

И. Н. Паращиенко (Полтавский нац. техн. ун-т им. Ю. Кондратюка)
А. И. Быковский, канд. техн. наук (Ин-т машин и механизмов, г. Киев)
Н. В. Шпирько, д-р техн. наук, В. В. Сафонов, канд. техн. наук,
Ю. В. Богданов, канд. техн. наук (Приднепровская государственная академия
строительства и архитектуры)

ВИБРОДЕМПФИРОВАНИЕ – МЕТОД СНИЖЕНИЯ ШУМА ВИБРОПЛОЩАДОК ПРИ УПЛОТНЕНИИ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Для снижения шума виброагрегатов на предприятиях по производству железобетонных изделий (далее – ЖБИ) предложен метод вибродемпфирования с использованием мастики полимерной виброзвукопоглощающей «Вибромаст», запатентованной авторами.

Ключевые слова: вибродемпфирование, полимерная виброзвукопоглощающая мастика, шум, виброагрегат.

Для зниження шуму віброагрегатів на підприємствах із виготовлення залізобетонних виробів (далі – ЗБВ) запропоновано метод вібродемпфірування з використанням мастики полімерної віброзвукопоглинальної «Вібромаст», що запатентована авторами.

Ключові слова: вібродемпфірування, полімерна віброзвукопоглинальна мастика, шум, віброагрегат.

To reduce the oscillating machinery noise at manufacturing reinforced concrete products, the vibration cushioning method is suggested, using polymeric vibro-acoustic absorbing mastic resin "Vibromast", patented by the authors.

Keywords: vibro-decrement, polymeric vibro-acoustic absorbing mastic resin, noise, oscillating machinery.

Вопросы охраны труда на предприятиях любой формы собственности сегодня являются одними из основных не только для ученых и работодателей, но и работников. Жизнь и здоровье людей всегда были и остаются в центре внимания мировой науки, использующей научные достижения в целях создания продуктов, которые помогают повысить безопасность и защиту трудящихся во всех сегментах экономики.

Постановка проблемы. Среди множества физических факторов технического происхождения воздействия среды на человека в процессе его жизнедеятельности наиболее распространенным является шум [1].

В промышленности строительных материалов один из наиболее шумных технологических процессов – это уплотнение бетонных смесей посредством вибрирования. Виброплощадки для уплотнения бетонных смесей создают уровни звука на рабочих местах и на прилегающих территориях во много раз превышающие требования санитарных норм [2].

Связь с научными и практическими заданиями. Работа выполнялась как составная часть общенациональных Европейских социальных и целевых программ и тесно связана с госбюджетной научно-исследовательской тематикой многих ВУЗов Украины, а именно: «Загальнодержавною соціальною програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр. (Закон України від 4.04.2013 р. № 178)», «Загальнодержавною цільовою програмою поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2012-2016 рр.», одобренной Распоряжением Кабинета министров Украины от 31 августа 2011 г. № 889-р, а также Декларацией Европейского Союза «Об оценке шума в окружающей среде». Данная работа тесно связана с госбюджетной научно-исследовательской работой кафедры БЖД Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры (далее – ПГАСиА) на тему: «Безопасность объектов при возникновении чрезвычайных ситуаций, безопасность и охрана труда в различных сферах жизнедеятельности человека».

Цель. Снижение шума виброплощадок методом вибродемпфирования.

Основной материал. Для снижения шума виброплощадок впервые предлагается метод вибродемпфирования, который предполагает покрытие всех поверхностей виброплощадок (кроме горизонтальной поверхности стола) специальной высокоэффективной виброзвукопоглощающей мастикой «Вибромаст», запатентованной авторами [3] и созданной на базе известной мастики «Демпфишторм» в лаборатории кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций ПГАСиА (д-р техн. наук Приходько А. П., д-р техн. наук Шпирько Н. В.).

Состав мастик «Демпфишторм» и «Вибромаст» представлен в табл. 1.

Включение в состав мастики целлюлозного или полипропиленового волокна вместо полиамидного или базальтового позволило повысить прочность и трещиностойкость композиции за счет улучшенного сцепления цементно-полимерной матрицы с волокном, а введение гиперпластификатора поликарбоксилатного типа в качестве пластификатора привело к снижению водопотребления и позволило улучшить формовочные свойства.

Виброзвукопоглощающие свойства мастики «Вибромаст» повышаются за счет более высокого содержания графита, вермикулита и волокна, а также снижения средней плотности мастики после затвердевания.

Таблица 1

**Состав полимерных виброзвукопоглощающих мастик
«Демпфишторм» и «Вибромаст»**

Компоненты	Прототип – мастика «Демпфишторм»,%	Мастика «Вибромаст»,%
Дисперсия ПВА	27...29	–
Пластификатор	3...4	–
Вермикулит вспученный	16...17	18...19
Перлит	3...4	–
Графит кристаллический ГЛ-1	17...18	19...20
Волокно полиамидное или базальтовое	5...6	–
Цемент марки 400	4...7	15...17
Вода	остаток	остаток
Тилоза (вяжущее) в виде порошка	–	6...7
Гиперпластификатор поликарбосилатного типа	–	2...2,5
Волокно полипропиленовое или целлюлозное	–	8...10

После проведения лабораторных испытаний на базе Киевского института машин и систем были определены реверберационные коэффициенты звукопоглощения мастики «Вибромаст», представленные в табл. 2 [4].

Таблица 2

**Значения реверберационных коэффициентов звукопоглощения
мастики «Вибромаст»**

Вид мастики	Реверберационный коэффициент звукопоглощения в октавных среднегеометрических полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Прототип «Демпфишторм»	0,02	0,1	0,14	0,17	0,2	0,24	0,27	0,3
Предлагаемая «Вибромаст»	0,18	0,28	0,37	0,43	0,54	0,65	0,73	0,83

Определение шумозащитной эффективности мастики «Вибромаст» проводилось в натуральных условиях на ООО «Баловский завод железобетонных изделий» (Днепропетровская обл.) на экспериментальной виброплощадке размерами 1,2 x 1,5 м в плане и высотой 0,45 м. В ходе экспериментов были проведены натурные измерения уровней звука и звукового давления в октавных полосах частот в соответствии с требованиями [5] по схеме, представленной на (рис. 1). Обработка результатов измерений проводилась в соответствии с требованиями [6].

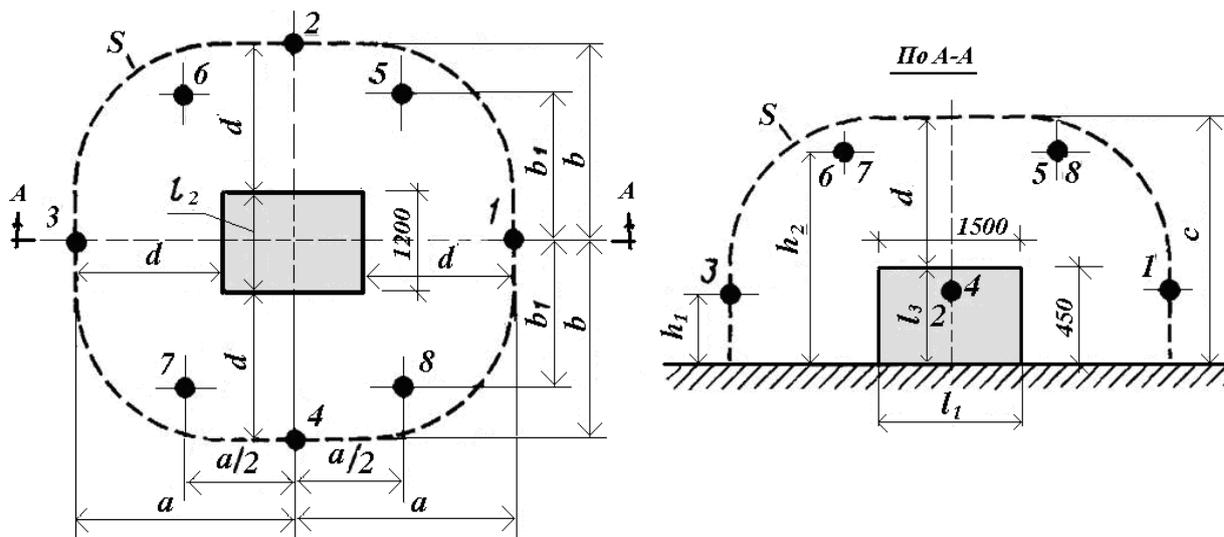


Рис. 1. Схема расположения точек измерения уровней звукового давления экспериментальной виброплощадки на ООО «Баловский завод ЖБИ»

Согласно [5] величины d , a , b были приняты равными 1,5; 2,25; 2,1 м, соответственно.

Измерения проводились в четыре этапа.

Этап 1. На поверхностях вибростола мастика виброзвукопоглощающая отсутствовала.

Этап 2. На поверхности вибростола мастика виброзвукопоглощающая нанесена слоем толщиной 2 мм.

Этап 3. На поверхности вибростола мастика виброзвукопоглощающая нанесена слоем толщиной 4 мм.

Этап 4. На поверхности вибростола мастика виброзвукопоглощающая нанесена слоем толщиной 6 мм.

В табл. 3 представлены результаты натуральных измерений уровней звука и звукового давления в октавных среднегеометрических полосах частот, генерируемых опытной виброплощадкой на ООО «Баловский завод ЖБИ» по схеме (рис. 1).

Таблица 3

Результаты натуральных измерений шумовых характеристик, генерируемых опытной виброплощадкой на ООО «Баловский завод ЖБИ»

Толщина слоя мастики	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот со среднегеометрическими, Гц								Уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
0 мм	97,0	98,0	103,0	102,0	94,5	91,5	85,5	84,5	94,0
2 мм	96,5	97,5	102,5	101,5	94,0	90,5	84,5	83,5	93,5
4 мм	95,5	96,5	101,5	99,5	92,0	87,5	82,0	79,0	92,0
6 мм	94,5	95,0	100,0	97,5	90,0	85,5	79,5	75,0	89,5

Из табл. 3 видно, что нанесение вибродемпфирующей мастики «Вибромаст» на поверхности виброплощадки слоем толщиной 6 мм позволяет на рабочем месте формовщиков уменьшить величину шума до величины 89,5 дБА. Однако с учетом того, что виброплощадка работает всего лишь 30...40 % рабочего времени, эквивалентный уровень ее шума на рабочем месте не превышает 80,0 дБА, т.е. требования санитарных норм будут соблюдены.

На графике (рис. 2) представлены результаты натурных измерений по схеме, приведенной на рис. 1.

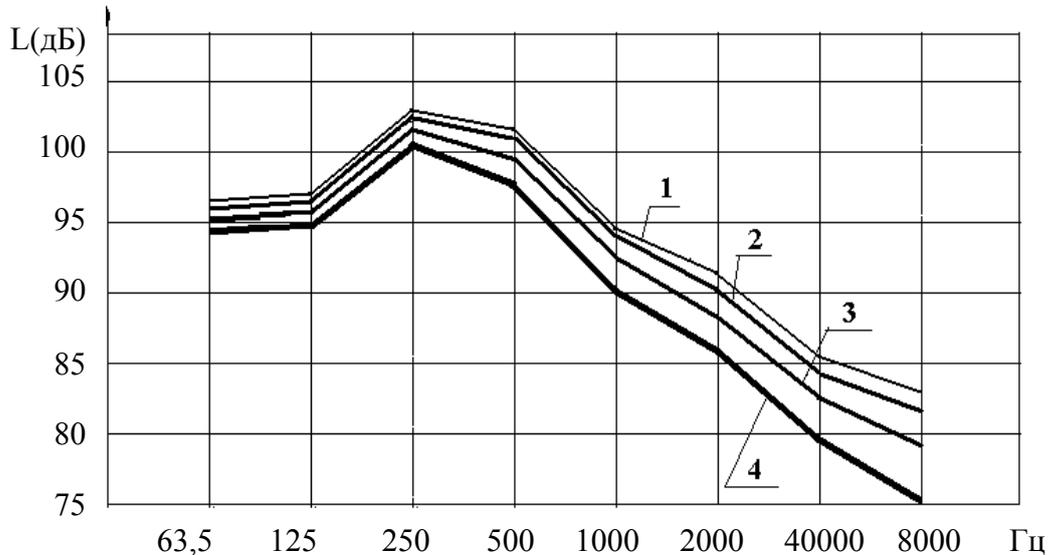


Рис. 2. Спектр снижения уровней звукового давления работающей экспериментальной виброплощадки в зависимости от толщины нанесенного слоя виброшумопоглощающей мастики «Вибромаст» (1 – без покрытия мастикой; 2 – покрытие мастикой толщиной 2 мм; 3 – то же 4 мм; 4 – то же 6 мм)

Применение виброшумопоглощающей мастики «Вибромаст» на поверхностях виброоборудования приводит одновременно к повышению как шумозащитной, так и виброзащитной эффективности. В процессе проведения экспериментов было выявлено, что связь между ожидаемым снижением уровня звука (звукового давления) и амплитудой колебания хорошо вписывается в зависимость, описываемую формулой [7]

$$\Delta L_i = 20 \lg \frac{\xi_{i1}}{\xi_{i2}} = 20 \lg V, \text{ дБ},$$

где ΔL_i – ожидаемое снижение уровня звукового давления в i -ой октавной полосе, дБ;

ξ_{i1} – амплитуда колебаний поверхности виброагрегата в i -ой октавной полосе частот, мм;

ξ_{i_2} – амплитуда колебаний поверхности мастики, нанесенной на поверхность виброагрегата в i -ой октавной полосе частот, мм;
 V – коэффициент демпфирования.

Изменение амплитуды колебания на определенной частоте влечет за собой изменение виброскорости. Изменение виброскорости изменяет уровень вибрации по виброскорости по закону

$$L_v = 20 \lg \left(\frac{V_{ср.кв.}}{V_0} \right), \text{ дБ,}$$

где L_v – уровень вибрации по виброскорости, дБ;

$V_{ср.кв.}$ – среднеквадратическое значение виброскорости, м/с;

V_0 – пороговое значение виброскорости ($V_0 = 5 \cdot 10^{-8}$ м/с).

Снижение шума и вибрации на производстве при использовании вибродемпфирования приносит не только социальный эффект, но и экономический, как результат снижения ущерба на рабочих местах и прилегающих территориях.

В результате проведенной работы была получена полимерная виброзвукопоглощающая мастика «Вибромаст», превосходящая по своим физико-механическим свойствам прототип – мастику «Демпфишторм». В частности: повысилась прочность и трещиностойкость композиции, что увеличивает срок ее службы; значительно улучшились виброзвукопоглощающие свойства мастики, что делает ее применение в качестве виброзвукопоглотителя более эффективным; понизились показатели средней плотности композиции, что делает ее использование более технологичным.

Выводы и перспективы дальнейшего развития в данном направлении. Использование полимерной виброзвукопоглощающей мастики «Вибромаст» на заводах по производству железобетонных изделий (далее – ЖБИ) путем нанесения ее на поверхности виброоборудования позволит значительно снизить уровни шума на рабочих местах не только формовочных постов, но и других основных и вспомогательных производств (заготовки арматуры, складирования сырья и готовой продукции, растворобетонных узлов и пр.) Кроме того, снижение акустических показателей внешнего шума заводов ЖБИ позволит уменьшить шумовые характеристики на больших площадях прилегающих территорий вплоть до нормируемых значений, что повлечет за собой значительный социально-экономический эффект за счет снижения ущерба, причиняемого шумом.

Направления дальнейших исследований предполагают:

дать количественную оценку снижению уровней вибрации от применения мастики «Вибромаст» на рабочих местах и прилегающих производств (заводов ЖБИ);

определить экономическую эффективность от внедрения мастики «Вибромаст» в качестве средства снижения вибрации;
провести соответствующие расчеты и натурные измерения при увеличении толщины слоя мастики до 12 мм;
применить мастику полимерную виброзвукопоглощающую «Вибромаст» в качестве средства снижения шума и вибрации на других предприятиях строительной индустрии и отраслях промышленности.

Список литературы

1. Борьба с шумом [Электронный ресурс]. – Режим доступа : http://www.vseizvestia.ru/euronews/borba_shum.php/
2. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвук та інфразвук. – К., 2000. – 27 с.
3. Патент 93319 України, С04В 111/52 (2006.01). Мастика полімерна віброзвукопоглинальна «Вібромаст» / Паращійенко І. М., Богданов Ю. В., Шпірько М. В., Сафонов В. В., Биковський А. І. – № у 201404385; заявл. 23.04.2014; опубл. 25.09.2014, Бюл. № 18.
4. ГОСТ Р 53376 – 2009 (ЕН ИСО 354:2003). Материалы звукопоглощающие. Метод определения звукопоглощения в реверберационной камере. – М., 2010. – 16 с.
5. ГОСТ 12.1.086. ССБТ. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума. Ориентировочный метод. – М., 1981. – 7 с.
6. ГОСТ 51401-99. Шум машин. Определение уровней звуковой мощности источников шума по звуковому давлению. Технический метод в существенно свободном поле над звукоотражающей плоскостью. – М., 2000. – 20 с.
7. Борьба с шумом / Под ред. Е. Я. Юдина. – М. : Издательство литературы по строительству, 1964. – 704 с.

Дата подання статті до збірника – 24.02.2015