

И. А. Кубасов

МЕТОДИКА КАТЕГОРИРОВАНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ ПО СТЕПЕНИ ЗАЩИЩЕННОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОГАРИФМИЧЕСКОЙ ШКАЛЫ

I. A. Kubasov

METHODOLOGY FOR CATEGORIZING POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS BY DEGREE OF PROTECTION USING LOGARITHMIC SCALE

Аннотация. *Актуальность и цели.* Потребность категорирования потенциально опасных объектов обусловлена необходимостью обеспечения единства подходов к управлению безопасностью объектов, включая вопросы создания и совершенствования систем обеспечения безопасности, проведения соответствующих мероприятий по защите и оценке их эффективности. Разработанная методика категорирования потенциально опасных объектов по степени защищенности представляет собой востребованный практикой математический инструмент, обеспечивающий эффективное управление безопасностью объектов. *Материалы и методы.* Описана процедура категорирования потенциально опасных объектов, предполагающая нахождение информативного множества признаков классификации и обоснование или выбор критериальных значений, позволяющих объединять потенциально опасные объекты в категории (классы). Условные границы категорий объектов определяются по значениям показателей категорирования, которые количественно (или качественно) описывают существенные для решаемой задачи стороны объекта. *Результаты.* Предложен новый способ категорирования потенциально опасных объектов по степени защищенности с применением логарифмической шкалы. Такой способ позволяет получить оценку категории объекта в виде числа из натурального ряда чисел, расположенных в диапазоне от 1 до 6, что удобно при рассмотрении экономической стороны вопроса и при разработке математических методов поддержки принимаемых решений. Приведен пример категорирования объекта по степени защищенности с применением логарифмической шкалы. *Выводы.* Предлагаемая методика является основой обоснования необходимого и достаточного уровней безопасности потенциально опасных объектов определенной категории с учетом риска аварии в результате воздействия антропогенных, техногенных и природных факторов, а также с учетом экономии и рационального использования ресурсов, требуемых для обеспечения эффективного управления безопасностью объектов различных категорий.

Annotation. *Background.* The need to categorize potentially dangerous objects is due to the need to ensure unity of approaches to managing the safety of objects, including the creation and improvement of security systems, conducting appropriate protection measures and evaluating their effectiveness. The developed method of categorizing potentially dangerous objects by the degree of security is a mathematical tool in demand in practice, which provides effective management of object security. *Materials and methods.* The procedure for categorizing potentially dangerous objects is described, which involves finding an informative set of classification features and justifying or selecting criteria values that allow combining potentially dangerous objects into categories (classes). Conditional borders of object categories are determined by the values of categorization indicators that quantitatively (or qualitatively) describe the essential aspects of the object for the task being solved. *Results.* A new method of categorizing potentially dangerous objects by the degree of security using a logarithmic scale is proposed. This method allows you to get an estimate of the object category as a number from a natural series of numbers located in the range from 1 to 6, which is convenient when considering the economic side of the issue and when developing mathematical methods to support decisions. An example of categorizing an object by security level using a logarithmic scale is given. *Conclusions.* The proposed method is the basis for justifying the necessary and sufficient levels of safety of potentially dangerous objects of a certain category, taking into account the risk of an accident as a result of anthropogenic, man-made and natural factors, as well as taking into account the economy and rational use of resources required to ensure effective safety management of objects of various categories.

Ключевые слова: потенциально опасный объект; категорирование; степень защищенности; управление безопасностью; логарифмическая шкала.

Keywords: potentially dangerous object; categorization; security degree; management of safety; logarithmic scale.

Введение

Вопросам обеспечения безопасности потенциально опасных объектов всегда должно уделяться повышенное внимание, что обусловлено многими причинами, в том числе и попытками совершения террористических актов на таких объектах, являющихся объектами первоочередной защиты [1–6]. При этом чрезвычайно важным является корректное проведение категорирования по степени защищенности таких объектов.

Категорирование объектов необходимо для:

- формирования требований к уровню защищенности объектов, составу систем обеспечения безопасности объектов при строительстве, расширении, реконструкции и техническом перевооружении;
- обоснования технических решений по созданию (совершенствованию) систем обеспечения безопасности объектов;
- разработки мероприятий по обеспечению готовности объектов к локализации и ликвидации опасных повреждений и аварийных ситуаций.

Поэтому весьма актуальным является выработка единого методологического подхода к категорированию потенциально опасных объектов и, в частности, к организации их защиты.

В статье предлагается методика как еще один способ категорирования потенциально опасных объектов по степени защищенности, отличающийся от иных известных способов [2, 7, 8] тем, что нормативные значения показателей степени защищенности задаются на основе применения логарифмической шкалы.

Принципы и правила классификации объектов, подлежащих категорированию

Потенциально опасный объект – это объект, на котором расположены здания и сооружения повышенного уровня ответственности, либо объект, на котором возможно одновременное пребывание более пяти тысяч человек [9]. Также имеется иное определение потенциально опасного объекта: объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации (ГОСТ Р 22.0.02–94. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий).

Процедура построения классификации объектов – это логическая операция, состоящая в приведении совокупности объектов в систему, в установлении отношений родства между этими объектами, в группировании их в классификационные ячейки – таксоны по степени родства. Данная процедура предполагает нахождение информативного множества признаков классификации и обоснование или выбор критериальных значений, позволяющих объединять объекты в категории (классы).

При классификации потенциально опасных объектов, подлежащих категорированию, должны учитываться следующие факторы:

- степень реальной угрозы возникновения источника чрезвычайной ситуации (ЧС) в результате воздействия антропогенных, техногенных и природных факторов на объект;
- уязвимость производственно-технологического процесса функционирования объекта, которая характеризуется наличием критических элементов, возможностью совершения на них террористических акций, хищения имеющихся на объекте опасных веществ и материалов в целях создания ЧС;
- степень предотвращения или предельного снижения негативных последствий возникновения потенциальных опасностей в чрезвычайных ситуациях для населения, других объектов и окружающей природной среды.

Основными принципами классификации потенциально опасных объектов, подлежащих категорированию по степени защищенности, являются:

- учет государственной, социальной и экономической значимости объектов;
- учет тяжести последствий ЧС на объектах для населения, территории и окружающей природной среды.

Отнесение объекта к категории опасного производственного объекта осуществляется в процессе его идентификации на основании установления признаков, указанных в Федеральном законе «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [9].

В целом методология категорирования объектов базируется на указанных принципах и правилах классификации объектов. Правила классификации объектов, подлежащих категорированию, предполагают выполнение двух этапов: процедуру построения классификации и процедуру ее использования.

Построение классификации основано на выборе количества категорий, показателей и критериев категорирования. Процедура использования классификации объектов, подлежащих категорированию, предполагает выполнение определенных этапов (рассмотрим далее на примере).

В соответствии с Постановлением Правительства РФ № 1094 от 13.09.1996 [10] установлено шесть категорий объектов по степени потенциальной опасности. Поэтому с учетом взаимосвязи категорий по степени потенциальной опасности и степени защищенности предлагается также выбрать шесть категорий объектов по степени защищенности. При этом объекты 1 и 2 категорий – это объекты высокой защищенности, 3 и 4 категории – объекты средней защищенности, 5 и 6 – объекты низкой защищенности.

Обоснование применения логарифмической шкалы

Основные показатели и критерии чрезвычайных ситуаций (аварий) можно представить в табл. 1 [10].

Таблица 1

Показатели социально-экономических последствий	Категории опасности					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Количество пострадавших людей, более	10^5	10^4	10^3	10^2	10	1
Количество людей, у которых нарушены условия жизнедеятельности	10^7	10^6	10^5	10^4	10^3	10^2
Величина ущерба, долл., более	10^9	10^8	10^7	10^6	10^5	10^4
Размер зоны поражения, км	10^4	10^3	10^2	10	1	0,1

Как видно из табл. 1, размеры зон поражения ЧС различных категорий отличаются на один или несколько десятичных порядков. То же самое справедливо для различных характеристик ущерба, связанного с ЧС.

Общепринятым математическим способом работы с сильно отличающимися величинами является перевод их в безразмерную форму и логарифмирование. Величинам, отличающимся на несколько десятичных порядков, соответствуют десятичные логарифмы, отличающиеся на несколько единиц.

Для представления категорий таких аварий первыми числами натурального ряда необходимо численное выражение ущерба от них перевести в логарифмическую форму. Так возникает понимание целесообразности и неизбежности логарифмической шкалы для категорирования опасностей, связанных с авариями на объектах.

Применение логарифмической шкалы для категорирования опасностей аварий на объектах путем перевода количественных выражений ущербов, связанных с авариями, в величины натурального ряда чисел, было предложено С. А. Щербаковым [11].

Применяя для категорирования объектов по степени защищенности также логарифмическую шкалу, категорию защищенности объекта можно оценить по формуле

$$U_a = 6 - \lg \frac{t_a}{t_6} - \lg \frac{m_a}{m_6}, \quad (1)$$

где t_a – реальное время доступа до критической точки провоцирования аварии; t_6 – расчетное время доступа до критической точки провоцирования наименее опасной аварии (шестой категории); m_a – реальная масса снаряжения нарушителя; m_6 – расчетная масса снаряжения, необходимого для провоцирования наименее опасной аварии (шестой категории).

Если оценка категории защищенности окажется равной 1 или менее, то объекту по отношению к данной аварии (диверсии, теракту, провоцирующему данную аварию) присваивается первая (высшая) категория защищенности.

Следует заметить, что t_a выступает, как показатель эффективности охраны объекта, а m_a – показатель собственной (технологической) защищенности объекта.

В интересах повышения защищенности объекта необходимо усилить охрану, снабдить ее дополнительными современными техническими средствами и оружием, а также выполнить специальное инженерно-строительное укрепление объекта и т.д. В результате реализации запланированных мероприятий, что будет связано с определенными капиталовложениями, время доступа для совершения террористической акции будет увеличено до t_{ak} , а масса снаряжения для провоцирования аварии – до m_{ak} .

После выполнения указанных мероприятий категория объекта по отношению к данной аварии должна оцениваться по следующей формуле:

$$U_a^* = 6 - \lg \frac{t_a}{t_6} - \lg \frac{m_a}{m_6} - \lg \frac{t_{ak}}{t_a} - \lg \frac{m_{ak}}{m_a}. \quad (2)$$

Таким образом, получены две оценки защищенности по данной аварии: актуальная U_a (1) и перспективная U_a^* (2). Какую из этих оценок выбрать для дальнейшей работы – компетенция лица, принимающего решение (ЛПР).

В интересах обеспечения требований к управлению безопасностью целесообразно учитывать обе оценки. Для более эффективного взаимодействия различных служб объекта в формулах (1) и (2) четко разделены слагаемые, содержащие время доступа, за что отвечают спецслужбы, и масса снаряжения террористов, за что отвечают технические службы.

Оценки U_a (1) и U_a^* (2) могут незначительно отличаться друг от друга в числовом выражении, но при этом степени защищенности объекта в натуральном выражении могут отличаться во много раз, в чем убеждают данные, приведенные в табл. 2.

Таблица 2

$U_a - U_a^*$	Отношение защищенности в натуральном выражении
0,5	3 раза
1	10 раз
2	100 раз
3	1000 раз

В итоге с учетом всего изложенного на основе оценок $U_a(1)$ и $U_a^*(2)$ ЛПР принимает окончательную оценку категории защищенности объекта по отношению к конкретной аварии.

Последовательность определения категории объекта по степени защищенности

Следует заметить, что антропологические (в том числе террористические), техногенные и природные воздействия на объект могут стать причиной возникновения ЧС различных масштабов. При этом террористические воздействия на объект рассматриваются как наиболее опасные, поскольку являются целенаправленными и приводят к более крупным масштабам ЧС. Поэтому категория защищенности объекта определяется, прежде всего, степенью антитеррористической защищенности.

Алгоритм определения категории объекта по степени защищенности включает следующие пункты:

- 1) описание объекта, подлежащего категорированию;
- 2) разработка модели нарушителя;
- 3) анализ системы обеспечения безопасности и выявление уязвимых мест объекта;
- 4) определение уровня эффективности функционирования системы обеспечения безопасности объекта;
- 5) определение категории объекта по степени защищенности.

Численная оценка категории производится по формулам (1) и (2) на основе оценок времени доступа и массы снаряжения нарушителей. Эти оценки в общем случае зависят от сценария терро-

ристических воздействий, поскольку времена доступа и массы снаряжения для разных сценариев могут существенно отличаться. Качественная оценка категории объекта по степени защищенности также зависит от сценария террористических воздействий на объект.

Для каждого сценария террористических воздействий производится сравнение оценок категории защищенности, полученных по формулам (1) и (2). Расхождение этих оценок должно быть не более 1. Если это требование выполняется, то окончательную оценку категории защищенности по данному сценарию делает ЛПР.

Если расхождение оценок более 1, то прежде чем делать окончательную оценку, ЛПР должен потребовать от экспертов уточнения всех величин, фигурирующих в формулах.

Получив оценку категории защищенности объекта по каждому характерному сценарию террористических воздействий, ЛПР сопоставляет ее с опасностью аварии, провоцируемой нарушителями. В качестве категории опасности объекта принимается оценка категории по сценарию, который ЛПР считает наиболее реальным.

Пример категорирования объекта по степени защищенности

С целью иллюстрации применения методики категорирования объекта по степени его защищенности рассмотрим действия ЛПР при оценке последствий ЧС и принятии решений по снижению категории опасности.

Допустим, что на основе предварительных расчетов получены значения показателей социально-экономических последствий пожара на газовом промысле, возникшего в результате террористической акции (условно, без учета эффективности действий персонала во время и после аварии). Наиболее вероятным сценарием террористического воздействия на защищаемый потенциально опасный объект является следующий: нарушители в составе небольшой группы (3–4 человека) преодолевают забор с колючей проволокой и сигнализацией, пробегают 500 м до главного здания объекта по охраняемой территории и взрывают $m_a = 100$ кг принесенной с собой взрывчатки. Необходимо вычислить категорию данного объекта по степени его защищенности.

Осуществление описанного сценария возможно только при плохой организации охраны объекта. При эффективной организации охраны нарушители будут задержаны в зоне забора, поскольку для преодоления расстояния от забора до здания с грузом взрывчатки нарушителям понадобится более $t_a = 100$ с.

Вычислим категорию объекта по степени защищенности по формуле (1):

$$U_a = 6 - \lg \frac{100}{1} - \lg \frac{100}{0,1} = 1.$$

Если категория защищенности объекта ниже категории потенциальной опасности, то необходимо разработать, запланировать и реализовать мероприятия по повышению защищенности объекта по отношению к данной аварии.

Пусть существуют семь сценариев террористических воздействий на объект, в результате которых возможно возникновение семи разных аварий. Категории аварий D_a^+ , время доступа t_a и масса специального снаряжения m_a нарушителей, необходимые для провоцирования на объекте указанных аварий, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели	Номер аварии						
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7
D_a^+	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5
t_a , с	15	15	5	20	5	10	40
m_a , кг	0,2	0,1	0,7	0,1	0,2	0,3	0,5
U_a (3.22)	4,5	4,8	4,4	4,7	5,0	4,5	3,7
t_{ak} , с	180	190	180	180	180	180	180
m_{ak} , кг	5	5	5	5	5	5	5
U_a^* (3.23)	2,0	2,3	1,9	2,2	2,5	2,0	1,2
U_a^+	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0

По формуле (1) получаем и помещаем в табл. 3 оценки защищенности объекта $U_a(I)$ по отношению к каждой аварии. Поскольку аварии расположены в таблице в порядке понижения категории их опасности, то следует обратить внимание прежде всего на колонки, расположенные в левой части таблицы.

Как видно из табл. 3, для аварий от № 1 до № 5 категория по степени потенциальной опасности D_a^+ ниже категории по степени защищенности U_a , для аварии № 6 – они совпадают, и только для аварии № 7 – выполняется требование по безопасности.

Такая ситуация нетерпима. Необходимо разработать и реализовать мероприятия (по реконструкции, резервированию, рассредоточению и т.п.), обеспечивающие повышение степени защищенности объекта по отношению к этим авариям.

Предположим, что мероприятия осуществлены и получены новые оценки времен доступа t_{ak} и массы снаряжения m_{ak} по сценариям трех наиболее опасных аварий. По формуле (2) получены новые оценки защищенности объекта $U_a^*(2)$. Указанные величины отражены в табл. 3.

Сопоставляя оценки категорий защищенности объекта по отношению ко всем возможным авариям, ЛПР окончательно устанавливает следующие категории по степени защищенности объекта: вторая категория по отношению к наиболее опасным авариям; третья категория по отношению ко всем остальным авариям.

Таким образом, реальная категория по степени защищенности данного объекта – пятая, а осуществление соответствующих мероприятий позволит перевести объект во вторую категорию и выполнить требование к безопасности объекта.

Заключение

Категорирование потенциально опасных объектов по степени защищенности исследовано как процедура построения классификации объектов защиты, состоящая в приведении совокупности объектов в систему сгруппированных таксонов по степени их родства, основанной на выборе показателей (время доступа и масса снаряжения) и критериев категорирования (с применением логарифмической шкалы).

Характерной особенностью предлагаемой процедуры категорирования объектов по степени защищенности является применение логарифмической шкалы, позволяющей получить оценку категории объекта в виде числа из натурального ряда чисел, расположенных в диапазоне от 1 до 6. Это удобно при рассмотрении экономической стороны вопроса и при разработке математических методов поддержки принимаемых решений.

Разработанная методика является основой обоснования необходимого и достаточного уровней безопасности потенциально опасных объектов определенной категории, а также определения требуемого состава системы обеспечения безопасности объектов.

Библиографический список

1. Коршунов, С. С. Совершенствование взаимодействия надзорных органов при осуществлении контрольных мероприятий в отношении субъектов надзора, эксплуатирующих критически важные и потенциально опасные объекты / С. С. Коршунов, В. М. Егоров // Технологии гражданской безопасности. – 2016. – Т. 13, № 2 (48). – С. 16–20.
2. Боровский, А. С. Особенности идентификации предметной области «категорирование потенциально опасных объектов» в нечеткой постановке / А. С. Боровский, А. Д. Тарасов // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 3 (59). – С. 63–71.
3. Северцев, Н. А. Анализ опасностей сложных технических систем. / Н. А. Северцев, И. А. Кубасов, О. А. Бобр // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2006. – Т. 2. – С. 170–172.
4. Северцев, Н. А. Исследование рисков в деятельности человека / Н. А. Северцев, И. А. Кубасов, О. А. Бобр // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2006. – Т. 2. – С. 172–175.
5. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : федер. закон № 68-ФЗ от 21.12.1994 (ред. от 01.04.2020).
6. Об утверждении требований к антитеррористической защищенности объектов (территорий) системы государственного материального резерва и формы паспорта безопасности этих объектов (территорий) : постановление Правительства РФ № 1053 от 17.10.2016.
7. Зайцев, А. Г. Категорирование объектов / А. Г. Зайцев // Алгоритм безопасности. – 2006. – № 6. – С. 7–9.

8. Дубинин, Е. Ф. О нормировании риска чрезвычайных ситуаций / Е. Ф. Дубинин, В. И. Куксова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2019. – № 3. – С. 3–9.
9. О промышленной безопасности опасных производственных объектов : федер. закон № 116-ФЗ от 21.07.1997 (с изменениями на 29 июля 2018 года).
10. О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : постановление Правительства Российской Федерации № 1094 от 13.09.1996.
11. Щербаков, С. А. Некоторые вопросы генерации нефти и экологические проблемы потребления нефтепродуктов / С. А. Щербаков // Вестник Международного института управления. – 2003. – № 3-4. – С. 109–113.

References

1. Korshunov S. S., Egorov V. M. *Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti* [Civil security technologies]. 2016, vol. 13, no. 2 (48), pp. 16–20. [In Russian]
2. Borovskiy A. S., Tarasov A. D. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii* [Information systems and technologies]. 2010, no. 3 (59), pp. 63–71. [In Russian]
3. Severtsev N. A., Kubasov I. A., Bobr O. A. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* [Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality]. 2006, vol. 2, pp. 170–172. [In Russian]
4. Severtsev N. A., Kubasov I. A., Bobr O. A. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo* [Proceedings of the International Symposium Reliability and Quality]. 2006, vol. 2, pp. 172–175. [In Russian]
5. *O zashchite naseleniya i territoriy ot chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera: feder. zakon № 68-FZ ot 21.12.1994 (red. ot 01.04.2020)* [About protection of the population and territories from emergency situations of natural and technogenic character: Feder. law no. 68-FZ of 21.12.1994 (as amended on 01.04.2020)]. [In Russian]
6. *Ob utverzhdenii trebovaniy k antiterroristicheskoy zashchishchennosti ob"ektov (territoriy) sistemy gosudarstvennogo material'nogo rezerva i formy pasporta bezopasnosti etikh ob"ektov (territoriy): postanovlenie Pravitel'stva RF № 1053 ot 17.10.2016.* [About the approval of requirements to anti-terrorist protection of objects (territories) of the state material reserve system and the form of the security passport of these objects (territories) : government of the Russian Federation no. 1053 of 17.10.2016]. [In Russian]
7. Zaytsev A. G. *Algoritm bezopasnosti* [The security algorithm]. 2006, no. 6, pp. 7–9. [In Russian]
8. Dubinin E. F., Kuksova V. I. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy* [Security and emergency issues]. 2019, no. 3, pp. 3–9. [In Russian]
9. *O promyshlennoy bezopasnosti opasnykh proizvodstvennykh ob"ektov: feder. zakon № 116-FZ ot 21.07.1997 (s izmeneniyami na 29 iyulya 2018 goda)* [About industrial safety of hazardous production facilities: feder. law no. 116-FZ of 21.07.1997 (as amended on 29 July 2018)]. [In Russian]
10. *O klassifikatsii chrezvychaynykh situatsiy prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera: postanovlenie Pravitel'stva Rossiyskoy Federatsii № 1094 ot 13.09.1996* [On classification of natural and man-made emergencies: decree of the Government of the Russian Federation no. 1094 of 13.09.1996]. [In Russian]
11. Shcherbakov S. A. *Vestnik Mezhdunarodnogo instituta upravleniya* [Bulletin of the International Institute of management]. 2003, no. 3-4, pp. 109–113. [In Russian]

Кубасов Игорь Анатольевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационных технологий,
Академия управления МВД России
(Россия, г. Москва,
ул. Зои и Александра Космодемьянских, 8)
E-mail: igorak@list.ru

Kubasov Igor Anatolyevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information technologies,
Academy of Management
of the Ministry of Internal Affairs
of the Russian Federation
(8 Zoi & Alexandra Kocmodemyanskikh street,
Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Кубасов И. А. Методика категорирования потенциально опасных объектов по степени защищенности с применением логарифмической шкалы / И. А. Кубасов // Надежность и качество сложных систем. – 2020. – № 3 (31). – С. 121–127. – DOI 10.21685/2307-4205-2020-3-14.