

Научная статья

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ АМИДНОГО АЗОТА В СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛАХ

✉ **Медведева Людмила Владимировна.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия.**

**Макарчук Галина Васильевна.**

**Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва, Санкт-Петербург, Россия.**

**Бранцевич Геннадий Владимирович.**

**ООО «Испытательный центр», Санкт-Петербург, Россия**

✉ *lumlmed@mail.ru*

*Аннотация.* Актуализирована проблема экологической безопасности промышленных и жилых зданий, обусловленная эмиссией аммиака в воздушную среду помещений.

В процессе исследований установлено, что источниками эмиссии аммиака в воздух помещений являются бетонные конструкции (бетонные стены, перекрытия, колонны и т.п.) и отделочные материалы.

Аммиак образуется в результате гидролиза содержащейся в бетоне мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ , а карбамид (мочевина) и другие подобные вещества применяются в качестве ускорителей твердения и противоморозных добавок, в том числе аммонизированная зола-унос.

В настоящее время санитарно-гигиеническими требованиями установлены предельно допустимые концентрации аммиака (среднесуточная –  $0,04 \text{ мг/м}^3$  и разовая –  $0,2 \text{ мг/м}^3$ ). Отмечено, что крупными застройщиками в мегаполисах при введении в эксплуатацию новых монолитных многоквартирных жилых домов содержание аммиака в помещениях не контролируется, а установленные нормы концентрации аммиака не соблюдаются.

Очевидно, что предотвратить эмиссию аммиака в воздух помещений возможно организацией системы контроля применяемого в строительстве бетона, а также проверки строительных материалов для выявления случаев превышения в них предельно допустимой концентрации карбамида.

Целью статьи является представление результатов исследований, в ходе которых предложена методика расчета предельно допустимой концентрации мочевины в бетонной смеси, не приводящей к превышению концентрации аммиака в помещениях при их эксплуатации выше заданного значения, включающей в себя расчет содержания амидного азота в бетонной смеси.

*Ключевые слова:* экологическая безопасность, бетонные конструкции, аммиак, бетонная смесь, амидный азот, карбамид (мочевина), методика, строительные материалы

**Для цитирования:** Медведева Л.В., Макарчук Г.В., Бранцевич Г.В. К вопросу определения амидного азота в строительных материалах // Проблемы управления рисками в техносфере. 2023. № 2 (66). С. 188–196.

Scientific article

## TO THE QUESTION OF THE DETERMINATION OF AMIDE NITROGEN IN BUILDING MATERIALS

✉ Medvedeva Ludmila V.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia.  
Makarchuk Galina V.

Military institute (engineering and technical) of Military academy of logistics named after army general A.V. Khrulev, Saint-Petersburg, Russia.

Brantsevich Gennady V.

LLC «Testing center», Saint-Petersburg, Russia

✉ [luvlmed@mail.ru](mailto:luvlmed@mail.ru)

*Abstract.* The article actualizes the problem of ammonia emission in industrial and residential buildings into the indoor air.

In the process of research, it was found that the sources of ammonia emission into indoor air are concrete structures (concrete walls, ceilings, columns, etc.) and finishing materials.

In concrete, ammonia is formed as a result of the hydrolysis of urea  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  contained in concrete, and carbamide (urea) and other similar substances are used as hardening accelerators and antifreeze additives, as well as ammoniated fly ash. It is emphasized that the concrete structure is simultaneously a reactor that produces ammonia and a desorber that ensures its emission into the room.

Currently, sanitary and hygienic requirements set the maximum allowable concentrations of ammonia (daily average –  $0,04 \text{ mg/m}^3$  and single –  $0,2 \text{ mg/m}^3$ ). It was noted that when commissioning new monolithic multi-apartment residential buildings, large developers in megacities do not control the content of ammonia in the premises, and the established standards for the concentration of ammonia are not observed.

Obviously, it is possible to prevent the emission of ammonia into indoor air by organizing a control system for concrete used in construction, as well as checking building materials to identify cases of exceeding the maximum permissible concentration of urea in them.

The purpose of the article is to present the results of studies, during which a method for calculating the maximum allowable concentration of urea in a concrete mixture is proposed, which does not lead to an excess of ammonia concentration in rooms during their operation above a given value, and also approximate standards for the content of amide nitrogen in building materials are established.

*Keywords:* environmental safety, concrete structures, ammonia, amide nitrogen, urea, concrete mix, building materials

**For citation:** Medvedeva L.V., Makarchuk G.V., Brantsevich G.V. To the question of the determination of amide nitrogen in building materials // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2023. № 2 (66). P. 188–196.

### Введение

В настоящее время решение проблемы эмиссии газообразного аммиака ( $\text{NH}_3$ ) в промышленных и жилых зданиях в воздушную среду помещений становится чрезвычайно актуальной проблемой экологической безопасности. Аммиак относят к четвертому классу опасности, так как он необратимо воздействует не только на органы дыхания и кожные покровы живых организмов, вызывая кашель, покраснение и зуд, но и на слизистые

оболочки глаз. У человека при действии газообразного аммиака может возникать боль в глазах и обильное слезотечение, вызванные химическим ожогом роговицы и конъюнктивы.

В процессе исследований установлено, что источником эмиссии аммиака в воздух помещений являются бетонные конструкции (бетонные стены, перекрытия, колонны и т.п.) и отделочные материалы, которые содержат, как правило, мочевины (карбамид), соли аммония, аммонизированную золу-унос для ускорения процессов твердения бетона и повышения его устойчивости к воздействиям низких температур.

Предельно допустимыми концентрациями (ПДК) содержания аммиака являются следующие нормы: ПДК среднесуточная –  $0,04 \text{ мг/м}^3$ , ПДК разовая –  $0,2 \text{ мг/м}^3$  [1–3].

Однако при введении в эксплуатацию новых монолитных многоквартирных жилых домов различных застройщиков регулярно в воздухе помещений фиксируются превышения установленных ПДК содержания газообразного аммиака [4].

Очевидно, что предотвратить эмиссию аммиака в воздух помещений возможно организацией системы контроля применяемого в строительстве бетона, а также проверки строительных материалов для выявления случаев превышения в них ПДК амидного азота.

Цель статьи – представить результаты исследований, в ходе которых предложена методика расчета ПДК мочевины в бетоне и предельно допустимой концентрации амидного азота в бетонной смеси.

### Способы снижения эмиссии аммиака из бетона

В бетоне происходит гидролиз аммониевых соединений и гидратация портландцемента с образованием различных химических соединений, в том числе в результате гидролиза содержащейся в бетоне мочевины  $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$  появляется аммиак, который адсорбируется в порах бетона [1].

В результате аммиак может выделяться из бетонной конструкции в воздух помещения в концентрациях, превышающих ПДК.

В настоящее время задача снижения эмиссии аммиака в воздушную среду жилых помещений решается в двух направлениях [5]:

- уменьшение концентрации азотосодержащих веществ в поступающем на стройку сырье;
- нейтрализация опасных воздействий азотосодержащих веществ как в сырьевых компонентах, так и в готовых бетонных смесях.

Для нейтрализации опасных воздействий азотосодержащих веществ в бетонных смесях и предотвращения эмиссии аммиака в воздушную среду помещений предложены следующие способы [2, 3, 5, 6]:

- уменьшение пористости строительных конструкций (способ кольматирования);
- введение пуццолановой добавки в цементное вяжущее;
- нанесение на поверхность бетонной конструкции нейтрализатора аммиака – OxRed;
- обработка затвердевшего бетона поврежденных строительных конструкций специальным композитным материалом.

*В первом способе* разработан процесс кольматирования, включающий в себя два этапа:

- использование специальной смеси гранитной пыли и жидкого стекла («Гранит») для грунтования поверхности бетонной конструкции;
- «консервация» аммиака в порах бетона с помощью полиуретановой композиции «Элакор-ПУ», которая наносится на поверхность бетона.

Газообразные продукты, в том числе и аммиак, «консервируются» в порах бетона, что по мере накопления газообразных продуктов может обусловить негативные изменения структуры бетона. В этом заключается недостаток предложенного способа нейтрализации аммиака.

*Во втором способе* используют пуццолановую добавку, в которой применяется зольная пыль. В золу-унос (зольную пыль), которая содержит аммиак, добавляется либо

окислитель в виде гипохлоритов кальция, лития и натрия ( $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ ,  $\text{LiOCl}$ ,  $\text{NaOCl}$ ), либо трихлоризоциануровая кислота ( $\text{C}_3\text{N}_3\text{O}_3\text{Cl}_3$ ). В результате химической реакции аммиака и гипохлорита появляются монохлорамин и хлористые соли, которые безвредны в низких концентрациях для бетона. Монохлорамин и хлористые соли являются стабильными и не рассеиваются в воздухе (патент US 2003205173 МПКА62D 3/00; А62D 3/38; С04В 18/08; G01N 33/00; G01N 33/38; А62D 101/08; А62D 101/45; IPC 1-7: В01J 8/00; С04В 18/06 от 6 ноября 2003 г.). Недостатком этого метода является ограниченность применения.

В третьем способе для нанесения на поверхность бетонной конструкции используется нейтрализатор аммиака – OxRed, разработанный с добавлением фуллеренов – углеродных кластеров фуллероидного типа, которые модифицируют раствор окислителя, стабилизируют его структуру и тем самым способствуют проникновению окислителя вглубь бетона [2].

По мере усиления пенетрационных свойств раствора окислителя увеличивается глубина его проникновения в поры бетона. При этом возрастает эффективность окислительно-восстановительной реакции в порах бетона с мочевиной и другими примесями, содержащими аммоний. Процесс превращения аммиака под действием окислителя в азот сопровождается интенсивным газообразованием. При необходимости (в зависимости от концентрации аммиака в бетоне) поверхность бетона обрабатывают два раза.

В четвертом способе на затвердевший бетон поврежденных строительных конструкций, содержащих мочевины (противоморозные добавки), воздействуют композиционным материалом (патент SK 151099 МПК С04В 41/00, С04В 41/53, С04В 41/00 от 11 июня 2001 г.).

Активным веществом композиционного материала (композита) могут являться неорганические и/или органические кислоты (фосфорная кислота, лимонная кислота, винная кислота, паратолуолсульфоуксусная кислота, бензойная кислота, щавелевая кислота).

Кислота композита реагирует с аммиаком, а в результате этого химического взаимодействия образуется соль аммония, которая находится в инертном и устойчивом состоянии в воздушной среде помещения. Недостатком метода является вероятность неполного связывания аммиака активным веществом вследствие глубокого и быстрого проникновения композиционного материала в бетонную конструкцию.

### Методы исследования

ООО «Испытательный Центр» (Санкт-Петербург) совместно с кафедрой «Системы жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры» Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева при проведении исследований [2, 3, 7–10] предложена методика расчета допустимой концентрации мочевины в бетонной смеси, не приводящей к превышению концентрации аммиака в помещениях при их эксплуатации выше заданного значения.

Для температуры эксплуатации помещений  $25^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха в помещении 50 % расчет предельной допустимой концентрации (ПДК) мочевины в бетоне производится по формуле:

$$K_{MB} = 10175 \frac{A_{ПДК} K_{ВО}}{P_{БП} \ln \frac{B_{УБП}}{12,827}}, \quad (1)$$

где  $K_{MB}$  – предельно допустимая концентрация мочевины в бетоне (мг/кг);  
 $A_{ПДК}$  – предельная допустимая концентрация аммиака в воздухе помещений (мг/м<sup>3</sup>);

$K_{BO}$  – расчетная кратность воздухообмена в помещении ( $\text{час}^{-1}$ );  $P_{БП}$  – площадь бетонных поверхностей, выходящих в помещение, в расчете на единицу объема помещения ( $\text{м}^2/\text{м}^3$ );  $V_{УБП}$  – усредненная масса бетона, приходящаяся на единицу площади бетонных поверхностей ( $\text{кг}/\text{м}^2$ ).

Санитарно-гигиеническими нормативами (ГН 2.1.6.1338–03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест») установлены предельные допустимые концентрации аммиака ( $A_{ПДК}$ ): среднесуточная ПДК составляет  $0,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ , а разовая –  $0,2 \text{ мг}/\text{м}^3$ .

Если в помещении находятся зоны с различной кратностью воздухообмена (например, жилые комнаты, кухня и т.п. в квартире), в расчет принимается минимальная кратность воздухообмена.

Площадь бетонных поверхностей, выходящих в помещение  $P_{БП}$ , включает все бетонные поверхности: полы, потолки, несущие и ненесущие бетонные стены. При этом принимается в расчет площадь только тех поверхностей, которые выходят в данное помещение.

При расчете усредненной массы бетона  $V_{УБП}$  учитывается общий вес бетонных конструкций и их общая площадь поверхности, не только выходящая внутрь помещения, для которого осуществляется расчет, но и в другие помещения.

### Результаты исследований и их обсуждение

Рассмотрим этапы предложенной методики расчета допустимой концентрации мочевины в бетонной смеси, не приводящей к превышению концентрации аммиака в помещениях при их эксплуатации выше заданного значения, на примере расчета ПДК мочевины в бетоне при заданных параметрах жилого помещения.

1. Исходные параметры жилого помещения:

- площадь квартиры –  $54 \text{ м}^2$ , объем –  $150 \text{ м}^3$ ;
- площадь бетонных стен, выходящих в квартиру –  $103 \text{ м}^2$ ;
- толщина стен и перекрытий –  $16 \text{ см}$ .

Все стены, верхнее и нижнее перекрытия – бетонные.

ПДК мочевины  $A_{ПДК}=0,04 \text{ мг}/\text{м}^3$ , расчетная кратность воздухообмена в помещении  $K_{BO}$  согласно проектной документации составляет  $0,5 \text{ час}^{-1}$ .

2. Расчет ПДК мочевины жилого помещения:

2.1. Площадь бетонных поверхностей, выходящих в помещение, в расчете на единицу объема помещения  $P_{УБП}$  равна:

$$\frac{\text{площадь пола} + \text{площадь потолка} + \text{площадь бетонных стен}}{\text{объем квартиры}} = \frac{54 + 54 + 103}{150} = \frac{211}{150} = 1,407 \text{ м}^2/\text{м}^3.$$

2.2. Общий вес бетонных конструкций (плотность бетона равна  $2\,400 \text{ кг}/\text{м}^3$ ) равен:

$$(54 + 54 + 103) \cdot 0,16 \cdot 2\,400 = 81\,024 \text{ кг}.$$

2.3. Площадь поверхностей бетонных конструкций составит:

$$211 \cdot 2 = 422 \text{ м}^2.$$

2.4. Усредненная масса бетона, приходящаяся на единицу площади бетонных поверхностей:

$$V_{убп} = \frac{Вес}{Площадь} = \frac{81024}{422} = 192 \text{ кг/м}^2.$$

2.5. ПДК мочевины в бетоне по формуле (1):

$$K_{МБ} = \frac{10175 \cdot 0,04 \cdot 0,5}{1,407 \ln \frac{192}{12,827}} = \frac{203,5}{1,407 \ln 14,827} \approx 53,5 \text{ мг/кг.}$$

Таким образом, чтобы обеспечить ПДК по аммиаку содержание мочевины в бетоне не должно превышать 53 мг/кг.

2.6. Масса бетонных конструкций (толщина стен и верхнего перекрытия – 16 см, а толщина нижнего перекрытия – 30 см) составит:

$$M = (54+103) \cdot 0,16 + 54 \cdot 0,30 \cdot 2400 = 99\,168 \text{ кг.}$$

2.7. Усредненная масса бетона, приходящаяся на единицу площади бетонных поверхностей, будет равна:

$$V_{убп} = \frac{Масса}{Площадь} = \frac{99168}{422} \approx 235 \text{ кг/м}^2.$$

2.8. ПДК мочевины в бетоне равна:

$$K_{МБ} = \frac{10175 \cdot 0,04 \cdot 0,5}{1,407 \ln \frac{235}{12,827}} = \frac{203,5}{1,407 \ln 18,321} \approx 49,7 \text{ мг/кг.}$$

2.9. Предельно допустимая масса амидного азота в 1 кг бетона равна:

$$m_{амидного азота} = \frac{49 \cdot 32}{60} = 26,13 \left( \frac{мг}{кг} \right),$$

где 49 мг/кг – ПДК мочевины в бетоне; 32 г/моль – содержание амидного азота в мочеvine (с учетом двух амидных групп); 60 г/моль – молярная масса мочевины.

3. С учетом допустимой погрешности измерений в эксперименте (25 %) ошибку результатов расчетов принимаем равной 20 % и получаем ПДК амидного азота:

$$m_{амидного азота} = 26,13 \times 0,8 = 20,904 \left( \frac{мг}{кг} \right).$$

Таким образом, ПДК амидного азота в бетоне не более 20 мг/кг.

В таблице приведен расчет количества амидного азота на 1 кг цемента при приготовлении бетонной смеси [11, 12].

Соответственно, если до начала строительных работ выявлено, что содержание амидного азота в бетонной смеси превышает 20 мг/кг, то применение данной смеси на объекте строительства является недопустимым и должно быть запрещено.

Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> БС	Количество, кг	Количество цемента на 1 кг БС	Количество (мг) амидного азота, допустимое на 1 кг цемента
Цемент, кг	375	375/2 377,7 =	20/0,1578 =
Песок, кг	790		
Щебень, кг	1 030		
Добавка «Glenium 323 MIX», кг	2,7		
Вода, кг	180		
<b>Всего вес</b>	<b>2 377,7</b>	<b>0,157715439</b>	<b>126,8106667</b>
Цемент, кг	389,96	389,96/2395,74 =	20/0,1627 =
Песок, кг	849,46		
Щебень, кг	1 024,5		
Добавка «Glenium 323 MIX», кг	2,77		
Вода, кг	129,05		
<b>Всего вес</b>	<b>2 395,74</b>	<b>0,162772254</b>	<b>122,8710637</b>

### Заключение

В ООО «Испытательный Центр» (Санкт-Петербург) совместно с кафедрой «Системы жизнеобеспечения объектов военной инфраструктуры» Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева предложена методика расчета ПДК мочевины в бетоне и ПДК амидного азота в бетонной смеси.

Результаты проведенных исследований подтверждены протоколами лабораторных испытаний в ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в городе Санкт-Петербурге и Ленинградской области».

Представленные результаты исследований позволяют продолжить разработку экспериментальной методики определения амидного азота в строительных материалах.

### Список источников

1. Шиманов В.Н. Проблема эмиссии аммиака из бетонных конструкций // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5.
2. Отчет НИР № Гос. регистрации 01201065826. СПб.: ГАСУ, 2011.
3. Сивков С.П. Эмиссия аммиака из цементных бетонов // Технологии бетона. 2012. № 5-6. С. 15–17.
4. Опасный бетон: как стройматериал вредит здоровью новоселов // Новострой-М. URL: [https://www.novostroy-m.ru/intervyu/opasnyy\\_beton-](https://www.novostroy-m.ru/intervyu/opasnyy_beton-) (дата обращения: 16.11.2022).
5. Азот в строительстве: особенности и способы применения // Промтехгаз. URL: <http://xn--80affkvlgui5a.xn--p1ai/azot-v-stroitelstve-osobennosti-i-sposoby-primeneniya/> (дата обращения: 13.03.2023).
6. Эмиссия аммиака из бетонных конструкций и методы ее снижения / Ю.В. Пухаренко [и др.] // СтройПРОФИ. 2013. № 10.
7. Санитарно-химические исследования изделий, изготовленных из полимерных и других синтетических материалов, контактирующих с пищевыми продуктами. Приложение 22 к инструкции 2.3.3.10-15-64–2005 // Библиотека нормативной документации. URL: <http://www.files.stroyinf.ru> (дата обращения: 16.11.2022).

8. НД № 01–07. Методические рекомендации по анализу объектов неизвестного состава методами хромато-масс-спектрометрии, газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии, атомно-абсорбционной спектрометрии, масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.02.2023).

9. НД 01.11.32. Методика измерений массовой доли амидного азота в строительных материалах // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.02.2023).

10. СанПин 2.1.2.729–99. Полимерные и полимерсодержащие строительные материалы, изделия и конструкции. Гигиенические требования безопасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.02.2023).

11. ГН 21.6.1338–03. ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест, определение миграции аммиака в воздушную среду // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.02.2023).

12. ГН 2.1.61338–03. Атмосферный воздух и воздух закрытых помещений. Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Гигиенические требования // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 21.02.2023).

## References

1. Shimanov V.N. Problema emissii ammiaka iz betonnyh konstrukcij // *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. № 5.

2. Otchet NIR № Gos. registracii 01201065826. SPb.: GASU, 2011.

3. Sivkov S.P. Emissiya ammiaka iz cementnyh betonov // *Tekhnologii betona*. 2012. № 5-6. S. 15–17.

4. Opasnyj beton: kak strojmaterial vredit zdorov'yu novoselov // *Novostroy-M*. URL: [https://www.novostroy-m.ru/intervyu/opasnyy\\_beton-](https://www.novostroy-m.ru/intervyu/opasnyy_beton-) (data obrashcheniya: 16.11.2022).

5. Azot v stroitel'stve: osobennosti i sposoby primeneniya // *Promtekhgaz*. URL: <http://xn--80affkvlgiu5a.xn--p1ai/azot-v-stroitelstve-osobennosti-i-sposoby-primeneniya/> (data obrashcheniya: 13.03.2023).

6. Emissiya ammiaka iz betonnyh konstrukcij i metody ee snizheniya / Yu.V. Puharenko [i dr.] // *StrojPROFI*. 2013. № 10.

7. Sanitarno-himicheskie issledovaniya izdelij, izgotovlennyh iz polimernyh i drugih sinteticheskikh materialov, kontaktiruyushchih s pishchevymi produktami. Prilozhenie 22 k instrukcii 2.3.3.10-15-64–2005 // *Biblioteka normativnoj dokumentacii*. URL: <http://www.files.stroyinf.ru> (data obrashcheniya: 16.11.2022).

8. ND № 01–07. Metodicheskie rekomendacii po analizu ob"ektov neizvestnogo sostava metodami hromato-mass-spektrometrii, gazovoj i vysokoeffektivnoj zhidkostnoj hromatografii, atomno-absorbcionnoj spektrometrii, mass-spektrometrii s induktivno-svyazannoj plazmoj // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.02.2023).

9. ND 01.11.32. Metodika izmerenij massovoj doli amidnogo azota v stroitel'nyh materialah // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.02.2023).

10. SanPin 2.1.2.729–99. Polimernye i polimersoderzhashchie stroitel'nye materialy, izdeliya i konstrukcii. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti // *Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhneskoj dokumentacii*. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.02.2023).



11. GN 21.6.1338–03. PDK zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest, opredelenie migracii ammiaka v vozdušnuyu sredu // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhniceskoi dokumentacii. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.02.2023).

12. GN 2.1.61338–03. Atmosfernyj vozduh i vozduh zakrytyh pomeshchenij. Predel'no dopustimye koncentracii zagryaznyayushchih veshchestv v atmosfernom vozduhe naselennyh mest. Gigienicheskie trebovaniya // Elektronnyj fond pravovoj i normativno-tekhniceskoi dokumentacii. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (data obrashcheniya: 21.02.2023).

**Информация о статье:**

Статья поступила в редакцию: 16.03.2023; одобрена после рецензирования: 29.03.2023; принята к публикации: 07.04.2023

**The information about article:**

The article was submitted to the editorial office: 16.03.2023; approved after review: 29.03.2023; accepted for publication: 07.04.2023

*Информация об авторах:*

**Медведева Людмила Владимировна**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы, e-mail: [luvlmed@mail.ru](mailto:luvlmed@mail.ru)

**Макарчук Галина Васильевна**, доцент кафедры военной архитектуры, автоматизированных систем проектирования, естественно-научных дисциплин Военного института (инженерно-технического) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулёва (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), кандидат педагогических наук, доцент

**Бранцевич Геннадий Владимирович**, генеральный директор ООО «Испытательный центр» (196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 25, к. 1), e-mail: [<icentrspb@bk.ru>](mailto:icentrspb@bk.ru)

*Information about the authors:*

**Medvedeva Lyudmila V.**, professor of the department of physical and technical fundamentals of fire safety of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), doctor of pedagogical sciences, professor, honored worker of higher education, e-mail: [luvlmed@mail.ru](mailto:luvlmed@mail.ru)

**Makarchuk Galina V.**, associate professor of the department of military architecture, automated design systems, natural sciences of the Military institute (engineering and technical) Military academy of logistics named after general of the army A.V. Khrulev (199034, Saint-Petersburg, nab. Makarova, 8), candidate of pedagogical sciences, associate professor

**Brantsevich Gennady V.**, general director of LLC «Test center» (196158, Saint-Petersburg, Moskovskoe sh., 25, building 1), e-mail: [<icentrspb@bk.ru>](mailto:icentrspb@bk.ru)