

Интернет-журнал «Наукovedение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol7-6>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/151TVN615.pdf>

DOI: 10.15862/151TVN615 (<http://dx.doi.org/10.15862/151TVN615>)

УДК 502.3:504.5-03

Гурова Оксана Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Россия, Ростов-на-Дону
Доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды»
Кандидат технических наук
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Беспалов Вадим Игоревич

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Россия, Ростов-на-Дону¹
Заведующий кафедрой «Инженерная защита окружающей среды»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Самарская Наталья Сергеевна

ФГБОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет»
Россия, Ростов-на-Дону
Доцент кафедры «Инженерная защита окружающей среды»
Кандидат технических наук
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Оценка экологической эффективности и энергетической экономичности применения пены в виде пенного аэрозоля для очистки выбросов предприятий строительной индустрии от токсичных компонентов

¹ 344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162, ауд. 1-406

Аннотация. Основываясь на результатах практических исследований в области охраны окружающей городской среды для предприятий строительной индустрии, из пяти основных функциональных элементов, представляющих в совокупности инженерные системы снижения загрязнения воздушной среды, основное внимание уделяется очистке вентиляционного воздуха. Вследствие многообразия методов, способов и конструктивных решений реализации процесса очистки для предприятий стройиндустрии по проведенному авторами анализу гидродинамический метод является наиболее эффективным. В качестве результирующих критериев оценки реализации процесса очистки предложены экологическая эффективность и энергетическая экономичность. В статье авторы проводят оценку экологической эффективности и энергетической экономичности одной из наиболее перспективных технологий реализации процесса очистки выбросов предприятий строительной индустрии гидродинамическим методом с применением пены, которая в активной зоне реализации процесса очистки представлена пенным аэрозолем (дискретные пузырьки). При этом авторы анализируют физическую сущность гидродинамического метода очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных компонентов) пенным способом с применением пенного аэрозоля и получают в результате параметрические зависимости для энергоемкостного показателя и эффективности процесса очистки воздуха. Результаты проведенных расчетов авторы представляют графически.

Ключевые слова: предприятия строительной индустрии; очистка отходящих и выхлопных газов; гидродинамический метод очистки; токсичные компоненты; вентиляционный воздух; экологическая эффективность; энергетическая экономичность; способы очистки отходящих газов; средства очистки выбросов; пена в виде пенного аэрозоля.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гурова О.М., Беспалов В.И., Самарская Н.С. Оценка экологической эффективности и энергетической экономичности применения пены в виде пенного аэрозоля для очистки выбросов предприятий строительной индустрии от токсичных компонентов // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №6 (2015) <http://naukovedenie.ru/PDF/151TVN615.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/151TVN615

Статья опубликована 25.11.2015.

В современных условиях урбанизации при сложившейся структуре функционального зонирования городов проявляется тенденция развития именно селитебной зоны, что выражается, прежде всего, ростом офисных и бизнес-центров, коммерческих и общественных организаций, а также других учреждений непромышленной сферы [4, 5, 6, 7, 9]. В отличие от таких учреждений промышленные предприятия сосредоточены вблизи городских окраин или в нескольких километрах от города в специально организованной для них промышленной зоне. Лишь предприятия стройиндустрии, а также объекты строительства, остаются на городской территории, что имеет свои положительные и отрицательные стороны [1, 8].

Целесообразность размещения предприятий строительной индустрии на территориях городских застроек и крупных населенных пунктов обусловлено рядом причин, основными из которых являются следующие [2, 3]. Во-первых, строительные предприятия необходимо размещать в районах доступных для потребителей продукции, имеющих необходимые удобные транспортные связи, необходимый уровень обслуживания работников. Отдаленность предприятий от таких районов приводит к значительному увеличению капитальных и эксплуатационных затрат. Во-вторых, должна обеспечиваться связь с системами жизнеобеспечения, например, объектами водоснабжения, канализации, энергоснабжения и другими инженерными сооружениями и коммуникациями. В-третьих, необходимо наличие резерва производительных сил, который имеется в основном в крупных городах и населенных пунктах, что в свою очередь облегчит комплектование, расселение и бытовое обустройство работников. Таким образом, размещение строительных предприятий на территории городов и крупных населенных пунктов способствует повышению производительности труда и снижению издержек производства.

Однако предприятия строительной индустрии оказывают негативное воздействие (акустическое, вибрационное, тепловое, химическое) на окружающую среду города, при этом преимущественное значение имеет химическое загрязнение воздушной среды [2, 3]. Предприятиями строительной отрасли ежегодно выбрасывается в атмосферный воздух более 4 млн. тонн загрязняющих веществ, содержащих 85 загрязняющих пылевых компонентов, в том числе 2,4 млн. тонн или 58% твердой неорганической пыли, которая представляет собой мельчайшие твердые частицы и оказывает негативное воздействие на объекты инфраструктуры города и его население.

В производственных условиях с образованием пыли чаще всего связаны процессы дробления, размола, просева, распиловки, пересыпки и других перемещений сыпучих материалов. В строительной отрасли при выполнении технологических процессов, связанных с дроблением и сортировкой камня, погрузкой и разгрузкой цемента, извести, гипса, просеиванием песка и шлака и др., выделяется значительное количество пыли. Мельчайшие частицы минеральной пыли способны длительное время находиться во взвешенном состоянии в воздухе рабочей зоны, которым дышат работающие. Самым распространенным источником образования и пылевыведения на многих производствах является узел перегрузки сыпучего материала с конвейера на конвейер или с конвейера на другое технологическое оборудование. Одним из основных видов сырья является щебень различных фракций и песок. В результате происходит образование и выделение пыли за счёт механического взаимодействия частиц технологического сырья (щебня, песка) между собой, а также их соударения со стенками оборудования.

В практике охраны окружающей городской среды для предприятий строительной индустрии приходится рассчитывать, проектировать и конструировать инженерные системы снижения загрязнения воздушной среды, включающие, в общем случае, пять основных функциональных элементов [10]:

- связывание загрязняющих веществ (токсичных компонентов) в зоне источника их образования с основным потоком (объёмом) технологического сырья;
- задержание загрязняющих веществ (токсичных компонентов) в зоне источника их выделения в воздушную среду, в непосредственной близости от основного потока (объёма) технологического сырья;
- улавливание загрязняющих веществ (токсичных компонентов) в непосредственной близости от источника их выделения в воздушную среду;
- очистку вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных компонентов) непосредственно перед их выбросом в атмосферу;
- рассеивание загрязняющих веществ (токсичных компонентов) в приземном слое атмосферы непосредственно после их выброса.

Из перечисленных функциональных элементов наиболее значимым для обеспечения экологической безопасности воздушной среды городских территорий является элемент очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (ЗВ).

Особого внимания заслуживают вопросы, связанные с выбором оптимальной технологии (метод – способ – вид) [11] и расчета соответствующих технологических параметров реализации процесса очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных компонентов) для предприятий строительной индустрии. Теория и практика реализации процесса очистки постоянно развиваются, разрабатываются новые методы и способы очистки, новые конструкции устройств, оригинальные аппараты. Однако наиболее эффективной и весьма перспективной технологией реализации процесса очистки является применение гидродинамического метода очистки пенным способом, когда в качестве воздействующей на загрязняющие вещества (токсичные компоненты) используют дисперсную систему в форме пены, которая в активной зоне реализации процесса очистки может быть в виде пенного аэрозоля (дискретных пузырьков).

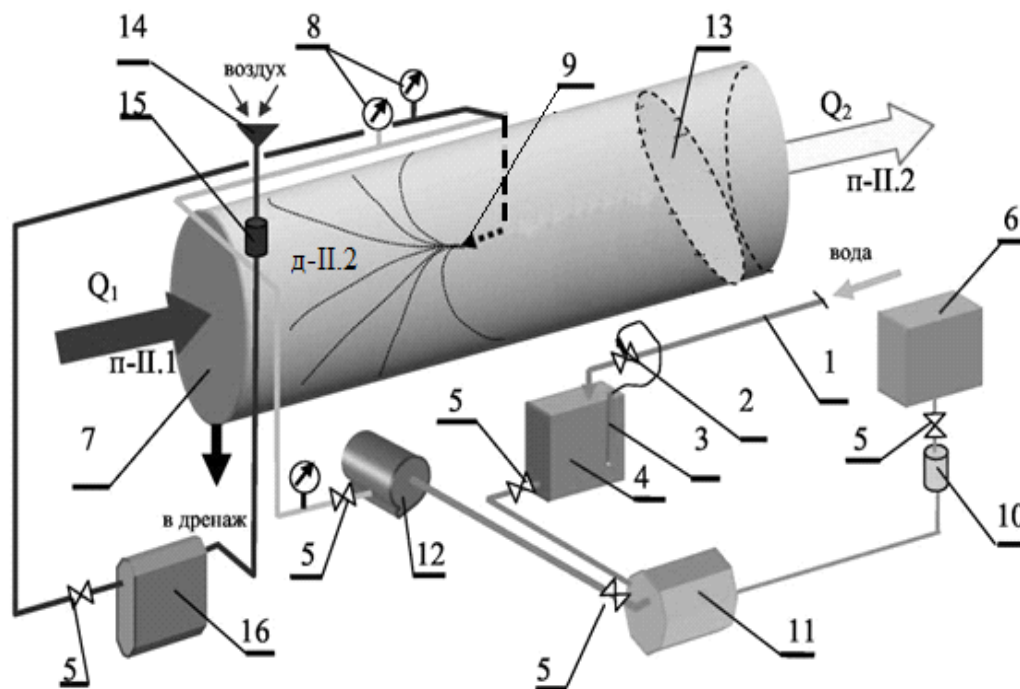
Методы исследования базируются на основных положениях теории дисперсных систем, системного анализа и теории моделирования систем, аналитическим обобщением известных научных и практических результатов, методах теории вероятности и математической статистики, экспертных оценках и других методах.

Физическая сущность гидродинамического метода очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных компонентов) пенным способом с применением пенного аэрозоля, получаемого с помощью форсунки, заключается в целенаправленном воздействии на поступающие в активную зону очистки частицы загрязняющего вещества (токсичного компонента) заранее подготовленной по параметрам «внешней» дисперсной системой, представленной пузырьками пенного аэрозоля, обладающими смачивающими свойствами, обеспечивающими разделение дисперсной фазы (частиц загрязняющего вещества) и вентиляционного воздуха (основного потока отходящих газов) с последующим выбросом очищенного воздуха (очищенных газов) в атмосферу.

Технологическая схема реализации гидродинамического метода очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных компонентов) пенным способом с применением пенного аэрозоля, получаемого с помощью форсунки, представлена на рисунке 1.

Принцип действия технологической схемы заключается в следующем. Вода из магистрального хозяйственного водопровода 1 через электромагнитный клапан 2 поступает в емкость 4, уровень воды в которой поддерживается автоматически с помощью РСУ 3. Из

емкости 4 вода подается к смесителю 11. Одновременно пенообразователь из емкости его хранения 6 подается в дозатор 10, а затем - к смесителю 11. Дозатор 10 обеспечивает требуемый расход пенообразователя, а смеситель 11 - заданную концентрацию раствора пенообразователя. С помощью насосной установки 12 готовый раствор пенообразователя подается к оросителю 9. При этом воздух из внешней воздушной среды с помощью компрессорной установки 16 через воздухозаборное устройство 14 и фильтр очистки 15 также подается к оросителю 9.



1- магистральный хозяйственный водопровод; 2- электромагнитный клапан; 3- регулятор среднего уровня (РСУ); 4- емкость для рабочей жидкости; 5- запорно-регулирующая арматура; 6- емкость хранения пенообразователя; 7- активная зона очистки; 8- манометры; 9- ороситель; 10- дозатор пенообразователя; 11- смеситель; 12- насосная установка; 13- пеноуловитель; 14- воздухозаборное устройство; 15 – воздухоочиститель; 16- компрессорная установка.

Рисунок 1. Технологическая схема реализации процесса очистки вентиляционного воздуха (отходящих газов) пенным способом с применением пенного аэрозоля, получаемого с помощью форсунки

В результате оросительное устройство 9 в активной зоне 7 реализации процесса очистки формирует факел диспергированной жидкости, состоящий из пузырьков пенного аэрозоля с ярко выраженными смачивающими свойствами, которые сталкиваясь с частицами загрязняющего вещества, смачивают их и осаждаются из воздушного потока, обеспечивая его очистку от частиц загрязняющего вещества. После чего очищенный воздушный поток направляют на выброс в атмосферу. При этом образующийся шлам направляют в дренаж. Для обеспечения возможности обслуживания дозатора 10, смесителя 11, насосной установки 12 и компрессорной установки 16 предусмотрена ЗРА 5. Для обеспечения контроля давления раствора пенообразователя и сжатого воздуха перед оросительным устройством (форсункой) 9 установлены манометры 8. Для предотвращения уноса пены из активной зоны очистки 7 установлен пеноуловитель 13.

Выполненное авторами математическое описание гидродинамического метода очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов от загрязняющих веществ (токсичных

компонентов) пенным способом с применением пенного аэрозоля, получаемого с помощью форсунки сводится к получению параметрических зависимостей эффективности и энергоемкостного показателя рассматриваемого процесса очистки. В результате исследований, проведенных авторами, получены такие зависимости.

Параметрическая зависимость эффективности процесса очистки пенным способом с применением пенного аэрозоля имеет вид:

$$E_{эф(но)}^{(эд)} = 1 - \left(1 - \frac{\rho_n \cdot D_n^2 \cdot g_n}{18\mu_e \cdot D_{nn} \cdot \left(\frac{\rho_n \cdot D_n^2 \cdot g_n}{18\mu_e \cdot D_{nn}} + 10^{n_3 \cdot A_7} \right)} \right) \cdot \left(1 - 0,032q \sqrt{\frac{D_{nn} \cdot \rho_p}{Q_p \cdot D_n \cdot \mu_e \cdot g_n}} \right), \quad (1)$$

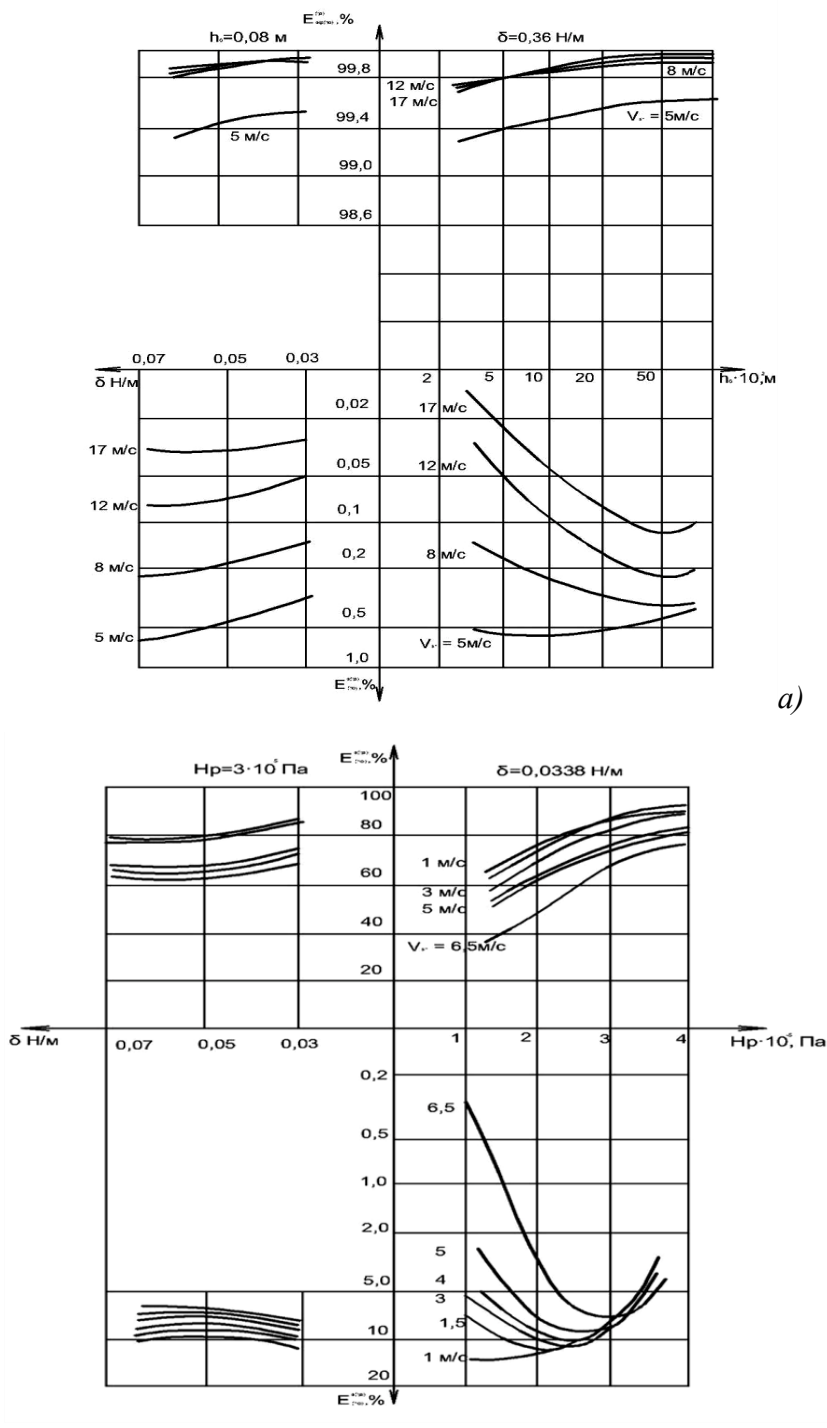
где D_{nn} – средний медианный диаметр пенных пузырьков, м; n_3 – коэффициент, характеризующий соотношение фактической и критической скоростей движения частиц ЗВ и пузырьков пены; A_7 – коэффициент полноты перекрытия поперечного сечения активной зоны очистки пенным аэрозолем; ρ_p – плотность раствора пенообразователя, кг/м³; Q_p – расход раствора пенообразователя перед выходным сечением оросителя, м³/с.

При этом параметрическая зависимость энергоемкостного показателя процесса очистки пенным способом с применением пенного аэрозоля имеет вид:

$$E_{эф(но)}^{(эд)} = \frac{E_{эф(но)}^{(эд)} \cdot Q_p \cdot h_A \cdot B_2 \cdot \left(0,5\rho_n \cdot g_n + \frac{3,5 \cdot 10^{-29}}{D_{nn} \cdot g_n \cdot h_A^2 \cdot \tau_m} + \frac{12\sigma_{жж} \cdot D_n \cdot (1 - \cos\Theta)}{D_{nn}^2 \cdot g_n \cdot \tau_p} + \frac{1,91 \left(\sum_{k=1}^3 P_k \right)}{D_{nn}^3 \cdot h_A} \right)}{0,35\pi \cdot \left(\mu \cdot d_c^2 \cdot \sqrt{\frac{H_p^3}{\rho_p}} + 0,91\pi \cdot (H_{en} - H_{nm})^{1,5} \cdot d_e^2 + Q_e \cdot H_e \right) + N_{un}}, \quad (2)$$

где τ_m – время динамического соприкосновения частицы ЗВ с пузырьком пены, с.; τ_p – время смачивания частицы ЗВ пенным пузырьком, с.; P_k – электрические силы (кулоновские и индукционные), участвующие во взаимодействии частицы ЗВ и пузырька пены, Н; H_{en} – полное давление в сечении нагнетающего (всасывающего) патрубка побудителя тяги, Па; H_{nm} – потери полного давления по трубопроводу от сечения нагнетающего (всасывающего) патрубка побудителя тяги до активной зоны очистки, Па; Q_e – расход сжатого воздуха, подаваемого к оросителю, м³/с; H_e – давление сжатого воздуха перед оросителем, Па; N_{un} – мощность источника искусственной электризации пены, Вт.

Результаты расчетов $E_{эф}$ и $E^э$ представлены в виде графиков на рисунках 2-3.

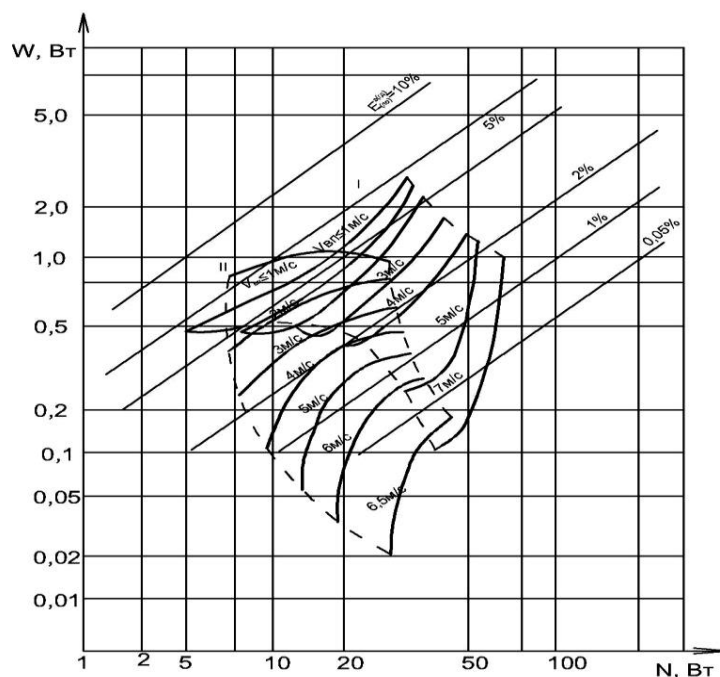


a)

б)

H_r – давление раствора пенообразователя; σ – поверхностное натяжение раствора пенообразователя; $V_{\text{вп}}$ – скорость движения воздушного потока в активной зоне очистки, м/с

Рисунок 2. Зависимость эффективности и энергоемкостного показателя процесса очистки вентиляционного воздуха (отходящих газов) от токсичных компонентов пенным аэрозолем (спутное движение частиц ЗВ и пузырьков пены)



I – спутное движение частиц ЗВ и пузырьков пены; II- встречное движение частиц ЗВ и пузырьков пены

Рисунок 3. Область существования значений энергоемкостного показателя процесса очистки вентиляционного воздуха (отходящих газов) от токсичных компонентов пенным аэрозодем

Полученные параметрические зависимости эффективности и энергоемкостного показателя позволяют решить задачу оценки экологической эффективности и энергетической экономичности технологии очистки вентиляционного воздуха и отходящих газов, основанной на применении пены. При этом, анализ графических зависимостей позволяет сделать выводы о наиболее эффективном с учетом экономичности применения способа подачи пены для тех или иных производственно-технологических условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ann T.W. Yu, Yuzhe Wu, Bibo Zheng, Xiaoling Zhang, Liyin Shen. Identifying risk factors of urban-rural conflict inurbanization: A case of China. *Habitat International*, 2014, Volume 44, 177-185.
2. Беспалов В.И., Гурова О.С., Самарская Н.С., Лысова Е.П., Мищенко А.Н. Development of Physical and Energy Concept for Assessment and Selection of Technologies for Treatment of Emissions from Urban Environment Objects. *BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA*, December 2014. Vol. 11(3), 1615-1620.
3. Беспалов В.И., Гурова О.С., Самарская Н.С., Юдина Н.В., Геворкянц И.Н. Research of the process of urban air pollution by construction industry enterprises. *Collection of scientific works SWorld.-Issue 1 Volume 3*, 15-20.
4. Kazuhiro Yuki Maricq M.M. Monitoring motor vehicle pm emissions: an evaluatio of three portable low-cost aerosol instruments. *Aerosol Science and Technology*. V. 47. № 5, 564-573.
5. Marc Antrop. Landscape change and theurbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, Volume 67, Issues 1-4, 9-26.
6. Paul Waley. Distinctive patterns of industrial urbanisation in modern Tokyo. *Journal of Historical Geography*, 2009, Volume 35, Issue 3, 405-427.
7. Qingsong Wang, Xueliang Yuan, Jian Zhang, Ruimin Mu, Huichun Yang, Chunyuan Ma. Key evaluation framework for the impacts ofurbanization on air environment – A case study. *Ecological Indicators*, 2013. Volume 24, 266-272.
8. Sukko Kim. Industrialization andurbanization: Did the steam engine contribute to the growth of cities in the United States? *Explorations in Economic History*, 2005. Volume 42, Issue 4, 586-598.
9. Vavilova T.Y. Background of regulation of planning and development of multifunctional industrial and residential areas. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2009, № 4, 100-105.
10. Беспалов В.И., Гурова О.С. Анализ возможных применений технологий обеспыливания воздуха на предприятиях строительной индустрии. *Научное обозрение*. 2012. № 6. С. 193-195.
11. Беспалов В.И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. Учебное пособие / В.И. Беспалов, С.В. Мещеряков, О.С. Гурова; М-во образования и науки Российской Федерации, Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования "Ростовский гос. строит. ун-т". Ростов-на-Дону, 2005.
12. Беспалов В.И., Гурова О.С., Самарская Н.С., Парамонова О.Н., Мищенко А.Н. Применение теории дисперсных систем для описания особенностей поведения токсичных компонентов отходящих и выхлопных газов стационарных и передвижных источников урбанизированных территорий. *Инженерный вестник Дона*. 2013. Т. 27. № 4. С. 286.

Gurova Oksana Sergeevna
Rostov State Building Universiny
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Bespalov Vadim Igorevich
Rostov State Building Universiny
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Samarskaya Natalya Sergeevna
Rostov State Building Universiny
Russia, Rostov-on-Don
E-mail: izos3402-rgsu@mail.ru

Assessment of environmental efficiency and energy efficiency of the use of foam as a foam spray to clean the emissions of construction industry from the toxic components

Abstract. Based on the results of practical research in the field of urban environment for the enterprises of the construction industry, five major functional elements representing a total engineering systems reduce air pollution focuses on cleaning the ventilation air. Due to the diversity of methods, techniques and design solutions for the implementation of the cleaning process of construction enterprises carried out by the analysis of hydrodynamic method is most effective. As the criteria for assessing the implementation of the resulting treatment process proposed environmental performance and energy efficiency. The authors assess the environmental efficiency and energy efficiency one of the most promising technologies of the implementation process of cleaning emissions of construction industry hydrodynamic method with foam, which is in the core of the implementation of the cleaning process is represented by an aerosol foam (discrete bubbles). The authors analyzed the physical nature of the hydrodynamic method of cleaning ventilation air and flue gas from contaminants (toxic components) method using a foam spray foam and obtained by parametric relationships for ergoemkostnogo indicator and efficiency of air purification. The results of the authors' calculations represent graphically.

Keywords: enterprises of the construction industry; purification of waste and exhaust gases; the hydrodynamic method of cleaning; toxic components; ventilation air; environmental performance; energy efficiency; methods for purifying exhaust gases; cleaning agents emissions; the foam in the form of an aerosol foam.

REFERENCES

1. Ann T.W. Yu, Yuzhe Wu, Bibo Zheng, Xiaoling Zhang, Liyin Shen. Identifying risk factors of urban-rural conflict inurbanization: A case of China. *Habitat International*, 2014, Volume 44, 177-185.
2. Bepalov V.I., Gurova O.S., Samarskaya N.S., Lysova E.P., Mishchenko A.N. Development of Physical and Energy Concept for Assessment and Selection of Technologies for Treatment of Emissions from Urban Environment Objects. *BIOSCIENCES BIOTECHNOLOGY RESEARCH ASIA*, December 2014. Vol. 11(3), 1615-1620.
3. Bepalov V.I., Gurova O.S., Samarskaya N.S., Yudina N.V., Gevorkyants I.N. Research of the process of urban air pollution by construction industry enterprises. *Collection of scientific works SWorld.-Issue 1 Volume 3*, 15-20.
4. Kazuhiro Yuki Maricq M.M. Monitoring motor vehicle pm emissions: an evaluatio of three portable low-cost aerosol instruments. *Aerosol Science and Technology*. V. 47. № 5, 564-573.
5. Marc Antrop. Landscape change and theurbanization process in Europe. *Landscape and Urban Planning*, Volume 67, Issues 1-4, 9-26.
6. Paul Waley. Distinctive patterns of industrial urbanisation in modern Tokyo. *Journal of Historical Geography*, 2009, Volume 35, Issue 3, 405-427.
7. Qingsong Wang, Xueliang Yuan, Jian Zhang, Ruimin Mu, Huichun Yang, Chunyuan Ma. Key evaluation framework for the impacts ofurbanization on air environment – A case study. *Ecological Indicators*, 2013. Volume 24, 266-272.
8. Sukko Kim. Industrialization andurbanization: Did the steam engine contribute to the growth of cities in the United States? *Explorations in Economic History*, 2005. Volume 42, Issue 4, 586-598.
9. Vavilova T.Y. Background of regulation of planning and development of multifunctional industrial and residential areas. *Privolzhsky Scientific Journal*. 2009, № 4, 100-105.
10. Bepalov V.I., Gurova O.S. Analiz vozmozhnykh primeneniya tekhnologii obespylivaniya vozdukha na predpriyatiyakh stroitel'noy industrii. *Nauchnoe obozrenie*. 2012. № 6. S. 193-195.
11. Bepalov V.I. Protsessy i apparaty zashchity okruzhayushchey sredy. *Uchebnoe posobie / V.I. Bepalov, S.V. Meshcheryakov, O.S. Gurova; M-vo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii, Federal'noe agentstvo po obrazovaniyu, Gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya "Rostovskiy gos. stroit. un-t". Rostov-na-Donu*, 2005.
12. Bepalov V.I., Gurova O.S., Samarskaya N.S., Paramonova O.N., Mishchenko A.N. Primenenie teorii dispersnykh sistem dlya opisaniya osobennostey povedeniya toksichnykh komponentov otkhodyashchikh i vykhlopnykh gazov statsionarnykh i peredvizhnykh istochnikov urbanizirovannykh territoriy. *Inzhenernyy vestnik Dona*. 2013. T. 27. № 4. S. 286.