

Раздел 4. Экологическая безопасность

УДК 502.3:504.06

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА АКУСТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ В РАМКАХ ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Беспалов¹ В.И., Гурова² О.С., Баклакова³ В.В.

Донской государственный технический университет,
Адрес: Площадь Гагарина 1, Ростов-на-Дону, 344000, Россия
e-mail: zos-rgsu@mail.ru¹, okgurova@yandex.ru², valeriya.baclackowa@yandex.ru¹

Аннотация. Статья посвящена анализу физической сущности процесса акустического загрязнения воздушной среды для цеха глиняного кирпича формовочного отделения кирпичного завода, в рамках физико-энергетического подхода. Согласно этому подходу акустическое загрязнение воздушной среды рассматривается как многоэтапные вероятностный процесс, реализация которого зависит от физических характеристик всех объектов принимающих в нем участие на каждом этапе и особенностей их взаимодействия друг с другом. Весь процесс поэтапно иллюстрирует, составленная авторами, физическая модель акустического загрязнения воздушной среды.

Предмет исследования: процесс акустического загрязнения воздушной среды.

Материалы и методы основаны на аналитическом обобщении известных научных результатов в области борьбы с шумом, основных положениях теории моделирования систем и теории вероятности.

Результаты: построена физическая модель процесса акустического загрязнения воздушной среды для предприятий строительной отрасли.

Выводы: предложенная авторами физическая модель процесса акустического загрязнения может быть положена в основу при построении физической модели процесса снижения акустического загрязнения воздушной среды и может быть применена при выборе экологически эффективных на городских территориях систем снижения шума.

Ключевые слова: акустическое загрязнение, шумовое загрязнение, физическая модель, защита от шума, процесс загрязнения воздуха

ВВЕДЕНИЕ

Развитие промышленной инфраструктуры, интенсификация развития городских территорий, увеличение сети транспортного комплекса и другие последствия технико-технологического развития общества неизбежно приводят к возрастанию техногенной нагрузки на окружающую среду. Деятельность промышленных предприятий влечет за собой негативные последствия, которые чаще всего выражаются в выбросах в атмосферу вредных загрязняющих веществ, загрязнении недр и почв, размещении отходов потребления и производства, сбросе загрязняющих веществ и микроорганизмов в поверхностные и подземные водные объекты, загрязнение окружающей среды акустическим, тепловым, электромагнитным, ионизирующим и другими видами физических воздействий. Все эти процессы также оказывают негативное влияние на жизнедеятельность человека. Согласно данным статистики и многолетних наблюдений именно шум является одним из самых агрессивных компонентов урбанизированной среды, оказывающих негативное влияние на человека в процессе его трудовой деятельности. С развитием общества значение этого вопроса растет, поэтому изучение условий

шумообразования и поиск путей борьбы с шумом становятся все более актуальными.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ

Проблема борьбы с шумом стала актуальна во время научно-технической революции, когда новые мощные машины, активно стали входить в производственный процесс, заменяя человеческий труд. Зачастую чем выше производительность технологического оборудования, тем большим количеством выделяемой энергии сопровождается его работа, часть из которой преобразуется в акустическую. Развитие промышленной индустрии и появление большого числа новых предприятий привели к тому, что подверженными влиянию высоких уровней звукового давления оказались не только представители некоторых специальностей, но и практически все жители крупных городов. Первыми проблему борьбы с шумом в производственной среде исследовали такие советские ученые как М.С. Ческин, В.Н. Лукашин, И.А. Карогодина, А.А. Факторович, В.Н. Белоусов, В.Н. Зибров. В своих работах авторы уделяют большее внимание поиску и обоснованию новых технических решений по совершенствованию технологического оборудования, которые позволили бы снизить уровень излучаемого шума.

Так же большое внимание уделялось градостроительным мерам, направленным на создание акустически комфортных условий в урбанизированной среде.

На современном этапе развития промышленности, несмотря на новые высокотехнологичные машины и оборудование проблема высоких уровней шума в производственной среде остается актуальной и находит отражение в работах таких авторов как З.П. Оказова, У.Ю. Павлова, П.Н. Сидякин, А.В. Васильев и др.

Анализ работ авторов позволяет выделить два основных направления. Первое – поиск и обоснование новых технических возможностей снижения шума за счет совершенствования технологического оборудования и технологического сырья. Так же большая часть исследований в области борьбы с повышенными уровнями шума посвящена поиску и разработке эффективных средств защиты от шума, как в производственной среде, так и в условиях городов.

Несмотря на обширные исследования в области борьбы с повышенным уровнем шума и поиска наиболее эффективных средств и способов защиты от него, в работах отечественных и зарубежных авторов не уделяется должного внимания физической сущности процессов акустического загрязнения воздушной среды и обратному ему процессу снижения акустического загрязнения. Многие авторы в своих работах не учитывают особенности процесса акустического загрязнения, сразу переходя к поиску путей снижения шумовой нагрузки, что не может привести к выбору высокоэффективной системы защиты от шума. Однако, мы полагаем, что проектирование экологически эффективной и энергетически экономичной системы снижения акустического загрязнения невозможно без изучения физической сущности процесса акустического загрязнения воздушной среды.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Методы исследования базируются на основных положениях теории моделирования систем и теории вероятности, а так же научном и аналитическом обобщении известных практических и теоретических результатов исследований. В качестве материалов исследования выступают российские и зарубежные научные публикации по исследуемой проблеме.

Объектом исследования является процесс акустического загрязнения воздушной среды, как сложный многоэтапный процесс, учитывающий поведение и основные физические характеристики всех объектов, принимающих в нем участие.

Наиболее предпочтительным для исследования процесса акустического загрязнения является физико-энергетический методологический подход, поскольку он позволяет выявить физические связи,

возникающие при взаимодействии всех объектов, принимающих участие в данном процессе и спрогнозировать их поведение, под влиянием физических параметров.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

В соответствии с выбранным за основу исследования физико-энергетическим подходом был рассмотрен процесс акустического загрязнения, реализующийся в производственной среде. Согласно данным статистических исследований за последние несколько лет до 40%, занятых на работах под воздействием повышенного уровня шума, являются работниками строительной индустрии. Строительная отрасль сегодня представляет серьезный комплекс промышленных предприятий, которые не только обеспечивают производство строительных материалов и конструкций, но и реализуют строительство объектов различного назначения. Практически на всех уровнях работа предприятий строительной индустрии сопровождается интенсивным излучением шума, оказывая негативное влияние как непосредственно на работников, так и на окружающую среду, внося существенный вклад в формирование акустической обстановки селитебной территории.

Как было отмечено ранее, формирование системы снижения акустического загрязнения должно начинаться с изучения физической сущности процесса и выявления основных особенностей и параметров всех объектов, принимающих участие в нем на каждом его этапе. Рассматривая различные технологические процессы, реализующиеся на предприятиях строительной индустрии можно заключить, что процесс акустического загрязнения пространства будет в каждом случае иметь разное количество этапов, зависящее от ряда параметров и в частности от характера источника шума и его местонахождения. На основании проведенного анализа нами выделены две основных группы источников шумового загрязнения на предприятиях строительной отрасли. К первой относятся технологическое оборудование (или часть оборудования), находящееся в производственных корпусах и стационарные источники шума на территории предприятий, а ко второй передвижные источники, к которым относится транспорт, задействованный в работе предприятий стройиндустрии.

На основании изучения и выявления основных источников шумового воздействия на различных предприятиях строительной индустрии мы можем сделать вывод, что самым распространенным является сценарий акустического загрязнения, при котором источник излучения шума находится внутри производственного помещения. В таком случае процесс является достаточно сложным и состоит из пяти этапов. Проведенные наблюдения позволили нам выявить основные этапы шумового

загрязнения воздушной среды (1 – образование звуковых волн, 2 – внутреннее излучение звуковых волн, 3 – внутреннее распространение звуковых волн, 4 – внешнее излучение звуковых волн, 5 – внешнее распространение звуковых волн), при последовательной реализации которых образовавшиеся звуковые волны распространяются в воздухе рабочей зоны и в приземном слое атмосферы, а также привести к обобщенному виду основные физические объекты (технологическое оборудование, внутренний источник образования шума, технологическое сырье, воздух рабочей зоны, производственное помещение, воздух производственного помещения, внешний источник излучения шума, воздух промплощадки, воздух приземного слоя атмосферы), участвующие в процессе на всех этапах. Все перечисленные объекты, так или иначе, оказывают влияние на звуковые волны, определяя характер их образования, излучения и распространения.

Обобщив результаты исследования, сущность шумового загрязнения воздушной среды можем представить с учётом возможности реализации последовательных, связанных между собой событий, соответствующих этапам процесса. Вероятность процесса акустического загрязнения МОЖЕТ БЫ рассматривать как совокупность вероятностей последовательно протекающих физических процессов образования звуковых волн, излучения звуковых волн при наличии условия их образования и распространения звуковых волн при условии реализации процесса излучения и выразить формулой:

$$P_{\text{загр.}} = P_{\text{обр.}} \cdot P_{\text{изл.1.}} \cdot P_{\text{р.1.}} \cdot P_{\text{изл.2.}} \cdot P_{\text{р.2.}} \quad (1)$$

где $P_{\text{загр.}}$ – вероятность процесса акустического загрязнения; $P_{\text{обр.}}$ – вероятность процесса образования звуковых волн; $P_{\text{изл.1.}}$ – вероятность процесса излучения звуковых волн от технологического оборудования внутри производственного помещения при реализации процесса их образования; $P_{\text{р.1.}}$ – вероятность процесса распространения звуковых волн во внутреннем объеме производственного помещения при условии реализации процесса излучения; $P_{\text{изл.2.}}$ – вероятность процесса излучения звуковых волн от внешних источников излучения в воздух промплощадки при реализации процесса их распространения во внутреннем объеме производственного помещения; $P_{\text{р.2.}}$ – вероятность процесса распространения звуковых волн в приземный слой атмосферы при условии реализации процесса излучения от внешних источников в воздух промплощадки.

Исследование процесса акустического загрязнения воздушной среды позволяет заключить, что он состоит из пяти основных связанных между этапов.

На первом этапе происходит образование звуковых волн вследствие взаимодействия

технологического оборудования и технологического сырья. В данном случае источником образования звуковой волны чаще всего выступает часть технологического оборудования.

Второй этап характеризуется реализацией процесса внутреннего излучения звука, который заключается в излучении звуковых волн во внутреннюю среду производственного помещения, при этом на характер излучения непосредственное влияние оказывают основные параметры микроклимата;

На третьем этапе реализуется физический процесс внутреннего распространения, заключающийся в распространении образовавшихся от внутреннего источника звуковых волн во внутренний объем производственного помещения при участии воздуха помещения с учетом параметров микроклимата;

Четвертый этап – процесс внешнего излучения, заключается в выходе распространявшегося во внутреннем объеме производственного помещения звука через внешний источник излучения шума, которым в данном случае являются оконные дверные проемы, во внешнюю воздушную среду. При этом на характер распространения звуковых волн влияют параметры воздуха промплощадки.

На пятом этапе происходит распространение в приземном слое атмосферы звуковых волн, выделившихся через внешний источник распространения шума.

Обобщая результаты, проведенного анализа, мы можем заключить, что в большинстве случаев реализации процесса акустического загрязнения спровоцированного источниками шума, расположенными вне помещений производственного помещения или же передвижными источниками, процесс будет состоять из трех взаимосвязанных этапов: образования звуковых волн, их излучения и распространения в приземном слое атмосферы. Описанный процесс может быть рассмотрен как совокупность вероятностей реализации каждого этапа и представлен в виде формулы:

$$P_{\text{загр.}} = P_{\text{обр.}} \cdot P_{\text{изл.}} \cdot P_{\text{расп.}} \quad (2)$$

где $P_{\text{загр.}}$ – вероятность процесса акустического загрязнения; $P_{\text{обр.}}$ – вероятность процесса образования звуковых волн; $P_{\text{изл.}}$ – вероятность процесса излучения звуковых волн от источника при реализации процесса их образования; $P_{\text{расп.}}$ – вероятность процесса распространения звуковых волн при условии реализации процесса их излучения.

Следовательно, на каждом этапе необходимо применять соответствующие средства и методы снижения акустического загрязнения с учетом физических особенностей каждого этапа, которые в совокупности будут формировать систему снижения акустического загрязнения воздушной среды.

На рисунке представлена блок-схема процесса и физические объекты, задействованные в его реализации.

физической модели акустического загрязнения воздушной среды, отражающая основные этапы

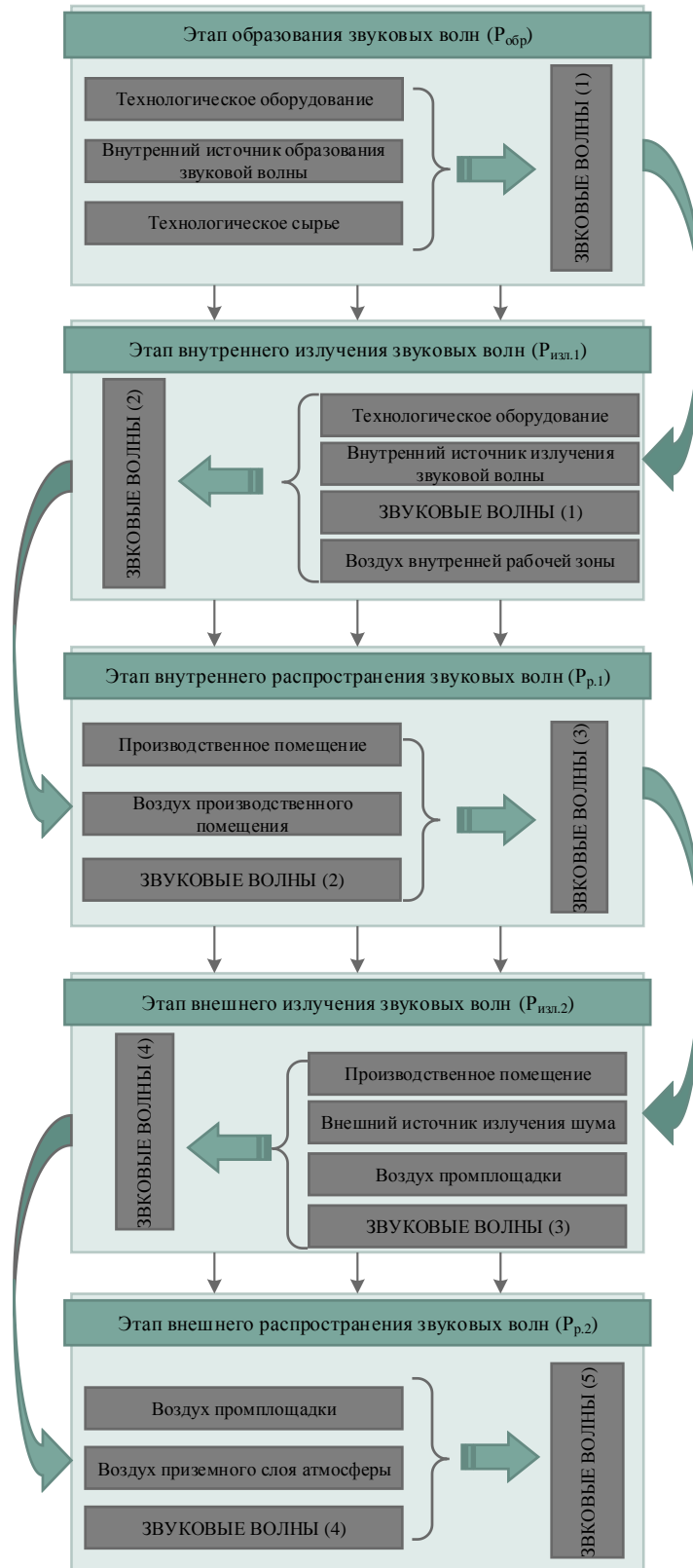


Рис. 1. Физическая модель процесса акустического загрязнения воздушной среды

Fig. 1. Physical model of the process of acoustic air pollution

ВЫВОДЫ

Построенная нами физическая модель процесса акустического загрязнения может быть адаптирована и применена с учетом индивидуальных особенностей источников шума и пространства, в котором он излучается и распространяется для описания процесса акустического загрязнения на любом предприятии строительной отрасли. Что позволит проводить дальнейшие исследования, связанные с изучением и описанием процесса снижения акустического загрязнения: построением физической модели этого процесса, оценкой различных вариантов шумозащитных решений и разработкой методики выбора эколого-эффективных и энергетически экономичных вариантов снижения акустического загрязнения воздушной среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Оказова З.П. Шумовое загрязнение как одна из экологических проблем современного города // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 4. С. 540.
2. Сидякин П., Белая Е., Щитов Д. Современные факторы формирования акустической среды городских территорий // Защита от повышенного шума и вибрации Сборник докладов VII Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Под ред. Н.И. Иванова. 2019. С. 630 – 638.
3. Павлова У.Ю., Асминин В.Ф. Теоретическое представление процесса распространения автотранспортного шума для разработки программного комплекса проектирования сооружений остановочных пунктов общественного транспорта с функцией шумозащитного экранирования // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 2 (42). С. 123 – 130.
4. Васильев А.В. Шум как фактор экологического риска в условиях урбанизированных территорий // Noise Theory and Practice. 2015. Т. 1. № 2 (2). С. 27 – 40.
5. Чубирко М.И., Степкин Ю.И., Середенко О.В. Гигиеническая оценка шумового фактора крупного города // Гигиена и санитария. 2015. Т. 94. № 9. С. 37 – 38.
6. Городков А.В., Самохова Н.А., Атрошенко А.М., Булхов Н.А. Оценка состояния экосреды рекреационных территорий крупного города по фактору шума // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2016. Т. 15. № 3. С. 109 – 114.
7. Шеина С.Г., Хамамова А.А., Псеунова С.Р. Экспериментальные исследования уровня шума в г. Ростове-на-Дону // Научное обозрение. 2015. № 4. С. 169 – 173.
8. Шубин И.Л., Антонов А.И., Леденев В.И. Оценка влияния отраженной звуковой энергии на

шумовой режим жилой застройки // Жилищное строительство. 2018. № 8. С. 18-21.

9. Беспалов В.И., Дзюба О.В., Гладиллина А.А. Построение физической модели процесса загрязнения воздушной среды для предприятий по производству цемента // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4 (38). С. 64.
10. Терехов А.Л., Сафонов А.Л. Повышение безопасности производственных процессов путем снижения шума трубопроводов // Труд и социальные отношения. 2016. № 4. С. 163-173.
11. Лысова Е.П., Самарская Н.С., Беспалов В.И., Котлярова Е.В. Исследование процесса снижения акустического загрязнения городской среды на основе физико-энергетической концепции // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 5-3 (47). С. 42-45.
12. Беспалов В.И., Самарская Н.С., Лысова Е.П. Методические основы выполнения эколого-экономической оценки акустического воздействия на городскую среду // Инженерный вестник Дона. 2015. № 3 (37). С. 130.
13. Молев М.Д., Масленников С.А. Техногенные риски населения больших городов: моног. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ, 2016. 118 с.
14. Молев М.Д., Масленников С.А., Стуженко Н.И. Прогнозирование состояния техносферной безопасности. Шахты: ИСОиП (филиал) ДГТУ в г. Шахты, 2015. 113 с.
15. Ветрова Н.М., Вереха Т. Техногенные шумовые загрязнения как фактор экологии территории // «Строительство и техногенная безопасность. 2015. №1(53). С. 120 – 123.
16. Constantin Munteanu, Moga Ligia Mihaela, Daniela Roxana Tămaș-Gavrea, Nicoleta Cobîrzan, Raluca Fernea. Protection to railway traffic noise in the case of a multilevel residential building from the city of Cluj-Napoca // Procedia Manufacturing, Volume 22, 2018, Pages 339 – 346
17. Bepalov V., Samarskaya N., Lysova E., Akay O. Providing acoustic comfort of built-up zones and rooms in urban planning // MATEC Web of Conferences 2018. С. 03010.
18. Lysova E., Paramonova O., Samarskaya N., Gyrova O., Tsarevskaya I. Application of physical and energetic approach to estimation and selection of atmospheric protection systems for energetic devices // MATEC Web of Conferences 2018. С. 04013.

REFERENCES

1. Okazova Z.P. Noise pollution as one of the environmental problems of the modern city // Modern problems of science and education. 2015. No. 4. P. 540.
2. Sidiyakin P., Belaya E., Shchitov D. Modern factors in the formation of the acoustic environment of urban areas // Protection from increased noise and vibration Report collection of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference with international participation. Ed. N.I. Ivanova. 2019. S. 630 - 638.
3. Pavlova U. Yu., Asminin V.F. Theoretical presentation of the process of the distribution of road

noise for the development of a software package for the design of structures of public transport stopping points with the function of noise-shielding // *Scientific Herald of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and architecture*. 2016. No. 2 (42). S. 123 - 130.

4. Vasiliev A.V. Noise as an environmental risk factor in urban areas // *Noise Theory and Practice*. 2015.Vol. 1. No. 2 (2). S. 27 - 40.

5. Chubirko M.I., Stepkin Yu.I., Seredenko O.V. Hygienic assessment of the noise factor of a large city // *Hygiene and sanitation*. 2015.V. 94. No. 9. P. 37 - 38.

6. Gorodkov A.V., Samokhova N.A., Atroshchenko A.M., Bulkhov N.A. Assessment of the state of the ecological environment of recreational territories of a large city by noise factor // *Bulletin of the Smolensk State Medical Academy*. 2016.Vol. 15. No. 3. P. 109 - 114.

7. Sheina S.G., Khamavova A.A., Pseunova S.R. Experimental studies of the noise level in Rostov-on-Don // *Scientific Review*. 2015. No. 4. P. 169 - 173.

8. Shubin I.L., Antonov A.I., Ledenev V.I. Assessment of the effect of reflected sound energy on the noise regime of residential buildings // *Housing construction*. 2018. No. 8. S. 18-21.

9. Bespalov V.I., Dzyuba O.V., Gladilina A.A. Construction of a physical model of the process of air pollution for cement enterprises // *Engineering Herald of the Don*. 2015. No. 4 (38). S. 64.

10. Terekhov A.L., Safonov A.L. Improving the safety of production processes by reducing the noise of pipelines // *Labor and social relations*. 2016. No. 4. P. 163-173.

11. Lysova E.P., Samarskaya N.S., Bespalov V.I., Kotlyarova E.V. Investigation of the process of

reducing the acoustic pollution of an urban environment based on a physical and energy concept // *International Scientific Journal*. 2016. No. 5-3 (47). S. 42-45.

12. Bespalov V.I., Samarskaya N.S., Lysova E.P. Methodological foundations of the environmental and economic assessment of acoustic impact on the urban environment // *Engineering Bulletin of the Don*. 2015. No 3 (37). S. 130.

13. Molev M.D., Maslennikov S.A. Technogenic risks of the population of large cities: monog. Mines: ISO&P (branch) of DGTU, 2016.118 p.

14. Molev M.D., Maslennikov S.A., Stuzhenko N.I. Forecasting the state of technosphere security. Mines: ISO&P (branch) of DGTU in the city of Mines, 2015.113 s.

15. Vetrova NM, Vereha T. Technogenic noise pollution as a factor in the ecology of the territory // "Construction and technogenic safety. 2015. No1 (53). S. 120 - 123.

16. Constantin Munteanu, Moga Ligia Mihaela, Daniela Roxana Tămaş-Gavrea, Nicoleta Cobîrzan, Raluca Fernea. Protection to railway traffic noise in the case of a multilevel residential building from the city of Cluj-Napoca // *Procedia Manufacturing*, Volume 22, 2018, Pages 339 – 346

17. Bespalov V., Samarskaya N., Lysova E., Akay O. Providing acoustic comfort of built-up zones and rooms in urban planning // *MATEC Web of Conferences* 2018. C. 03010.

18. Lysova E., Paramonova O., Samarskaya N., Gyrova O., Tsarevskaya I. Application of physical and energetic approach to estimation and selection of atmospheric protection systems for energetic devices // *MATEC Web of Conferences* 2018. C. 04013.

RESEARCH OF THE PROCESS OF ACOUSTIC AIR POLLUTION AT THE ENTERPRISE OF THE
CONSTRUCTION INDUSTRY WITHIN THE PHYSICAL-ENERGY APPROACH

Bespalov¹ V.I., Gurova² O.S., Baklakova³ V.V.

Don State Technical University, Rostov-on-Don,

Russian Federation

¹ zos-rgsu@mail.ru

² okgurova@yandex.ru

³ valeriya.baclackowa@yandex.ru

Abstract. The article is devoted to the analysis of the physical nature of the process of acoustic air pollution for the clay brick workshop of the molding department of a brick factory, within the framework of the physical and energy approach. According to this approach, acoustic pollution of the air is considered as a multi-stage probabilistic process, the implementation of which depends on the physical characteristics of all the objects participating in it at each stage and the characteristics of their interaction with each other. The whole process stepwise illustrates, compiled by the authors, the physical model of acoustic pollution of the air.

Subject: process of acoustic air pollution.

Materials and methods: based on an analytical generalization of the known scientific results in the field of combating noise, the basic provisions of the theory of dispersed systems, mathematical modeling and probability theory.

Results: a physical model of the process of acoustic air pollution for brick manufacturing enterprises was built.

Conclusions: the physical model of the acoustic pollution process proposed by the authors can be used as a basis for constructing a physical model of the process of reducing acoustic air pollution and can be used in the selection of noise reduction systems that are environmentally efficient in urban areas.

Key words: acoustic pollution, noise pollution, physical model, noise protection, air pollution process