

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2024, Том 11, № 3 / 2024, Vol. 11, Iss. 3 <https://resources.today/issue-3-2024.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/02NZOR324.pdf>

DOI: 10.15862/02NZOR324 (<https://doi.org/10.15862/02NZOR324>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Кулагина, Т. А. Альтернативные шумопоглощающие экраны из вторичных материальных ресурсов / Т. А. Кулагина, Е. Н. Зайцева, Э. Э. Кобилев, С. И. Ашурмахматов // Отходы и ресурсы. — 2024. — Т. 11. — № 3. — URL: <https://resources.today/PDF/02NZOR324.pdf> DOI: 10.15862/02NZOR324

For citation:

Kulagina T.A., Zaytceva, E.N., Kobilov E.E., Ashurmakhmatov S.I. Alternative noise-absorbing screens from secondary material resources. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2024;11(3): 02NZOR324. Available at: <https://resources.today/PDF/02NZOR324.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: 10.15862/02NZOR324

УДК 504.75.06

Кулагина Татьяна Анатольевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Заведующий кафедрой «Техносферной и экологической безопасности»
Доктор технических наук, профессор
E-mail: tak.sfu@gmail.com

Зайцева Елена Николаевна

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, Россия
Старший преподаватель кафедры «Техносферной и экологической безопасности»
E-mail: Lenap1978@mail.ru

Кобилев Эргаш Эгамбердиевич

Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова, Самарканд, Республика Узбекистан
Заведующий кафедрой «Экологии и безопасности жизнедеятельности»
Доктор медицинских наук, профессор
E-mail: kobilov.1961@mail.ru

Ашурмахматов Сарвар Исроил угли

Самаркандский государственный университет имени Шарафа Рашидова, Самарканд, Республика Узбекистан
Докторант кафедры «Экологии и безопасности жизнедеятельности»
E-mail: ashurmahmatovsarvar97@gmail.com

Альтернативные шумопоглощающие экраны из вторичных материальных ресурсов

Аннотация. Плотная городская застройка, не соблюдение нормативов строительства, высокая нагрузка дорожных сетей вследствие их низкой пропускной способности, являются источником повышенного акустического воздействия особенно в крупных городах. Звуки и шумы городской среды являются раздражающим фактором современных мегаполисов. Быстрый рост уровня жизни населения требует поиска решений максимально возможного снижения акустических нагрузок на окружающую среду. Шумопоглощающие экраны — один из вариантов технической реализации мероприятия по защите от чрезмерных звуков. А использование для их строительства распространенных в современном мире отходов позволяет сделать это решение рентабельным. Ведь, постоянное увеличение потребностей жителей крупных городов ведет к росту промышленных и коммунальных отходов, при неправильной утилизации которых происходит загрязнение окружающей среды. Однако при использовании

безопасных технологий и экологических способов утилизации возможно и снизить экологическую нагрузку и достичь необходимых уровней шума в населенных пунктах. Пластик уже давно стал неотъемлемой частью жизни населения и сократить его использование вряд ли получится, поэтому перспективным является экологичное и безопасное обращение с ним. Авторами предложен вариант изготовления барьеров из поликарбоната, рассматриваемого как вид вторичных материальных ресурсов, и являющимся востребованным из-за многократной возможности рециклинга полимера, уникальных физико-химических свойств материала и экономической целесообразности. Выполненные замеры на городских магистралях и расчеты снижения акустической нагрузки показали возможность применения экранов указанного типа с минимальным толщиной более чем на 24 дБ.

Ключевые слова: акустическое воздействие; шумоизоляция; полимеры; вторичные ресурсы; шумопоглощающие экраны; обращение с отходами; рециклинг

Введение

В задачу обеспечения экологической безопасности населения промышленно развитых городов входит в том числе снижение акустического воздействия, превосходящего нормативные значения. Рассматривая взаимодействие человека и акустической среды (рис. 1), принято выделять две экологически направленных позиции: шум и звук. Шум относится к одному из наиболее распространенных неблагоприятных техносферных физических факторов окружающей среды, приобретающих важное социально-гигиеническое значение, в связи с автоматизацией технологических процессов и развитием транспортной сети. Звук же предполагает возможности его рационального использования, сохранность и усиление при необходимости.

Главное различие заключается в сравнении результатов воздействия на человека.

Рассматривая шумовое воздействие, исследователи изучают факторы неблагоприятного влияния на человека: дискомфорт, нарушение сна, раздражение, неблагоприятные физиологические эффекты и т. д. В отличие от этого, изучение звукового ландшафта направлено на анализ звуков, оказывающих благоприятное воздействие на людей, животных, птиц. Эти звуки могут способствовать улучшению здоровья, повышению качества жизни, облегчению условий деятельности [1]. Закономерно, что оправданным и необходимым мероприятием для создания комфортной среды обитания является разработка шумозащитных мероприятий.

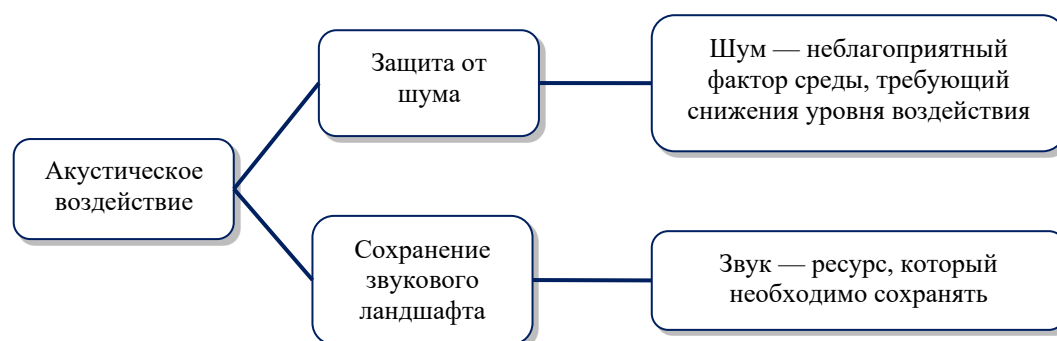


Рисунок 1. Схема направлений акустического воздействия [1]

Из существующих методов защиты от шума однозначно выделяется лишь заведомо спланированное проектирование города с учетом дальнейшего роста интенсивного использования автотранспорта. А из множества решений, можно выделить лишь создание акустического барьера в виде экранов для появления акустической тени в местах, где это

необходимо. Плотность же застройки крупных мегаполисов осложняет борьбу с этим явлением, ведь в этом случае строительство шумозащитных экранов элементарно затруднено [2].

Основная часть. Экран из монолитного поликарбоната способен решить проблемы шумового загрязнения городов

Снижение отрицательного шумового воздействия возможно с помощью технических и организационных мероприятий, к которым относится установка шумозащитных сооружений, в том числе акустических экранов.¹ Надо отметить, что подбор санитарных мероприятий к каждому источнику шума — процесс индивидуальный, требующий инженерных решений, т. к. надо соблюсти баланс: снижая шум на территории застройки, обеспечить нормальную работу объекта без ухудшения рабочих характеристик, кроме того, предусмотреть доступ к оборудованию для обслуживания или замены его элементов. Материалы, применяемые для шумоизоляции, должны быть пожаро-, взрывобезопасны и иметь сертификаты гигиенической безопасности.

В настоящее время для строительства используют разнообразные экраны, в зависимости от их конструкции и достигаемого эффекта снижения шума, их можно разделить на четыре укрупненные группы:

- широкие экраны;
- комбинированные экраны;
- экраны-тоннели;
- экраны барьеры (стенки).

Широкие экраны представляют собой здания нежилого типа, земляные валы, выемки. Недостатком экранов данного типа является сложность исполнения при уже существующей застройке.

Экраны-тоннели являются наиболее эффективными сооружениями, но очень сложны в конструктивном исполнении и чрезвычайно дороги.

Наиболее распространенным экраном является стенка (рис. 2), что объясняется упрощенной схемой конструкции, возможностью использования разнообразных материалов, простотой обслуживания.



Рисунок 2. Экраны барьеры (фото автора)

¹ ТР ТС 014/2011 "Безопасность автомобильных дорог". URL: <https://docs.cntd.ru/document/902307834#7D20K3>.

К недостаткам этого типа экранов следует отнести наличие звукоотражающего эффекта при расположении конструкций друг против друга, который, однако устраняется с использованием элементов из звукопоглощающих материалов.

В практике существуют два метода борьбы со звуковыми волнами — поглощение и отражение. Более эффективным, но дорогостоящим является первый способ. Метод отражения дешевле, но он дает лишь базовую защиту, не гарантируя тишины. Ведь звуки никуда не исчезают, отражаясь, они уходят в другую сторону и найдя аналогичную преграду, возвращаются немного потеряв свою мощность (рис. 3). Шумоотражающие заборы делают из материалов, имеющих высокий коэффициент отражения звуковых волн. Это кирпич, бетон, монолитный поликарбонат (без полостей) или оргстекло.

Забор обычной высоты из кирпича или бетона, снизит шум на 5 дБ, что не всегда бывает достаточным. Для повышения эффективности, можно наращивать высоту ограждения, тогда каждый дополнительный метр по высоте — даст или обеспечит примерно 1,5 дБ снижения уровня шумов.



— — отраженный шум; — проникающий шум

Рисунок 3. Распространение звуковых волн (разработано авторами)

Для возведения звукопоглощающих акустических экранов, расположенных вдоль транспортных путей необходимо, использовать биостойкий материал, обладающий стабильными физико-механическими и акустическими свойствами в течение всего периода эксплуатации [3]. Кроме того, панели должны обеспечить соответствующий коэффициент звукопоглощения (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты звукопоглощения

Среднегеометрическое значение частоты, Гц	125	250	500	1 000	2 000	4 000	8 000
Контрольный коэффициент звукопоглощения	0,3	0,5	0,8	0,8	0,7	0,6	0,5

Составлено авторами

В последние годы часто используют экраны из поликарбоната в большей степени из-за того, что это тот вид пластика, который может состоять на 90 % из вторичного сырья [4], восстановленного путем переработки потребительских отходов в соответствии требований по переходу к экономике замкнутого цикла [5]. Поликарбонат — относится к классу синтетических полимеров (-O-R-O-CO-)n. Материал обладает невысокой горючестью,

биологически инертен, нетоксичен, изделия из него можно эксплуатировать в интервале температур от минус 100 до плюс 135°C. Линии экструзии листов PC предполагает операции с использованием первичного сырья, гранул или хлопьев PET, либо смеси.

Мировыми лидерами среди полимерных материалов остаются полиолефины, за которыми следует ПВХ (рис. 4). В общем объеме потребления растет доля вторичных пластмасс, что отражает мировой тренд на реализацию принципов ресурсозамещения [6]. Объем вторичных сырьевых материалов в мировой переработке, полученных за счет рециклинга, достиг уже почти 9 %.²

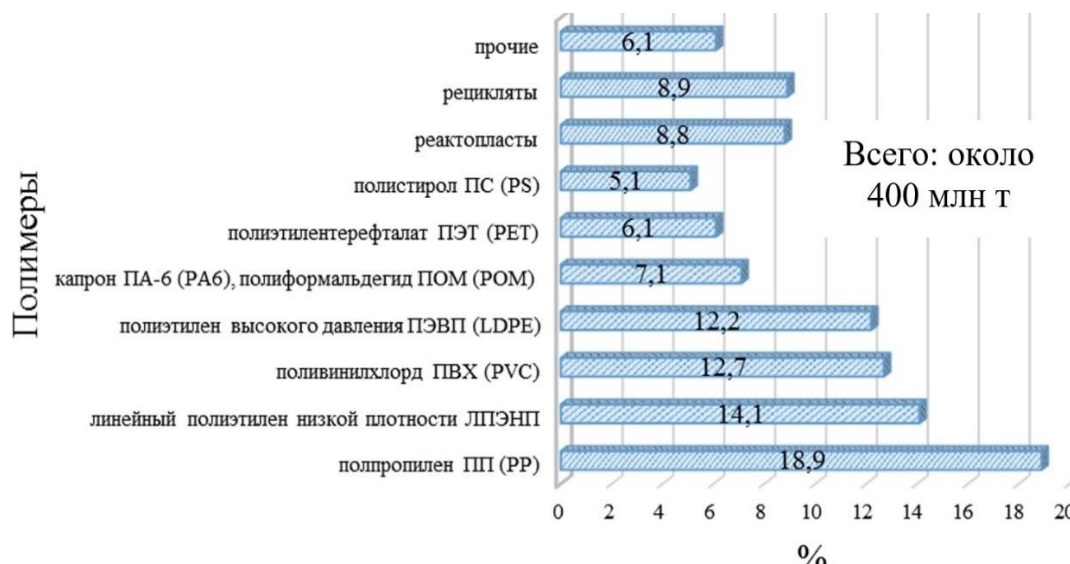


Рисунок 4. Структура мирового производства полимеров, 2023 год (разработано авторами)

Уникальные особенности пластмассовых изделий — их универсальная формуемость. Полимерные профили имеют высокую прочность, но в четыре раза легче стальных, что упрощает работу с ними и позволяет значительно снизить вес готовой конструкции. Абсолютная стойкость полимерных композитов к коррозии и агрессивным средам приводит к растущему спросу на них при реконструкции и строительстве объектов городской и транспортной инфраструктуры, очистных сооружений, градирен, объектов химической и гидротехнической сферы. Поликарбонат — ударопрочный материал, не разбивается на осколки, обладает антивандальными свойствами, при нанесенном антиабразивном покрытии не подвержен абразивному износу, поверхность не царапается [7].

Прозрачные полимерные конструкции не закрывают свет, не загромождают пейзажи, не заслоняют обзор на окружающие ландшафты. Это особенно важно при установке экранов на загородных трассах. Дополнительно панели обеспечивают защиту от пыли, ветровых потоков с дорог, а при использовании тонировки — для защиты от солнца. Популярность акустических барьеров растет во всем мире, экраны устанавливают на разных объектах:

- автомобильные и железные дороги;
- жилые комплексы близкие к аэропортам, строительным площадкам, предприятиям;
- площадки массовых мероприятий;
- кафе, городские густонаселенные районы и пр.

² Кацевман М.Л. Состояние российской отрасли переработки пластмасс // Полимерные материалы. — 2024 март. URL: <https://polymerbranch.com/articles/sostoyanie-rossijskoj-otrasli-pererabotki-plastmass/>.

Решение городских архитектурных задач, где требуются облегченные, прозрачные материалы вполне может быть реализовано с использованием поликарбонатных листов. Их выпускают двух видов: структурированные и монолитные.

Структурированные листы (сотовый поликарбонат) состоят из нескольких тонких слоев поликарбоната, соединенных между собой перегородками. Они обеспечивают прочность и жесткость панели, а наличие воздушной прослойки значительно усиливает шумозащитные свойства с сохранением важного преимущества материала — небольшого веса. Монолитный поликарбонат — это сплошной полимерный лист без внутренних пустот. Внешне он напоминает обычное силикатное стекло, только легче и прочнее. Шумоизоляционные свойства от толщины сотового поликарбоната приведены в таблице 2.

Таблица 2

Зависимость шумоизоляционных свойств поликарбоната от его толщины

Толщина монолитного поликарбоната, мм	3	5	6	8	10	12
Ослабление шума, дБ	24	25	26	28	30	31

Составлено авторами

Более 90 % видов пластмасс производятся из первичного ископаемого сырья при том, что пластик признается материалом с высоким потенциалом рециклинга. Жизненный цикл пластика значительно превышает его срок службы [8]. Уменьшение количества отходов может быть достигнуто за счет вторичного использования материалов, производства из отходов новых изделий [9]. Именно поэтому на сегодняшний день актуален вопрос разработки новых и модернизация старых способов утилизации [10].

В Сибирском федеральном университете в рамках ВКР проводятся работы по снижению шумовой нагрузки на улицах города Красноярска с интенсивным движением транспорта. С этой целью были выполнены замеры шума на ул. Лесников (рис. 5) с соблюдением всех рекомендуемых условий (рис. 6)³ с внесением полученных данных в протокол измерения (табл. 3) и таблицу с полученными результатами (табл. 4).

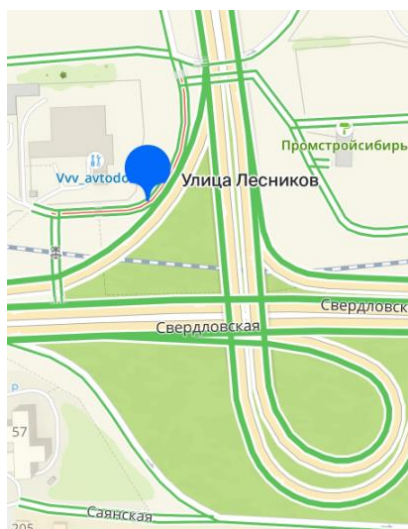


Рисунок 5. Место проведения измерений (разработано авторами)



Рисунок 6. Шумомер Robotron 00 024 (фото автора)

³ ГОСТ 20444-2014. Межгосударственный стандарт. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики.

Таблица 3

Измерения шумовой характеристики транспортного потока

Характеристика	Показатель
Наименование организации, проводившей измерения	СФУ
Дата и время проведения измерения	10.09.2023 г. 17.00 — 19.00
Место проведения измерения	г. Красноярск, ул. Лесников, вокруг дома бг
Характеристика автомобильной дороги: — одно или два направления движения автотранспорта — количество полос движения в каждую сторону, наличие трамвайных путей — наличие или отсутствие разделительной полосы, ее ширина — наличие боковых проездов, их ширина, расстояние от основной дороги — тип покрытия проезжей части (асфальтобетон, цементобетон или др.) — расположение дороги — на ровной территории, в выемке, на насыпи	— два направления движения автотранспорта — 3 полосы в северном направлении, 5 в южном — имеется разделительная полоса — 1 боковой проезд — асфальт — ровная территория
Характеристика рельсовой дороги (железная дорога, трамвайный путь, линия метрополитена)	Отсутствует данный тип дороги
Средства измерений	Шумомер Robotron 00 024
Методика проведения измерений	ГОСТ 20444-2014
Данные о метеоусловиях при проведении измерений: — скорость ветра — температура — относительная влажность воздуха — атмосферное давление	2,2 м/с +16°C 26 % 760 мм. рт. ст
Продолжительность проведения измерений	4 часа

Составлено авторами

Таблица 4

Результаты измерений шумовых характеристик автотранспортного потока

Количество автотранспортных средств по видам в потоке за временной интервал наблюдения Т = 4 часа							Эквивалентный уровень звука $L_{Aeq, поток}$, дБА	
точки замера	автомобили		автобусы	троллейбусы	мотоциклы, мопеды и т. п.	ср. скорость потока, км/ч	наличие экрана	отсутствие экрана
	легковые	грузовые						
1	66	2	1	-	11	70–90	60–65	78–79
2	97	13	4	-	13	70–90	62–66	89–90
3	65	5	5	-	8	70–90	64–67	78–80

Составлено авторами

Эквивалентные уровни звука в расчетных точках i -го участка в дневное (7.00 — 23.00) и ночное (23.00–7.00) время, с учетом требуемых поправок и характеристик из таблицы 5, находятся по формуле, дБа:

$$L_{Ai.d} = L_{эkv.d} - L_{Apac} - L_{Aвоз} - L_{A\epsilon/m} - L_{Aпок} - L_{зел} - \Delta L_{A\alpha} - \Delta L_{Aomp} = 73,48. \quad (1)$$

$$L_{Ai.n} = L_{эkv.n} - L_{Apac} - L_{Aвоз} - L_{A\epsilon/m} - L_{Aпок} - L_{зел} - \Delta L_{A\alpha} - \Delta L_{Aomp} = 70,97. \quad (2)$$

Таблица 5

Характеристики и поправки, для расчета эквивалентных уровней звука

$L_{экв.д}$	$L_{экв.н}$	$L_{Арас}$	$L_{Апок}$	$\Delta L_{Ав/т}$	$L_{Апок}$	$L_{зел}$	$\Delta L_{А\alpha}$	$\Delta L_{Аотр}$
74,5	71,99	0,98	0,024	0,013	0	0	0	0

Составлено авторами

Требуемое снижение уровня звука в дневной и ночной периоды находится по формуле:

$$\Delta L_{треб} = L_{Ai} - L_{дон}, \text{ дБА.} \quad (3)$$

Величина допустимого эквивалентного уровня звука на территории $L_{дон}$ для дневного времени суток равна 65 дБа, для ночного 55.⁴

$$\Delta L_{треб.д} = L_{Ai.д} - L_{дон.д} = 73,48 - 65 = 8,48.$$

$$\Delta L_{треб.н} = L_{Ai.н} - L_{дон.н} = 70,97 - 55 = 15,97.$$

Заключение

Согласно заявленным свойствам монолитного поликарбоната, применение данного типа материала минимальной толщины в 3 мм позволит снизить уровень шума на 24 дБ, что будет удовлетворять требуемому снижению звука с максимальным значением для ночного времени суток. Стоимость поликарбонатного листа толщиной 3 мм, площадью 6,0 кв. м — 16 000–18 000 руб. Аналогичный размер экрана в стальном исполнении от 35 000 руб. Стоимость бетонного ограждения сопоставима с поликарбонатом, но очевидный недостаток — большая масса изделия, играет не в пользу конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Корниенко С.В. Город: от снижения уровня шума до позитивной акустической среды / С.В. Корниенко // Энергосбережение. — 2023. — № 5. — С. 18–21. — URL: https://www.abok.ru/for_spec/articles/42/8483/8483.pdf (дата обращения 27.06.2024).
2. Атаулов Р.В. Анализ эффективности работы шумозащитных экранов в городе Томске / Р.В. Атаулов, Б.С. Семухин. — DOI 10.31675/1607-1859-2018-20-2-115-123 // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2018. — Т. 20. № 2. — С. 115–123. — URL: <https://vestnik.tsuab.ru/jour/article/view/406> (дата обращения 20.06.2024).
3. Шульдешов Е.М. Полимерная композиционная звукопоглощающая панель / Е.М. Шульдешов, И.Д. Краев, М.М. Платонов. — DOI 10.18577/2307-6046-2017-0-5-7-7 // Научно-технический журнал "ТРУДЫ ВИАМ". — 2017. — № 5. — С. 56–61. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=yneyrr> (дата обращения 20.009.2024).
4. Кулагина Т.А. Обращение с промышленными и особо опасными отходами: Монография / Т.А. Кулагина, П.Е. Хаглеев, Е.Н. Зайцева. — Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2021. — 512 с. — ISBN 978-5-7638-4310-1.

⁴ ОДМ 218.2.013-2011 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам.

5. Поликарбонаты из рециклата // Пластикс. — 2023. — № 9(237). — С. 28–29. — URL: https://plastics.ru/upload/magazines/Plastics_9_2023/28/ (дата обращения 21.06.2024).
6. Журавлев В.М. Современные возможности обеспечения экологической безопасности при обращении с промышленными отходами / В.М. Журавлев, Е.Н. Чернявская, Т.А. Кулагина, С.И. Клименков, Е.Н. Писарева // Энергетика в глобальном мире: сборник тезисов. — 2010. — С. 278–282. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26067742>.
7. Виноградова С.В., Васнев В.А. Поликонденсационные процессы и полимеры.: М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000. — 372 с. — ISBN 5-02-004360-5.
8. Запорников В.А. Улучшение технологических и физико-механических характеристик вторичного сырья на основе поликарбоната / В.А. Запорников, В.С. Осипчик, А.А. Редькина, А.И. Кочетков, Г.А. Павлова // Успехи в химии и химической технологии. — ТОМ XXVIII. — 2014. № 3. — С. 28–30. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22029414> (дата обращения 21.06.2024).
9. Пшебельская Л.Ю. Эффективные направления переработки пластиковых отходов / Л.Ю. Пшебельская, А.В. Ледницкий // Труды БГТУ. Сер. 5, Экономика и управление. — 2021. № 2(250). — С. 89–94. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47266320> (дата обращения 23.06.2024).
10. Кулагина Т.А. Управление промышленными и особоопасными отходами / Т.А. Кулагина, А.И. Матюшенко, С.В. Комонов, Е.Н. Писарева. — Москва-Смоленск: «Маджента», 2010. — 567 с. — ISBN 978-5-98156-085-9.

Kulagina Tatiana Anatolievna

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: tak.sfu@gmail.com

Zaytceva Elena Nikolaevna

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
E-mail: Lenap1978@mail.ru

Kobilov Ergash Egamberdiyevich

Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Republic of Uzbekistan
E-mail: kobilov.1961@mail.ru

Ashurmakhmatov Sarvar Isroil ogli

Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Republic of Uzbekistan
E-mail: ashurmahmatovsarvar97@gmail.com

Alternative noise-absorbing screens from secondary material resources

Abstract. Dense urban development, non-compliance with construction standards, high utilization of road networks due to their low capacity are a source of increased acoustic impact, especially in large cities. The sounds and noises of the urban environment are an annoying factor in modern megacities. The rapid increase in the standard of living of the population requires the search for solutions to reduce acoustic loads on the environment as much as possible. Noise-absorbing screens are one of the options for the technical implementation of measures to protect against excessive sounds. And the use of waste materials common in the modern world for their construction makes this solution cost-effective. After all, the constant increase in the needs of residents of large cities leads to an increase in industrial and municipal waste, with improper disposal of which environmental pollution occurs. However, with the use of safe technologies and environmental disposal methods, it is possible to reduce the environmental burden and achieve the necessary noise levels in populated areas. Plastic has long been an integral part of the life of the population and it is unlikely that it will be possible to reduce its use, therefore, environmentally friendly and safe handling is promising. The option of manufacturing polycarbonate barriers, considered as using it as secondary material resources, is in demand due to the multiple possibilities of polymer recycling, the unique physico-chemical properties of the material and economic feasibility. The measurements performed on urban highways and calculations of acoustic load reduction showed the possibility of using screens of this type with a minimum thickness of more than 24 dB.

Keywords: acoustic effects; sound insulation; polymers; secondary resources; noise-absorbing screens; waste management; recycling