

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-8-16

^{1,2}Нахаев М.Р., ^{2,3,*}Саламанова М.Ш.¹Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова²Грозненский государственный нефтяной технический университет

имени академика М.Д. Миллионщикова

³Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук

*E-mail: madina_salamanova@mail.ru.

МАТЕРИАЛЫ И ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ РЕЦИКЛИРУЕМОЙ ШУМОЗАЩИТНОЙ ПАНЕЛИ

Аннотация. В мире насчитываются десятки тысяч километров шумозащитных экранов вдоль автомобильных и железных дорог и вблизи аэропортов. Применение экранов выявило их недостатки. Нередко экраны не обеспечивают требуемого звукопоглощения, обладают низкой долговечностью. Экраны могут быть как шумопоглощающие и шумоотражающие, так и комбинированные. Для поглощения шума на средних и высоких частотах применяются звукопоглощающие материалы. Для звукопоглощения на низких частотах применяются резонансные поглотители, они представляют собой резонаторы Гельмгольца, объединенных в единую конструкцию. Когда жизненный цикл панелей оканчивается, они должны быть рециклированы. Разделить дерево, металл, плиты из стекловолокна или минеральной ваты, завернутые в стеклоткань, не так просто. Для производства минерального волокна расходуется большое количество энергии. Предложена подборка материалов и исследованы свойства мелкозернистых бетонов для дальнейшего изготовления шумозащитной панели. Перфорированная передняя и глухая задняя стенки делаются из мелкозернистого базальтофибробетона, для армирования которого используются щелочестойкие базальтовые волокна. Полученные результаты исследований мелкозернистого базальтового бетона подтвердили эффективность комплексного использования базальтовых волокон и суперпластификатора Master Glenium 115. Физико-механические характеристики базальтофибробетона сопоставимо с традиционным бетоном возросли примерно на 70–80 %, что позволит в дальнейшем повысить долговечность моделируемых шумоизоляционных панелей.

Ключевые слова: шумозащитная панель, автомобильная магистраль, перлитобетон, фибры, базальтовые волокна, перекати-поле, рециклинг, энергетический переход.

Введение. В мире насчитываются многие десятки тысяч километров шумозащитных экранов вдоль автомобильных и железных дорог и вблизи аэропортов и предприятий, работа которых сопровождается излучением шума. Исследования шумозащитных экранов были начаты за рубежом в 1960-х годах, тогда же там появились первые шумозащитные ограждения. В нашей стране шумозащитные экраны массово начали применяться только в 1990-х годах. Применение экранов выявило ряд существенных их недостатков. Например, экраны из тонколистовой оцинкованной стали, давно не применяемые за рубежом, быстро выходят из строя из-за коррозии, особенно возле автомобильных дорог из-за выхлопных газов [1]. Нередко экраны не обеспечивают требуемых звукоизоляции и звукопоглощения, их стоимость достаточно высока.

По своим свойствам шумозащитные экраны могут быть как шумопоглощающие, шумоотражающие, так и комбинированные. Для поглощения шума на средних и высоких частотах применяются различные звукопоглощающие матери-

алы. Для достижения звукопоглощения на низких частотах применяются резонансные поглотители, они представляют собой совокупность резонаторов Гельмгольца, объединенных в единую конструкцию [2, 3]. В качестве примера одной из конструкций шумозащитной панели, из которых собираются шумозащитные экраны, рассмотрим следующий образец [4].

Панель имеет каркасную основу из деревянных импрегнированных брусков (специальная пропитка дерева, что увеличивает его срок службы). Пространство между лицевой и задней стенками содержит шумопоглотитель и воздушную полость, в которой размещены диагонально ребра жесткости.

В качестве звукопоглощающего материала используются плиты из минеральной ваты на базальтовой основе типа «Rockwool», или минеральной ваты типа «URSA», или базальтовой ваты типа П-75 (объемной плотностью 75 кг/м³), или стекловаты с облицовкой стекловолоком, причем звукопоглощающий элемент по всей своей поверхности облицован акустически прозрачным материалом, например, стеклотканью

типа ЭЗ-100 [5]. Шумопоглощающие плиты обычно имеют толщину от 50 до 100 мм. Лицевая обшивка выполнена в виде сетки и прижимной

решетки с горизонтальными рейками длиной, равной ширине панели. Рейки установлены со щелевым зазором.



Рис. 1. Шумозащитное ограждение железной дороги.

(Источник <https://acousticshield.doorhan.ru/upload/iblock/f3f/f3f1d49f1054252bbd67aa66394ee9e7.pdf>)

Зазор между рейками в решетке определяется как функция от частоты акустической волны. Расчет проводят по известной формуле, приведенной в [4]:

$$d = [0,14 f L (h \cdot l)^{1/2}] / c, \quad (1)$$

где d - величина зазора между планками лицевой решетки, м; f - резонансная частота, Гц; L - ширина рейки, м; h - расстояние между задней внутренней стенкой короба и шумопоглощающей плитой, м; l - длина щели, м; c - скорость звука в воздухе при 20 °С.

Итак, в зависимости от доминирующих частот, излучаемой источником шума, которые нужно уменьшить, и в зависимости от размеров некоторых элементов панели, определяют величину зазоров между планками на прижимной решетке. В сочетании с шумопоглотителем и воздушной полостью внутри устройства, панель работает как резонатор Гельмгольца, обеспечивая шумопоглощение определенного спектра акустических волн. Эта панель хороша против источника шума с постоянным спектром акустических волн с явно выраженным максимумом частот в излучаемом шуме. Например, от мощных трансформаторов электроподстанции, где преобладают частоты, близкие и кратные к 50 Гц или 60 Гц (для некоторых стран). Это излучает много-тонный магнитопровод трансформатора вследствие магнитострикции. Проверка по формуле (1) показывает, что прижимная лицевая решетка, собранная из лицевых реек при толщине деревянной планки 20 мм, при ширине планки 50 мм и при ширине зазора 1 мм способна поглощать

волну с частотой 157 Гц, создаваемой трансформаторными подстанциями, установленными в городской черте.

Когда жизненный цикл шумозащитных панелей подходит к концу [7, 8], они должны быть рециклированы. Для них должен быть реализован один из возможных путей предотвращения попадания в отходы [9]. Для этого демонтированные старые панели должны быть переработаны и возвращены к использованию в качестве сырьевых материалов. Разделить дерево, резину, металлический крепеж, плиту из стекловолокна или минеральной ваты, завернутую в стеклоткань или стекловолокно не так просто.

На производство минерального волокна расходуется большое количество энергоресурсов. На сегодняшний день в мировой практике наибольшее распространение получили следующие печи для плавки сырья для получения минеральных волокон: шахтные печи (вагранки), работающие на достаточно дорогом коксе. Тепловой КПД шахтных печей не больше 30 %. Вагранки используются до сих пор потому, что у них выше в несколько раз производительность на единицу производственной площади, чем у других агрегатов. Если для плавки сырья используют ванные печи, то для их работы используют мазут или природный газ. Максимальный КПД ваннх печей равен 35 %. КПД элетродуговых печей и электромагнитных технологических реакторов (те же электродуговые печи, но с электромагнитным перемешиванием расплава [10, 11]) до 70 %. Электрические печи потребляют самый дорогой энергоресурс – электроэнергию. Они потребляют 1300 кВт·ч на 1 т минерального расплава. Кроме

этого дуговые печи расходуют достаточно дорогие угольные электроды до 2,5 кг на одну тонну расплава. В индукционных печах плавят в основном базальт потому, что легче автоматизируются равномерная подача сырья. Это способствует получению волокна хорошего качества. Но в индукционных печах высокий расход энергии - они потребляют 5000-6000 кВт·ч на тонну расплава. Высокий расход энергии электропечами при производстве минеральных волокон, особенно базальтовых, это следствие, того что сырье нужно не только расплавить, а выдержать значительное время при высокой температуре (1500...1700 °С) для выравнивания химического состава и для гомогенизации расплава. Но чем выше температура, тем выше тепловые потери. Причем растут тепловые потери нелинейно.

В городских агломерациях, по которым проходит железнодорожная или автомобильная магистраль, для ограничения шума в жилой застройке, необходимо устанавливать шумозащитные экраны. Каждый километр таких экранов только для изготовления минерального волокна для шумозащитных панелей требует затраты энергоресурсов 500 тыс. кВт·ч, не говоря о прочих материалах, идущих на производство шумозащитных панелей.

Такие большие затраты энергии никак не согласуются с концепцией «энергетического перехода», который характеризуется масштабным расширением использования «зеленых» источников энергии и вызванной этим направлением разработкой изделий с повышенными требованиями к энерго- и материалосбережению. Возвращаясь к шумозащитным панелям, отметим, что шум может поглощать не только плита из минерального волокна или пористого материала, но сравнимый эффект можно получить, если звук внутри панели будет испытывать многочисленные отражения от большого числа препятствий с известным коэффициентом поглощения звука.

Акустические свойства панели можно определить по времени реверберации в течение, которого интенсивность звука уменьшается на 60 дБ,

то есть в 1 млн. раз по мощности или в 1000 раз по звуковому давлению [12]. Это время должно быть очень и очень мало, например, 0,5 мс и меньше. В известных конструкциях панелей звукопоглощение в пористых материалах обусловлено вязким трением в порах, внутренним трением и теплообменом в воздухе. В качестве зернистого пористого материала используют: минеральную крошку, мелкий гравий, пемзу, пеностекло, шлак, древесное волокно, минеральную вату, базальтовое волокно. В качестве вяжущего используют цемент или жидкое стекло (ОДМ 218.2.013-2011).

Вопрос в том, чем заполнять панель, чтобы материал был эффективен, дешев и легко подвергался рециклингу. В поиске решения поставленной задачи внимание привлекло то обстоятельство, что во многих странах фермеры ведут борьбу со злостным сорняком (рисунок 2), который именуется в просторечии перекаати-поле [13]. Перекаати-поле растет в степных районах и оставляет после отмирания особые образования, круглые, овальные и сухие, которые состоят из высохших частей и катаются по ветру в виде иногда довольно больших и легких шаров. Перекативаясь, одно растение может рассеять до 100 тысяч семян. Попадая в последней четверти 19 века в Америку из России вместе с семенами льна, "русская солянка" (местное название сорняка) быстро завоевала весь Запад США и юг Канады. Перекаати-поле создаёт затруднения автомобильному транспорту: в США практически все хайвеи в той или иной степени страдают от перекаати-поле. В конце лета и в осенне-зимний период скопления перекаати-поле у кустарников, деревьев и оград фермеров вызывают большие опасения у пожарных служб, потому что горят перекаати-поле как порох. В степной зоне и на юге России от перекаати-поля те же проблемы. Вообще, этот сорняк растет в Северном полушарии во всех странах на территории, расположенных южнее примерно 50° северной широты.



Рис. 2. Большую группу перекаати-поле прибило ветром к деревьям (Источник <https://oir.mobi/675358-perekati-pole-rastenie.html>)

Материалы и методы. Конструирование отдельных деталей шумопоглощающей панели: лицевая перфорированная крышка, боковые грани изготавливают из мелкозернистого фибробетона. Проектирование рецептуры мелкозернистого бетона осуществляли экспериментальным путем, в качестве основного вяжущего применяли портландцемент АО «Чеченцемент», стабильного минералогического состава $C_3S = 59\%$; $C_2S = 16\%$; $C_3A = 8\%$ и $C_4AF = 13\%$. Заполнитель использовали фракционированный местный, смешивали мелкий кварцевый песок Червленского месторождения (45 %) с модулем круп-

ности 1,7 и мытые высевки от дробления известняка Ярмыш-Мардынского месторождения с модулем крупности 3,9. Зерновой состав полученного обогащенного заполнителя определяли согласно ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний. Установлено, что кривая просеивания не выходит за пределы области, ограниченной стандартом, следовательно, полученный заполнитель пригоден для бетона (рисунок 3). Физико-механические свойства бетонов определяли согласно ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам, модуль упругости с помощью ультразвукового прибора «Пульсар 1.1».

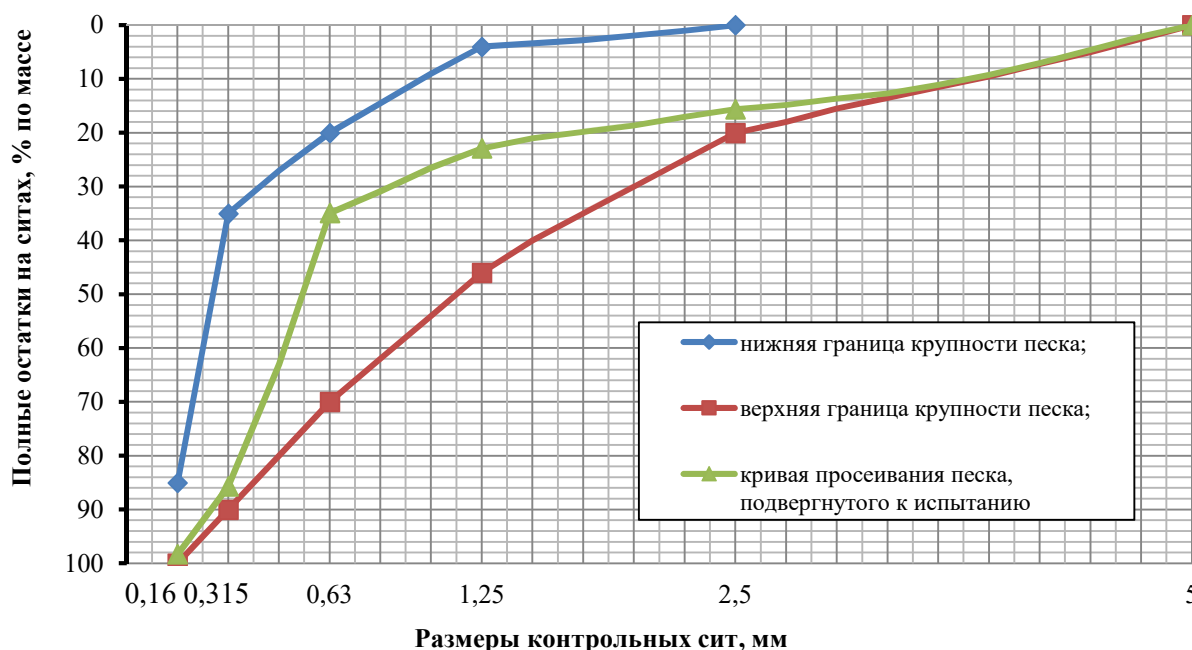


Рис. 3. Кривая просеивания фракционированного мелкого заполнителя

Для повышения трещиностойкости, акустических показателей бетонной композиции, что является обязательным требованием ограждающих конструкций использовали базальтовую фибру производства ООО «Базальтовые композиты» ТУ 5952-002-29274362-15.

На растровом электронном микроскопе QUANTA 3D 200i (США) с интегрированной системой микроанализа Genesis Apex 2 EDS от EDAX, в режиме высокого вакуума при ускоряющем напряжении электронного луча 30кВ и увеличении 250–10000 крат исследовали базальтовые фибры. Для получения изображения использовался детектор Эверхарта-Торнли (ЭТД) сцинтиляторного типа с фотоумножителем, воспринимающий вторичные (SE) и обратно-рассеянные электроны (BSE), возбуждаемые первичным пучком при его взаимодействии с образцом. Обработка спектров производилась при помощи

программного обеспечения EDAX TEAM EDS. Химический анализ базальтовой фибры в % по массе: $CO_2 = 7,16$; $Na_2O = 1,28$; $MgO = 2,61$; $Al_2O_3 = 15,47$; $SiO_2 = 52,6$; $K_2O = 1,95$; $CaO = 9,11$; $TiO_2 = 1,36$; $Fe_2O_3 = 8,46$. На микрофотографиях базальтовых фибр зафиксирован размер диаметра волокон, изменяющийся в диапазоне 10,15–11,27 мкм.

Полученная мелкозернистая композиция с использованием выше перечисленных компонентов позволит создать прочную и жесткую оболочку моделируемой рециклируемой панели.

Для обработки и упрочнения заготовленных кустов перекасти-поля была подготовлена жидкая перлитобетонная суспензия с замедленными сроками схватывания. Природный перлит - вспученный легкий материал вулканической природы с условно замкнутой пористостью, к тому же достаточно дешевый компонент, применяющийся

как звукопоглотитель и теплоизолятор. Перлит использовали производства АО «Перлит» Мухор-Талинского месторождения. Химический состав перлита % по массе: $\text{Na}_2\text{O} = 3,4$; $\text{MgO} = 0,3$; $\text{Al}_2\text{O}_3 = 14,7$; $\text{SiO}_2 = 70,4$; $\text{TiO}_2 = 0,1$; $\text{K}_2\text{O} = 3,9$;

$\text{CaO} = 0,8$; $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 0,7$; $\text{H}_2\text{O} = 5,3$; $\text{FeO} = 0,4$. Химическое взаимодействие частиц перлита с продуктами гидратации портландцементного клинкера можно выразить следующей схемой:

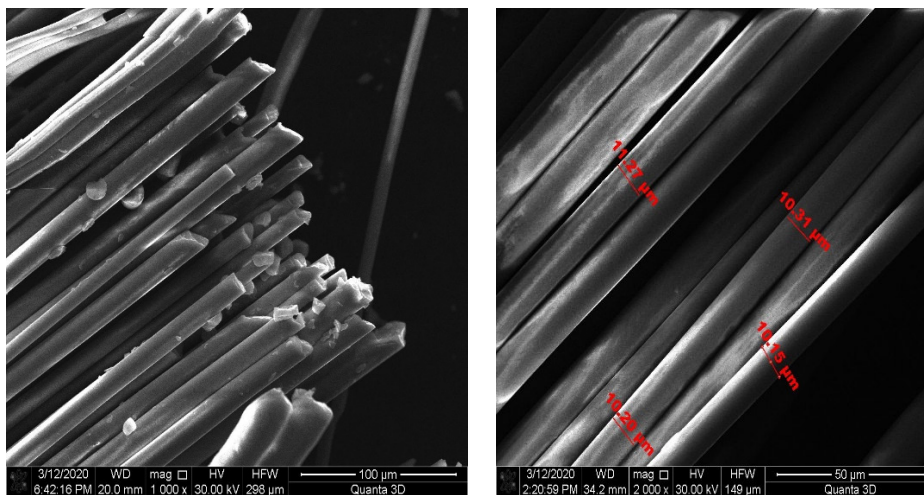
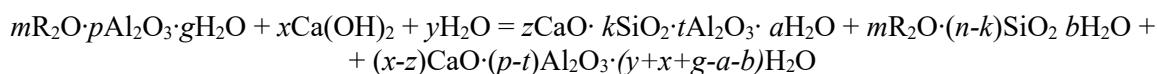


Рис. 4. Микрофотографии базальтовой фибры при различных увеличениях

В северо-западном районе Чеченской республики располагаются сухие бурунные степи, территорию которых заполнили сорные растения – перекасти-поле, регион большие испытывает трудности с уничтожением данных сорняков, обладающих огромной способностью размножения. Использование перекасти-поле в строительстве для изготовления рециклируемых шумопоглощающих экранов, позволит решать ряд проблем как экологического, так и экономического характера.

Основная часть. Конструкция рециклируемой шумопоглощающей панели состоит из следующих элементов.

1. Передняя (лицевая) перфорированная крышка выполнена из мелкозернистого бетона, армированного базальтовой фиброй.

2. Плоская крышка формируется в форме из антиадгезионного материала - для формы применяют плиты из полиэтилена.

3. На днище формы расположены капроновые конусные шипы для формирования перфорации на лицевой крышке. Задняя стенка панели глухая, она толще, чем передняя из мелкозернистого фибробетона.

4. Боковины формируют в виде цельного каркаса с большими технологическими уклонами в форме, собранной из полиэтиленовых плит. Боковины панели в виде коробчатого каркаса формируют из мелкозернистого бетона с армированием волокнами базальта.

5. Заполнитель панели из кустов перекасти-поле, обработанный перлитобетонной суспензией.

Заготовленные кусты перекасти-поля в галтовочных сетчатых барабанах с крупными ячейками очищают от мелких и слабых веток и листьев. Готовят перлитобетонную жидкую, медленно твердеющую смесь, поэтому в формовочную массу добавляют замедлитель схватывания NTF в дозировке 0,3 % от массы вяжущего. Погружают в эту смесь отсортированные кусты перекасти-поля, дают стечь лишнему бетону и укладывают в готовый каркас с днищем. Сверху кусты легко подпрессовывают полиэтиленовой плитой, чтобы панель закрылась, но оставалось между ветками свободное пространство. Когда каркас с кустами, покрытыми перлитобетоном, наберет прочность, окончательно закрывают панель перфорированной крышкой. Когда панель наберет прочность ее помещают в металлический каркас, сделанный из гнутой уголком листовой нержавеющей стали или алюминия. Можно нержавеющую сталь заменить на обычную сталь, но после пескоструйной обработки в камерах и покрытия уголков горячим цинком. Сталь с цинковым покрытием, нанесенного электролизом, быстрее корродирует из-за малой толщины покрытия и микропор в нем.

Минимальное время реверберации внутри такой шумозащитной панели, заполненной шу-

мопоглощающими элементами, можно определить по немного измененной формуле Сэбина Уоллеса [14]:

$$T_{60} = 0,16V/A = 0,16V/(\alpha_1S_1 + \alpha_2S_2 + \dots + \alpha_iS_i), \quad (2)$$

где V – внутренний объем панели при условии, что часть объема панели свободна m^3 ; A – общий фонд звукопоглощения; α_i – коэффициент звукопоглощения отражающими элементами, размещенными внутри панели (зависит от материала и размера элементов, его дисперсных или фрикционных характеристик); S_i – площадь каждой отражающей звук отдельной поверхности, m^2 ; S – полная внутренняя поверхность панели, акустические свойства которой одинаковы со свойствами отражающих элементов, m^2 .

Расчет по формуле (2) показал, что время реверберации такой шумозащитной панели меньше 0,0005 с. Коэффициент звукопоглощения α_i ветками, покрытыми мелкозернистым бетоном с крупным порошком перлита, взят равным 0,06. Для приготовления смеси применяют вспученный перлит с размером частиц 0,5–3 мм [15, 16].

Подготовка к рециклингу изделий заключается в том, что с панели аккуратно снимают металлический каркас. Он после очистки и инспекции опять используется в новых панелях. Остальное запускают в дробилку. Растительные остатки от перекасти-поля после дробления панели отделяют сепарированием. Они биологически разлагаемы и удобряют почву. Дробленный мелкозернистый перлитобетон идет на производство строительных материалов.

Алгоритм процесса сборки и рециклинга шумопоглощающей панели полностью представлен, важным аспектом необходимо выделить оптимальную рецептуру мелкозернистого базальтофибробетона, являющегося корпусом данной конструкции. Составы и свойства проектируемого бетона приводятся в таблице 1. Изготовленные образцы бетона кубики размером 100мм после распалубки хранились в камере нормального твердения нормального твердения КНТ-1 и подлежали испытанию через определенные промежутки времени.

Таблица 1

Составы и свойства базальтового мелкозернистого фибробетона

№ состава	Расход материалов, кг/м ³					Плотность, кг/м ³	Модуль упругости, $E \cdot 10^3$, МПа	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут.	
	ПЦ	ФЗ	В	Базальтовые фибры	Master Glenium 115			7	28
1	535	1610	165	20	4,3	2335	33,5	29,7	42,4
2	435	1740	155	21	3,5	2353	26,9	26,8	38,2
3	585	1590	175	22	4,7	2374	42,2	34,8	54,0
4	485	1590	173	–	3,7	2251	25,4	21,7	32,5
5	485	1590	192	–	–	2252	23,6	20,8	29,8

Полученные результаты исследований мелкозернистого базальтового бетона подтвердили эффективность комплексного использования базальтовых волокон и суперпластификатора (производитель BASF) Master Glenium 115 в дозировке 0,8 % от массы портландцемента. Физико-механические характеристики базальтофибробетона сопоставимо с традиционным бетоном возросли примерно на 70–80 %. Полученные составы 1 и 3 являются наиболее выгодными и позволят повысить долговечность моделируемых шумоизоляционных панелей. Тем более следует учитывать, что заполнитель пространства панели из обработанных перлитобетоном ветвей перекасти-поле, тоже будет служить своего рода уплотнителем и шумоизолятором конструкции.

Когда жизненный цикл шумозащитных панелей заканчивается, они должны быть рециклированы. Разделить дерево, резину, металл, плиты

из стекловолокна или минеральной ваты, завернутые в стеклоткань, не так просто. Кроме того, для производства минерального волокна для существующих конструкций панелей расходуется большое количество топлива и электроэнергии.

Выводы. Подобраны материалы для новой конструкции шумозащитной панели. Так как перфорированная передняя и глухая задняя стенки экрана делаются из мелкозернистого фибробетона, были спроектированы и исследованы его свойства. В качестве заолнителя использовались обогащенные фракционированные пески, для армирования щелочестойкие базальтовые волокна, с хорошими акустическими свойствами. Большая часть внутреннего объема панели заполнена отсортированным сорняком перекасти-поле, густые ветвистые стебли которого пропитаны перлитобетоном. Источником сорных растений являются местные бурунные степи.

Для выявления оптимальной рецептуры мелкозернистого базальтофибробетона, являющегося важным элементом шумоизоляционного экрана, были подобраны составы и изготовлены образцы бетона. Варьируя компонентами формовочных бетонных смесей портландцементом в пределах 535–585 кг/м³ и фракционированным заполнителем 1590–1610 кг/м³, с комплексным использованием базальтовых волокон и суперпластификатора Master Glenium 115 удалось выявить оптимальные рецептуры мелкозернистого бетона. Установлено, что физико-механические характеристики базальтофибробетона сопоставимо с традиционным бетоном возросли примерно на 70–80 %, что позволит в дальнейшем повысить долговечность моделируемых шумоизоляционных панелей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Shashurin A.E., Boiko I.S. The Problem of High-Speed Railway Noise Prediction and Reduction // *Procedia Engineering*. Vol. 189. 2017. Pp. 539–546. doi:10.1016/j.proeng.2017.05.086
2. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом 4-е изд., перераб. и доп. Санкт-Петербург: изд-во Логос. 2015. 432 с.
3. Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Бойко Ю.С. Влияние материала на акустическую эффективность шумозащитных экранов // *NOISE Theory and Practice*. 2016. С. 24–29.
4. Пат. 172683, Российская Федерация, МПК E01F 8/00(2006.01). Панель резонатор. / А.Е. Шашурин; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Институт акустических конструкций" № 2016113103; заявл. 2016.04.05; опубл.2019.20.12. Бюл. № 35.
5. Шашурин А.Е., Бойко Ю.С., Бужинский К.В. Проектирование и строительство шумозащитных экранов: исключение характерных ошибок, унифицированность и удешевление конструкции // *Биосферная совместимость*. 2017. №3 (19). С. 96–104.
6. Пат. 2646256 Российская Федерация, МПК E04B 1/84 (2006.01) Акустический экран для производственных помещений. / О.С. Кочетов; заявитель и патентообладатель Кочетов Олег Савельевич (RU). № 2017107573; заявл. 2017.07.03.; опубликовано 2018.02.03. Бюл. №7
7. Nahaev M.R., Harchenko I.Ya., Murtazaev S-A.Y. Compositions of OTDV for injection consolidation of soils with a complex filler of various genesis // *Ecology and Industry of Russia*. 2015. № 3. Pp. 48–52.
8. Татаринцева О.С., Углова Т.К., Игонин Г.С. и др. Определение сроков эксплуатации базальтоволоконных теплоизоляционных материалов // *Строительные материалы*. 2004. № 11. С. 14-15.
9. Salamanova M.Sh., Murtazayev S-A. Yu., Alaskhanov A.Kh., Ismailova Z.Kh. Development of Multicomponent Binders Using Fine Powders // *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISEES 2019)*. Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. Pp. 500–503. URL <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914231>.
10. Буянтуев С.Л., Кондратенко А.С. Исследование физико-химических свойств минеральных волокон, полученных с помощью электромагнитного технологического реактора // *Вестник ВСГУТУ*. 2013. №5 (44). С. 123-129.
11. Шиляев А.И. Определение условий образования каплеобразных и петлеобразных неволоконистых включений в производстве супертонкого базальтового волокна // *Актуальные проблемы науки: сб. науч. тр. Тамбов*. 2011. С. 159-163.
12. Беранек Л., Меллоу Т. Акустика: звуковые поля и преобразователи. Elsevier, Oxford. 1-е издание. 2012. 128с.
13. Линчевский И.А. Семейство плюмбаговые (Plumbaginaceae). Жизнь растений. В 6 т. под ред. А.Л. Тахтаджяна. М.: 1980. Т. 5. Ч. 1. Цветковые растения. 430 с.
14. Жуков А.В., Байвель И.Я., Кашперовская О.П. Материалы и изделия на основе вспученного перлита. М.: Изд. лит. по строительству, 1972. 159 с.
15. Архаров А.М., Беляков В.П., Микулин Е.И. и др. Криогенные системы. М.: Машиностроение, 1987. 536 с.
16. Li H., Richards C., Watson J. High-Performance Glass Fiber Development for Composite Applications // *International Journal of Applied Glass Science*. 2014. Vol. 5. Pp. 65–81. doi:10.1111/IJAG.12053

Информация об авторах

Нахаев Магомед Рамзанович, кандидат технических наук, доцент, проректор по науке и инновациям/ E-mail: mr-nakhaev@mail.ru. Чеченский государственный университет имени А.А. Кадырова. Россия, 364024, Грозный, ул. Шерипова, 32. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова. Россия, 364051, Грозный, пр. Исаева, 100.

Саламанова Мадина Шахидовна, кандидат технических наук, доцент, директор научно-технического центра коллективного пользования «Современные строительные материалы и технологии». E-mail: madina_salamanova@mail.ru. Грозненский государственный нефтяной технический университет им. акад. М.Д. Миллионщикова. Россия, 364051, Грозный, пр. Исаева, 100. Комплексный научно-исследовательский институт имени Х.И. Ибрагимова Российской академии наук, 364051, Россия, г. Грозный, Старопромысловское шоссе, 21а

Поступила 22.01.2022 г.

© Нахаев М.Р., Саламанова М.Ш., 2022

^{1,2}*Nakhaev M.R.*, ^{2,3,*}*Salamanova M.Sh.*

¹*Kadyrov chechen state university*

²*Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikov*

³*Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences*

**E-mail: madina_salamanova@mail.ru*

MATERIALS AND TECHNOLOGY FOR OBTAINING A RECYCLED NOISE PROTECTION PANEL

Abstract. *There are thousands of kilometers of noise protection screens around the world along roads, railways and near airports. The use of such screens poses some issues. Barriers often lack the required level of sound absorption and have low durability. Screens can be noise-absorbing, noise-reflecting or both. Sound absorbing materials are used to suppress noise at medium and high frequencies. For sound deadening at low frequencies, resonant absorbers are used; they are Helmholtz resonators combined into a single structure. When panels reach the end of their life cycle, they must be recycled. Separating wood, metal, fiberglass or rock wool slabs wrapped in fiberglass is not easy. The production of mineral fiber requires a lot of energy. A selection of materials has been proposed and the properties of fine-grained concretes for the further manufacture of a noise-protective panel have been investigated. The perforated front and blank rear walls are made of fine-grained basalt fiber-reinforced concrete reinforced with alkali-resistant basalt fibers. The results of studies of fine-grained basalt concrete confirmed the effectiveness of the combined use of basalt fibers and superplasticizer Master Glenium 115. The physical and mechanical characteristics of basalt fiber-reinforced concrete are increased by about 70–80% compared to traditional concrete, which will further increase the durability of imitation noise protection panels.*

Key words: *noise protection panel, highway, perlite concrete, fibers, basalt fibers, tumbleweed, recycling, energy transition.*

REFERENCES

1. Shashurin A.E., Boyko I.S. The problem of predicting and reducing the noise of high-speed railways. *Procedia Engineering*. Volume. 189. 2017. Pp. 539–546. doi:10.1016/j.proeng.2017.05.086
2. Ivanov N.I. *Engineering acoustics. Theory and practice of noise control*. [Inzhenernaya akustika. Teoriya i praktika bor'by s shumom]. 4th ed., revised. and additional St. Petersburg: Logos Publishing House. 2015. 432 p.
3. Ivanov N.I., Shashurin A.E., Boyko Yu.S. The use of material on the acoustic efficiency of noise barriers. [Vliyanie materiala na akusticheskuyu effektivnost' shumozashchitnyh ekranov]. *NOISE Theory and Practice*. 2016. Pp. 24–29. (rus)
4. Shashurin A.E. Panel resonator. Patent RF, no. 172683, 2019. (rus)
5. Shashurin A.E., Boyko Yu.S., Buzhinsky K V. Design and construction of noise barriers: elimination of characteristic errors, uniformity and cost reduction of the structure [Proektirovanie i stroitel'stvo shumozashchitnyh ekranov: isklyuchenie harakternyh oshibok, unificirovannost' i udeshevlenie konstrukcii]. *Biospheric Compatibility*. 2017. No 3 (19). Pp. 96–104. (rus)
6. Kochetov O.S. Acoustic screen for industrial premises. Patent RF, no. 2646256, 2018. (rus)
7. Nakhaev M.R., Harchenko I.Ya., Murtazaev S-A.Y. Compositions of OTDV for injection consolidation of soils with a complex filler of various genesis. *Ecology and Industry of Russia*. 2015. No. 3. Pp. 48–52.
8. Tatarintseva O.S., Uglova T.K., Igonin G.S. et al. Determining the service life of basalt fiber heat-insulating materials [Opredelenie srokov eksploatacii bazal'to-voloknistykh teploizolyacionnykh materialov]. *Construction Materials*. 2004. No. 11. Pp. 14–15. (rus)
9. Salamanova M.Sh., Murtazayev S-A. Yu., Alaskhanov A.Kh., Ismailova Z.Kh. Development of Multicomponent Binders Using Fine Powders. *Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences: Applied and Fundamental*

Research" dedicated to the 85th anniversary of H.I. Ibragimov (ISES 2019). Atlantis Highlights in Material Sciences and Technology (AHMST). April 2019. Vol.1. Pp. 500–503. URL <https://www.atlantispress.com/proceedings/isees-19/125914231>.

10. Buyantuev S.L., Kondratenko A.S. Study of the physico-chemical properties of mineral fibers obtained using an electromagnetic technological reactor. [Issledovanie fiziko-himicheskikh svojstv mineral'nyh volokon, poluchennyh s pomoshch'yu elektromagnitnogo tekhnologicheskogo reaktora]. Bulletin of the ESGUTU. 2013. No. 5 (44). Pp. 123–129. (rus)

11. Shilyaev A.I. Determining the conditions for the formation of drop-like and loop-like non-fibrous inclusions in the production of super-thin basalt fiber. [Opredelenie uslovij obrazovaniya kapleobraznyh i petleobraznyh nevoloknistyh vlyucheniij v proizvodstve supertonkogo bazal'tovogo volokna]. Actual problems of science: coll. scientific tr. Tambov. 2011. Pp. 159–163. (rus)

12. Beranek L., Mellow T. Acoustics: sound fields and transducers. [Akustika: zvukovye polya i preobrazovateli]. Elsevier, Oxford. 1st edition. 2012. 128 p. (rus)

13. Linchevsky I.A. Plumbaginaceae family. Plant life. [Semejstvo plyumbagovye (Plumbaginaceae). ZHizn' rastenij]. In 6 volumes, ed. A.L. Takhtajyan. M.: 1980. V. 5. Part 1. Flowering plants. 430 p. (rus)

14. Zhukov A.V., Bayvel I.Ya., Kashperovskaya O.P. Materials and products based on expanded perlite. [Materialy i izdeliya na osnove vspuchennogo perlita]. M.: Ed. lit. on construction, 1972. 159 p. (rus)

15. Arkharov A.M., Belyakov V.P., Mikulin E.I., et al., Cryogenic Systems. [Kriogennye sistemy]. M.: Mashinostroenie, 1987. 536 p. (rus)

16. Li H., Richards C., Watson J. High-Performance Glass Fiber Development for Composite Applications. International Journal of Applied Glass Science. 2014. Vol. 5. Pp. 65–81. doi:10.1111/IJAG.12053

Information about the authors

Nakhaev, Magomed R. PhD, Associate professor, vice-rector for science and innovations. E-mail: mr-nakhaev@mail.ru. Chechen State University named after A.A. Kadyrov. Russia, 364024, Grozny, st. Sheripova, 32. Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikova. Russia, 364051, Grozny, Isaeva Ave., 100.

Salamanova, Madina S. PhD, Associate Professor. E-mail: madina_salamanova@mail.ru. Grozny State Oil Technical University named after acad. M.D. Millionshchikova. Russia, 364051, Grozny, Isaeva Ave., 100. Kh. Ibragimov Complex Institute of the Russian Academy of Sciences, 21, Staropromyslovskoe highway, Grozny, 364051, Russia

Received 22.01.2022

Для цитирования:

Нахаев М.Р., Саламанова М.Ш. Материалы и технология получения рециклируемой шумозащитной панели // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 5. С. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-8-16

For citation:

Nakhaev M.R., Salamanova M.Sh. Materials and technology for obtaining a recycled noise protection panel. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2022. No. 5. Pp. 8–16. DOI: 10.34031/2071-7318-2022-7-5-8-16