
УДК 629.735

Г.И.Морозов

Методика количественной оценки экологической безопасности производственных аэрокосмических объектов

Аннотация.

В работе излагается способ количественного определения экологической безопасности аэрокосмических объектов. В основе методики лежит расчет частных оценок экологической опасности объекта, получение величины общей экологической опасности и переход к оценке экологической безопасности. Рассматривается последовательность расчетов, приводятся алгоритмы получения частных оценок и оценки общей экологической опасности объекта.

Ключевые слова: аэрокосмические объекты, окружающая среда, загрязнение, экологическая безопасность, количественная оценка, алгоритм.

Сокращения.

ОС – окружающая среда

Условные обозначения.

Ж - животные

М – число учитываемых факторов

Р - растения

Т - токсичность

У – ущерб, руб

g – производительность, т/год, м³/сут

k - коэффициент

L - люди

P – вероятность

Индексы.

ат - атмосфера

бол - больной

в - водоем

д - деградировавший

кан - канализация

н - население

ок – окружающая среда

пог – погибший

ток - токсичность

ум - умерший

эб – экологическая безопасность

эо - экологическая опасность

эт - эталонный

і - объект

μ- вид вещества

Σ – суммарный

При производстве авиационных и ракетно-космических изделий применяются высокоэффективные технологии, связанные с образованием

токсичных отходов, утилизация которых приводит к загрязнению окружающей среды, то есть к уменьшению экологической безопасности производства. Одним из направлений повышения экологической безопасности является рациональное распределение выделяемых средств, для чего необходимо количественное сравнение экологической опасности производственных объектов и их компонентов и выявление наиболее опасных участков, требующих особого внимания.

Методика количественной оценки воздействия производства на окружающую среду, разработанная автором, позволяет решать такие задачи.

Безопасность производственных аэрокосмических объектов складывается из нескольких составляющих – безопасности используемых технологических процессов для работников, безопасности объекта для населения и для компонентов окружающей среды.

Экологическая безопасность ($P_{эб}$) – частная характеристика безопасности, отражающая наличие или отсутствие опасностей для окружающей природной среды (ОС). Обеспечение высокой экологической безопасности – актуальная задача для многих авиационных и космических предприятий. Наибольшее влияние оказывают на ОС процессы, осуществляемые при изготовлении и испытаниях компонентов авиационных и космических систем. Отдельная группа экологических опасностей проявляется при процессах взлета и посадки самолетов и при процессах вывода космических объектов на орбиту назначения ракетами-носителями.

Как и другие характеристики безопасности технологических процессов, $P_{зб}$ – виртуальная характеристика. Она не может быть измерена. Измеряются показатели опасности процессов, происходящих в системе ($P_{зо}$), а затем производится расчет величины оценки безопасности:

$$P_{зб} = 1 - P_{зо} \quad (1)$$

Определение количественных оценок возможных опасностей – важный этап работ специалистов по обеспечению безопасности.

Опасность для ОС может определяться для отдельных источников опасности и группироваться по территориально размещенным предприятиям. Предприятие, выделяя в ОС в процессе производственной деятельности различные токсичные вещества и опасные физические излучения, оказывает негативное воздействие на людей, находящихся вблизи, и на другие компоненты экологической системы - растения, животных. Это воздействие является частью общего воздействия, осуществляемого всеми предприятиями данной территории (промышленной зоны, города, региона).

Оценка негативных результатов экологически опасной деятельности хозяйственной системы традиционно проводится в форме вычисления ущерба, приносимого этой деятельностью. Эти результаты могут проявляться в нескольких сферах: медико-демографической, биологической, экологической, социально-экономической.

В настоящее время для этой цели обычно применяется вычисление возможного ущерба (в денежном выражении), наносимого населению и природным объектам. Этот метод оценки экологической опасности

хозяйственных объектов, ясный с принципиальных экономических и юридических позиций, на практике зачастую мало информативен вследствие зависимости размеров ущерба от местных географических, климатических, социально-экономических и иных условий, которые невозможно учесть коэффициентами.

Поэтому при практической оценке экологической опасности производственных объектов существует потребность, наряду с традиционными, и в таком методе, который позволял бы получать объективную количественную оценку экологической опасности объекта применительно к любым местным условиям. При этом желательно, чтобы использование метода не было связано с большим объемом сложных расчетов, не требовало значительных экспериментальных исследований, а получаемые результаты были наглядны и не менялись бы кардинально при повторных оценках и уточненных расчетах.

Прямые методы измерения ущерба, вызываемого экологически опасной деятельностью хозяйственных систем, целесообразны в исследовательской работе, а для практических целей вполне достаточны косвенные методы оценки P_{30} в абсолютной либо в относительной форме.

Косвенные методы основаны на сравнении уровней загрязнения ОС разными хозяйственными объектами, что предполагает одновременно и сравнение возможных последствий этих загрязнений. При использовании косвенных методов измеряется не абсолютный ущерб, приносимый природе

деятельностью данной хозяйственной системы, а относительный, в сравнении с ущербом от деятельности других хозяйственных систем.

Оценка экологической опасности предприятия может быть частной, рассматривающей загрязнение выбросами из него отдельной сферы ОС, например, атмосферы, и комплексной, учитывающей все аспекты производственных загрязнений.

Таким образом, возможны следующие виды количественных оценок экологической опасности предприятия:

- по степени общности оценки:

 - частная оценка (загрязнение водоемов - $P_{эоiv}$),

 - общая оценка (загрязнение всей ОС - $P_{эоi\Sigma}$),

- по форме оценки:

 - абсолютная оценка одного или нескольких предприятий независимо друг от друга;

 - относительная сравнительная оценка экологической опасности нескольких предприятий одновременно.

Абсолютная оценка – расчет ущерба населению и ОС на определенной территории за определенный период времени. Этой форме посвящено немало работ [1 - 4].

К абсолютным показателям можно отнести:

- количество веществ, выбрасываемых в одну из сфер ОС;

- общее количество веществ, выбрасываемых из предприятия в ОС;

- количество токсичных веществ, содержащихся в выбросах из предприятия в ОС;

- показатель токсичности веществ, выбрасываемых с предприятия в одну из сфер ОС, например, в атмосферу:

$$T_{\text{ати}} = \sum_{\mu=1}^{M_{\text{ат}}} g_{\text{ати}\mu} k_{\text{ток}\mu} ; \quad (2)$$

- негативное воздействие токсичных веществ на население: число заболевших $L_{\text{бол}}$, число преждевременно умерших $L_{\text{ум}}$;

- негативное воздействие токсичных веществ на растения и животных: число деградировавших видов $P_{\text{д}}$, $Ж_{\text{д}}$; число погибших видов $P_{\text{пог}}$, $Ж_{\text{пог}}$;

- ущерб, нанесенный:

- населению - $У_{\text{н}}$,

- окружающей среде - $У_{\text{ок}}$.

Эти показатели могут быть выражены в абсолютных физических единицах (т/год, м³/сут., чел./год, растений/год, животных/год). Они объективны, так как не зависят от индивидуальных взглядов на проблему лиц, производящих их определение.

Абсолютные показатели экологической опасности конкретны и могут быть определены только один раз. Через некоторое время величину абсолютного показателя придется пересчитывать.

Относительная оценка экологической опасности предприятия может рассматриваться как вклад предприятия в общее загрязнение ОС. Если на

рассматриваемой территории предприятие одно, то, естественно, все вещества, попавшие в ОС, выделены им. Если же на территории имеются и другие хозяйственные объекты, то данное предприятие является участником загрязнения ОС, вклад которого в общее загрязнение можно определить. Этот вклад и будет относительной оценкой экологической опасности данного предприятия [5].

Относительные оценки имеют немало преимуществ. Поскольку предприятия – объекты долговременные, технология и оборудование на них меняются медленно, относительные оценки оказываются также долговременными, ведь они больше зависят от технологии и оборудования, чем от заказчиков и вариантов продукции.

Относительные оценки могут быть использованы не только для сравнительного анализа соседних предприятий, расположенных на одной территории, но и для предприятий одной отрасли, размещенных на разных территориях. Более того, относительная оценка возможна и для определения наиболее опасных подразделений одного предприятия.

Еще одно направление применения относительных оценок – определение наиболее распространенных опасных веществ среди загрязнителей ОС.

Представляет интерес и сравнение экологической опасности отдельных видов объектов среди родственных групп (транспортных, энергетических, строительных).

Для оценки экологической опасности любой территории необходимо:

- деление территории на территориальные ячейки,
- выявление для каждой территориальной ячейки предприятий, оказывающих наибольшее влияние на экологическую опасность ячейки,
- оценка экологической опасности выделенных предприятий,
- оценка экологической опасности всех территориальных ячеек на основании экологической опасности предприятий,
- оценка экологической опасности территории в целом.

Относительную степень экологической опасности ($P_{э0}$) можно оценивать количественно либо в баллах либо в долях единицы:

$$0 < P_{э0} < 1,0 \quad (3)$$

Определив $P_{э0}$, можно узнать величину $P_{эб}$ из соотношения (1).

В рекомендуемых в настоящее время методиках расчета загрязнения ОС предприятиями используется экономический показатель ожидаемого ущерба ОС, исчисляемого в рублях.

Можно использовать и другие показатели, в том числе выражаемые не финансовыми, а физическими величинами. Этому способствует то, что в механизме негативного воздействия результатов деятельности предприятий прослеживается логическая цепочка: производственная деятельность – производственные выбросы в ОС – загрязнение ОС токсичными веществами и физическими полями – их воздействие на биоту экосистемы (население и природные биообъекты) – негативный результат этого воздействия (выражаемый ухудшением здоровья и повышенной смертностью населения и

деградацией, вымиранием и уничтожением природных растений и животных)
– экономическая оценка негативного результата в рублях.

Разумеется, главная причина особого внимания к проблеме экологической опасности предприятий – последнее звено этой цепи. Поэтому в применяемых до сих пор методиках и используется показатель возможного ущерба ОС. Однако последнее звено невозможно без предыдущих, являясь лишь их следствием. Следовательно, оценка экологической опасности i -го предприятия $P_{эoi}$ возможна по показателям не только конечного, но и любого предшествующего звена этой цепи.

На первом этапе оценка $P_{эoi}$ может производиться по общему количеству выбросов в ОС.

Частные оценки загрязнения ОС:

- загрязнение атмосферы,
- загрязнение природных водоемов,
- загрязнение почвы.

Частные оценки $P_{эoi}$ для s -й сферы ОС на этом этапе могут быть вычислены по формуле:

$$g_{si} = \sum_{\mu=1}^{M_s} g_{si\mu} \quad (4)$$

а общая оценка по формуле:

$$g_{i\Sigma} = \sum_{s=1}^3 g_{is} \cdot \quad (5)$$

Здесь: s – индекс сферы ОС, а μ – индекс веществ, выбрасываемых в ОС ($s = 1$ – атмосфера, $s = 2$ – водоемы, $s = 3$ – почва).

На втором этапе – величина $P_{эoi}$ может быть оценена общей потенциальной токсичностью веществ, выбрасываемых в ОС: в атмосферу – $k_{\Sigma\text{ток.ат}}$, в канализацию – $k_{\Sigma\text{ток.кан}}$, непосредственно в водоемы с поверхностными стоками – $k_{\Sigma\text{ток.в}}$, в почву – $k_{\Sigma\text{ток.п}}$.

Частные оценки токсичности веществ, выбрасываемых i -м предприятием в s -ю сферу ОС могут быть вычислены по формуле:

$$T_{is} = \sum_{\mu=1}^{M_s} g_{is\mu} k_{\text{ток}\mu} \quad (6)$$

а общая оценка ЭО по формуле:

$$T_{i\Sigma} = \sum_{s=1}^3 T_{is}. \quad (7)$$

В принципе величина $k_{\text{ток}\mu}$ должна определяться экспериментально по отношению к токсичности выбранного базового (эталонного) вещества. На практике для упрощения расчетов в качестве $k_{\text{ток}\mu}$ иногда можно принимать отношение предельно допустимых концентраций μ -го и эталонного веществ:

$$k_{\text{ток}\mu} = \frac{\text{ПДК}_{\text{эт}}}{\text{ПДК}_{\mu}} \quad (8)$$

На третьем этапе – оценка величины $P_{эoi}$ возможна общим негативным результатом воздействия на население и ОС:

- $L_{\text{бол}}$, число больных людей,
- $L_{\text{ум}}$, число преждевременно умерших,
- $F_{\text{пог}}$, число погибших видов растений,
- $F_{\text{д}}$, число деградировавших видов растений,
- $H_{\text{пог}}$, число погибших видов животных,
- $H_{\text{д}}$, число деградировавших видов животных.

На заключительном этапе завершающей оценкой $P_{\text{эо}i}$ является величина возможного ущерба – U_i , тыс.руб./год (частная оценка ущерба s-й сфере ОС - U_{is} и общий ущерб для ОС в целом - $U_{i\Sigma}$).

Рассчитать U_i можно по принятым в настоящее время методикам.

Вывод.

Представлен алгоритм поэтапного расчета количественной оценки экологической опасности аэрокосмических производственных объектов. Алгоритм позволяет получать количественную оценку экологической опасности как отдельных участков объекта (гальванических, транспортных, испытательных), так и объекта в целом.

Литература.

1. Антонов Г.Н. Моделирование безопасности сложных организационно-технических систем с использованием программного комплекса ПК АСМ СЗМА. Полет. 2008. № 9. с. 35.
2. Болысов А.И. Обеспечение экологической безопасности ракетно-космической деятельности. Космонавтика и ракетостроение. 2008. № 4. с. 63.

3. Вострикова С.М. Разработка иерархической системы показателей безопасности гальванического производства. Вестник МАИ. 2008. № 6. с. 161.

4. Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на окружающую среду. Справочное пособие. М. Изд. Аникл. 2000. 640 с.

5. Морозов Г.И., Есин А.В. Методика комплексной поэтапной оценки экологической опасности предприятий и промышленных зон. Экологические проблемы больших городов: инженерные решения. Материалы Международного конгресса и выставки. Т.1. М. 1996. с. 124-125.

Сведения об авторах.

Морозов Генрих Иванович, профессор Московского авиационного института (национального исследовательского университета)., д.т.н. Академик РАКЦ, тел.: 63. 331-87-73 e-mail: morozovgi@yandex.ru