса (слива) АХОВ по заданным входным данным.
4. Рассчитывается площадь заражения S_{i1}^D .
5. Проверяем условие $S_{i1}^D < S^{OB}$.
6. Если условие (1) выполняется, то ущерб D_{i1} от аварии A_{i1} находим по формуле $D_{i1} = D_{i1}^{RW} \cdot S_{i1}^D$.
7. Если условие (1) не выполняется, то ущерб D_{i1} находим по формуле $D_{i1} = D_{i1}^{RW} \cdot S_{i1}^D + D_{i1}^{RO} (S_{i1}^D - S^{OB})$.
8. Потребные средства R_{i1} определяем по формуле $R_{i1} = D_{i1}/15$.
9. Рассматриваем вторую аварию из множества L_{n1} . Повторяем шаги 3 - 8, перебирая все возможные аварии с выбросом X_1 .
10. Находим суммарное количество выброса АХОВ от аварий с X_1 $m_{i1}^{all} = \sum m_{i1}$.
11. Проверяем выполнение условия $m_{i1}^{all} > m_1^{max}$,
- а) если условие (6) выполняется, то выполняем шаги 12 - 13, а шаг 14 не выполняем;
- б) если условие (6) не выполняется, то переходим к шагу 14.
12. Находим площадь заражения S_1^H от всех аварий, сопровождаемых выбросом (сливом) АХОВ первого наименования: $S_1^H = S(m_1^{max})$.
13. Находим ущерб от всех аварий с выбросом X_1

$$D_1^H = \begin{cases} D_{i1}^{RW} \cdot S_1^H, & S_1^H \leq S^{OB} \\ D_{i1}^{RW} \cdot S^{OB} + D_{i1}^{RO} \cdot (S_1^H - S^{OB}), & S_1^H > S^{OB} \end{cases} \quad (7)$$

14. Если условие $m_{i1}^{all} > m_1^{max}$ не выполняется, то ущерб от всех аварий с выбросом АХОВ X_1 находим прямым суммированием

$$D_1^H = D_{i1} \quad (8)$$

15. Находим потребные средства от всех аварий с выбросом X_1 $R_1^F = D_1^H/15$.

16. Повторяются шаги 1 - 15 для всех аварий, сопровождаемых выбросом (сливом) АХОВ второго наименования X_2 и т.д.

17. Выполним весь цикл для всех АХОВ, содержащихся на объекте, находим суммарный гипотетический максимальный ущерб от всех аварий прямым суммированием

$$D^{OB} = \sum D_j^H \quad (10)$$

18. Общие потребные средства находим по формуле $R^{OB} = D^{OB}/15$.

По аналогии решаются задачи по оценке риска функционирования с учетом только наиболее вероятных аварий и аварий, выходящих за пределы промышленной зоны.

Критерий оптимизации зависит от поставленных целей органами управления и надзора ХОО. Обычно это минимизация ущерба от всех аварий с АХОВ, вероятность аварии с которым наиболее высока. На предупреждение (предотвращение) таких аварий выделяются ограниченные целевые средства. Однако имеется и конкретный минимум, ниже которого эти средства быть не могут.

Обозначим номер выбранного вещества p . В случае, когда выделяемые средства F менее потребных средств $F < R_p^F$, возникает оптимизационная задача поиска такого распределения, которое минимизирует ущерб D_p^H .

Рассмотрим алгоритм поиска распределения.

1. Составляем пул сочетаний из всех заданных аварий по одному, по два и т.д. по $(n_p - 1)$ элементов:

$$\begin{aligned} C_{n_p}^1 &: A_{1,p} & \dots & A_{n_p,p} \\ C_{n_p}^2 &: A_{1,p}, A_{1,p} & \dots & A_{n_p-1,p}, A_{n_p,p} \\ & \dots & & \dots \\ C_{n_p}^{n_p-1} &: A_{1,p}, A_{2,p}, \dots, A_{n_p-1,p} & \dots & A_{2,p}, A_{2,p}, \dots, A_{n_p,p} \end{aligned} \quad (12)$$

2. Обозначим k - номер строки пула;

l_k - конкретное сочетание в строке k пула (12);

$V(k, l_k)$ - множество номеров аварий в сочетании l_k на строке k .

Находим суммарные потребные средства для каждого сочетания пула

$$R_{l_k,p} = \sum_{i \in V(k,l_k)} A_{i,p} \quad (13)$$

3. Делается выборка сочетаний в другое вспомогательное множество $W(F, k, l_k)$ сравнением всех сочетаний пула по неравенству $R_{l_k,p} < F$.

4. Для каждого сочетания, попавшего в выборку, находим суммарное количество АХОВ p -го наименования, которое сравнивается с m_p^{max} .

5. Находим соответствующую площадь заражения для каждого сочетания выборки i , соответственно, ущерб

$$D_p^C = \begin{cases} D_p^{RW} \cdot S_{l_k,p}^D (m_p^{max}), & \sum_{i \in W(F,k,l_k)} m_{i,p} \geq m_p^{max} \\ D_p^{RW} \cdot S_{l_k,p}^D \left(\sum_{i \in W(F,k,l_k)} m_{i,p} \right), & \sum_{i \in W(F,k,l_k)} m_{i,p} < m_p^{max} \end{cases} \quad (15)$$

Формула (15) справедлива для случая, когда от выброса пострадала только промышленная зона ХОО.

6. Упорядочиваем значения, полученные с помощью (15) по убыванию и распределяем выделенные средства F .

Литература

1. Гуляин Г.Б. Управление экономическими рисками деятельности химически-опасных объектов // Вестник Академии экономической безопасности, № 1, 2010.
2. Гуляин Г.Б. Некоторые аспекты оценки экономического риска аварий на химически опасных объектах // Двигатель, № 6, 2011.
3. Радаев Н.Н. Элементы теории риска эксплуатации потенциально опасных объектов, М.: ВА РВСН, 1999.

Связь с автором: gevgulijan@mifp.ru