DOI: 10.17117/na.2017.01.03.049

<http://ucom.ru/doc/na.2017.01.03.049.pdf>

Поступила (Received): 25.01.2017

**Дмитренко В.П., Булычев С.Н., Горбачев С.И.,
Мануйлова Н.Б., Мессинева Е.М., Мурманцева Е.Ю.
Определение коэффициента экологической
безопасности конструкционных материалов**

**Dmitrenko V.P., Bulychev S.N., Gorbachev S.I.,
Manuylova N.B., Messineva E.M., Murmantseva E.Yu.
Determination of the construction materials
environmental safety index**

В статье рассмотрены вопросы комплексной оценки экологической безопасности конструкционных материалов с учетом стадий полного жизненного цикла изделий. Предложено рассчитывать коэффициент экологической безопасности материала как сумму коэффициентов, отражающих отдельные факторы, возникающие в процессе его жизненного цикла

The paper deals with a comprehensive assessment of the construction materials environmental safety determination, taking into account the complete product life cycle stages. It is proposed to calculate the environmental safety coefficient of the material as the sum of the coefficients reflecting the individual factors that arise during its life cycle

Ключевые слова: конструкционные материалы, оценка воздействия на окружающую среду, оценка экологической безопасности материала, индекс экологической безопасности материала, коэффициент экологической безопасности, окружающая среда

Key words: construction materials, environmental impact assessment, environmental safety assessment of material environmental safety index of the material, environmental safety factor, environment

Дмитренко Владимир Петрович
Доктор технических наук, профессор,
зав. кафедрой
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Dmitrenko Vladimir Petrovch
Doctor of Engineering Sciences, Professor, Head of
Department
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Булычев Сергей Николаевич
Кандидат технических наук, доцент
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Bulychev Sergei Nikolaevich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Горбачев Сергей Игоревич
Кандидат технических наук, доцент
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Gorbachev Sergei Igorevich
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Мануйлова Наталья Борисовна

Кандидат технических наук, доцент
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Manuylova Natalya Borisovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Мессинева Екатерина Михайловна

Кандидат биологических наук, доцент
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Messineva Ekaterina Mikhailovna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Мурманцева Екатерина Юрьевна

Старший преподаватель
Московский авиационный институт
г. Москва, ул. Оршанская, 3

Murmantseva Ekaterina Yurievna

Senior Lecturer
Moscow aviation institute
Moscow, Orshanskaya st., 3

Под конструкционными материалами понимаются твердые материалы, предназначенные для изготовления изделий, подвергаемых механическим нагрузкам [1]. Современные конструкционные материалы, как правило, представляют собой сложные комбинации разнородных веществ, по-разному влияющих на человека и окружающую среду (ОС). Наряду с экологически безопасными веществами в состав многих из них могут входить и высокотоксичные вещества, которые при определенных условиях могут проникать в окружающую среду. В связи с этим, проблема экологической безопасности конструкционных материалов на протяжении их полного жизненного цикла (ЖЦ) становится все более актуальной. Традиционные нормативные подходы, основанные на применении предельно-допустимых концентраций (ПДК) к безопасности материалов не являются достаточно эффективными, поскольку они не могут непосредственно применяться на этапе выбора материала изделия. В связи с вышеизложенным, задача разработки универсальных критериев оценки экологической безопасности конструкционных материалов является чрезвычайно актуальной.

Ранее [2, 3] для оценки экологической безопасности конструкционных материалов было предложено использовать индекс экологической безопасности материала (ИЭБМ) K_u , представляющий собой характеристику экологической безопасности самого материала, вне зависимости от его применения в конкретном изделии. ИЭБМ является интегральной характеристикой материала и позволяет оценить не только потенциальную опасность уже готового материала, но и характеризует нагрузку на ОС на всех этапах получения материала. Укрупнено ИЭБМ можно представить совокупным вкладом трех составляющих (стадий) и соответствующих им коэффициентов экологической безопасности (КЭБ) стадий жизненного цикла материала:

- добычи исходного сырья и его потенциальной экологической опасности ($K_{\text{сырья}} K_{\text{сырье}}$);
- переработки сырья в материал ($K_{\text{изг.мат}}$);
- собственно материала с точки зрения экологической безопасности и воздействия его на организм человека ($K_{\text{мат}}$).

Наиболее простым и легко формализуемым является расчет коэффициента экологической безопасности материала $K_{\text{мат}}$, т.к. его можно представить как сумму КЭБ отдельных факторов:

$$K_{\text{мат}} = K_{\text{хс}} + K_{\text{фс}} + K_{\text{ис}}, \quad (1)$$

где $K_{\text{хс}}$ – КЭБ, зависящий только от химического состава материала, а также применяемых в материале вспомогательных веществ (технологических покрытий, пропиток, аппретов и т.п.);

$K_{\text{фс}}$ – коэффициент, характеризующий наличие потенциально опасных физических свойств в материале или составляющих его веществах;

$K_{\text{ис}}$ – коэффициент, учитывающий физико-химические изменения в материале.

Многие современные материалы являются многокомпонентными (например, композиты) или состоят из ряда веществ (металлические сплавы, полимеры, резины и т.п.). Поэтому при оценке $K_{\text{хс}}$ необходимо учитывать как степень опасности каждого из веществ, так и долю их содержания в материале:

$$K_{\text{хс}} = \sum_{i=1}^n m_i \cdot K_{\text{в}i} \cdot A_{\text{хс}}, \quad (2)$$

где m_i – весовая (объемная) доля i -го вещества в материале;

$K_{\text{в}i}$ – индекс химической опасности i -го вещества;

$A_{\text{хс}}$ – масштабный коэффициент по химическому составу;

n – число веществ в составе материала.

Для мономатериалов (чистые металлы или полимеры) $K_{\text{хс}} = K_{\text{в}}$.

$K_{\text{в}i}$ определяется исходя из класса опасности и ПДК анализируемого вещества. Однако, использование классов опасности непосредственно для расчета $K_{\text{в}i}$ дает слишком грубое приближение, т.к. класс опасности учитывает концентрацию вещества только в форме диапазона и не учитывает, что вещества, относящиеся к одному классу опасности, могут обладать совершенно различной степенью опасности. Непосредственное использование для оценки $K_{\text{в}i}$ ПДК затруднительно, т.к. имеется огромный разброс по концентрациям веществ. Поэтому для оценки $K_{\text{в}i}$ предлагается подход, основанный на использовании относительных оценок. Переход от абсолютных значений ПДК веществ к их относительным значениям осуществляется по формуле:

$$K_{\text{в}i} = \frac{\bar{a}_k}{a_i} \cdot \frac{\bar{a}}{a_i} = \frac{\bar{a}_k \cdot \bar{a}}{a_i^2} K_{\text{в}i} = - \frac{\bar{a}_k}{a_i} \cdot \frac{\bar{a}}{a_i} = - \frac{\bar{a}_k \cdot \bar{a}}{a_i^2}, \quad (3)$$

где a_i – ПДК i -го вещества в воздухе рабочей зоны, мг/м³;

$\bar{a}_k$ – средняя ПДК всех веществ, относящихся к k -му классу опасности, $k = 1..4$, вычисляется по формуле (4);

$\bar{a}$ – средняя ПДК по всем веществам (классам опасности) для воздуха рабочей зоны, присутствующим в стандарте. Данная величина является константой, $\bar{a} = 74.011$.

В зависимости (3) отношение $\bar{a}_k/a_i$ обеспечивает учет влияния ПДК и, соответственно, степени опасности по i -му веществу, а отношение $\bar{a}_k/a_i$ – учет влияния класса опасности вещества. Чем опаснее вещество и чем меньше для него ПДК, тем больше по модулю $K_{\text{в}i}$.

$$\bar{a}_k = \frac{1}{n_k} \sum_{j=1}^{n_k} a_{jk}, \quad (4)$$

где n_k – число веществ в стандарте, относящихся k -му классу опасности. Значения $\bar{a}_k$ для каждого из классов опасности являются константами.

К потенциально опасным физическим свойствам относятся радиоактивность, способность к образованию летучих продуктов, повышенная горючесть, взрывоопасность, высокая химическая активность и т.п. При отсутствии таких свойств $K_{\text{фс}} = 0$. В случае наличия таких свойств данный коэффициент определяется по формуле (5).

$$K_{\text{фс}} = \sum_i m_i \cdot K_{\text{рi}} \cdot A_{\text{р}} + \sum_i m_i \cdot K_{\text{лпi}} \cdot A_{\text{лп}} + \sum_i m_i \cdot K_{\text{гi}} \cdot A_{\text{г}} + \\ + \sum_i m_i \cdot K_{\text{воi}} \cdot A_{\text{во}} + \sum_i m_i \cdot K_{\text{хаi}} \cdot A_{\text{ха}} + \sum_i m_i \cdot K_{\text{офi}} \cdot A_{\text{оф}} \quad (5)$$

где m_i – массовая (объемная) доля i -го химического вещества, обладающего потенциально опасным физическим фактором;

$K_{\text{рi}}, K_{\text{лпi}}, K_{\text{гi}}, K_{\text{воi}}, K_{\text{хаi}}, K_{\text{офi}}$ – индексы соответственно по радиоактивности, образованию летучих продуктов, горючести, взрывоопасности, химической активности и прочих опасных физических факторов для i -го химического вещества;

$A_{\text{р}}, A_{\text{лп}}, A_{\text{г}}, A_{\text{во}}, A_{\text{ха}}, A_{\text{оф}}$ – масштабные коэффициенты соответственно по радиоактивности, образованию летучих продуктов, горючести, взрывоопасности, химической активности и прочих опасных физических факторов для i -го химического вещества.

Коэффициент $K_{\text{ис}}$ характеризует происходящие в течение длительного времени и при нормальных условиях негативные процессы в материале. К таким процессам относятся изменения химического состава компонентов материала в результате старения, разложения, деструкции, а также протекающих химических процессов их естественного взаимодействия, коррозия материала (как под действием окисления воздухом, так и внутренняя коррозия), а также ряд иных потенциально опасных явлений в материале.

Список используемых источников:

1. Дмитренко В.П., Мануйлова Н.Б. *Материаловедение в машиностроении*. М.: ИНФРА-М. 2016. 432 с.
2. Дмитренко В.П., Мануйлова Н.Б., Булычев С.Н., Горбачев С.И. К вопросу экологической безопасности конструкционных материалов // *Безопасность в техносфере*. №1 (58). 2016г. с.12-18.
3. Дмитренко В.П., Горбачев С.И., Булычев С.Н., Мануйлова Н.Б. Разработка принципов оценки экологической безопасности материалов // *Научный альманах*. №1-1(15). 2016. с.421-424.

© 2017, Дмитренко В.П., Булычев С.Н., Горбачев С.И., Мануйлова Н.Б., Мессинева Е.М., Мурманцева Е.Ю.
Определение коэффициента экологической безопасности конструкционных материалов

© 2017, Dmitrenko V.P., Bulychev S.N., Gorbachev S.I., Manuylova N.B., Messineva E.M., Murmantseva E.Yu.
Determination of the construction materials environmental safety index