



Получена: 09.12.2022 г.

Приета: 23.12.2022 г.

НЯКОИ ОСНОВНИ ПРИНЦИПИ ЗА ЕКОЛОГИЧЕН ДИЗАЙН ПРИ ШУМОЗАЩИТНИТЕ ПРЕГРАДИ ЗА ТРАНСПОРТНАТА ИНФРАСТРУКТУРА

К. Гуркова¹, С. Бояджиев²

Ключови думи: транспортна инфраструктура, транспортен шум, шумозащитни прегради, екологичен дизайн

РЕЗЮМЕ

Транспортната инфраструктура оказва съществен екологичен натиск, като транспортният шум влияе негативно както на биоразнообразието, така и на човешкото здраве. Една от главните насоки за развитието на сектора акцентира в дейността за постигане на намаляване на нивата на транспортен шум чрез шумозащитни прегради. Шумозащитните прегради за транспортната инфраструктура сами по себе си са екологичен елемент и към момента те са неразделна част от инвестиционните проекти. За да се повиши екологичната себестойност на избраните проектни решения, може да се прилагат някои принципи за избор на материали и конструктивна система още на етап идейно предложение. Статията има за цел да анализира и представи някои от тези постановки, с чието прилагане да се допринесе за постигане на повишена екологичност на съоръженията за защита от транспортен шум.

1. Въведение

Шумът се определя като звук със сложна нехармонична вълна, чиято честота и сила не са в постоянни съотношения във времето. Шумът, излъчен в околната среда и по-специално този, причинен от транспорта, е един основен екологичен проблем [1 – 3].

¹ Катрин Гуркова, студентка по „Инженерна екология“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1164 София, e-mail: katrinnurkova@gmail.com

² Симеон Бояджиев, инж., кат. „Строителни материали и изолации“, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1164 София, e-mail: sboyadjiev_fce@uacg.bg

Той може да бъде квалифициран като напрягащ, дразнещ и неприятен. В патофизиологичен смисъл това е всеки акустичен сигнал, който със силата си предизвиква временни или постоянни промени в организма, като раздразнителност, депресия, смущения в съня, нарушения в хормоналните нива, слуха, вегетативната нервна система, нарушения в храносмилателната система, сърдечно съдовата система и дори нарушения в дихателната система. Според някои източници [1 – 3] около двадесет процента от населението на Европа е изложено на постоянен шум при нива, които са вредни за здравето. Това са повече от 100 милиона европейци.



Фиг. 1. Картино изображение на шумово замърсяване, показващо тревожна опасност за здравето [4]

Всички тези нарушения важат не само за хората, но и за представителите на дивата природа. Освен това шумовото замърсяване предизвиква отбягване на зоните на проявление, което измества миграционните пътища и променя границите на местообитанията. Новите местообитания могат да бъдат в територии с по-лоши параметри на хранене, размножаване, отглеждане на поколение, което с други неблагоприятни фактори може да доведе до локално изчезване на видове. Според посоченото в [5 – 7], може да се посочат характерни примери за нарушения в жизнения ритъм и показатели при фауната. Пример за европейския континент е даден в [7], където се посочва, че градските европейски червеногръдки, териториални птици, които разчитат на гласовата комуникация, коригират времето на пеенето си, за да компенсират шумовото замърсяване. Те започват да пеят през нощта, когато е по-тихо, респективно ако птиците трябва да пеят през нощта, вместо да спят, това може да доведе до проблеми, свързани с тяхното поведение.

В клас земноводни показателен е примерът, че шумовото замърсяване също може да убие и сексуалния живот на жабата. Проучване, което е проведено в Мелбърн, Австралия, от д-р Кирстен Парис и колеги [7] установява, че за някои силно гласови видове жаби шумовото замърсяване е свързано с увеличаване на честотата на техните обаждания. Това увеличение частично компенсира загубата на комуникационно разсто-

яние в зоните с шум и трафик. Счита се, че чифтосващият зов на мъжките жаби е може-ло да бъде чуто на разстояние до 800 m. от заинтересованите женски, но в зоните на за-вишени шумови показатели това разстояние спада до стойности от 14 m. Съпровождащ проблем е, че ако мъжките жаби променят повикващия сигнал на по-висока честота, за да бъдат чути, женските може да не харесат това, което чуват, защото женските жаби от някои видове предпочитат по-ниски тонове, които често показват по-големи и/или по-опитни мъжки. Следователно възможностите за адаптация на вида са силно ограничени (представителите на мъжките жаби имат трудната задача – да не бъдат чути или да бъдат чути и отхвърлени).



Фиг. 2. Европейска червеногръдка, която започва да пее през нощта, защото е трудно да бъде чуто през деня и силно гласовита жаба, която има проблем с това да бъде чуто в шумните райони [7]

За клас бозайници изследванията [7] отбелязват различен резултат за черноопашатото прерийно кученце (*Synomys ludovicianus*) в свободно отглеждани се колонии в Колорадо. Този вид кученца са били изложени на симулиран шум, подобен на този, който би се излъчвал, ако има реално експлоатирана магистрала, минаваща на 100 m от колонията. В резултат на експеримента кученцата не са напускали домовете си, като изследователите са забелязали и видима промяна в поведението им по време на излъчване на шума в следните посоки:

- броят на черноопашатите прерийни кученца над земята е намалял с 21 %;
- делът на търсещите храна индивиди е намалял с 18 %;
- бдителността (следене на хищници) се е увеличила с 48 %;
- социалните взаимодействия и почивката им са намалели с 50 %.

От проведения експеримент е направен извод, че „шумът от пътя може да промени ключовите поведенчески стереотипи, отговарящи за оцеляването на вида. Следователно при наличие на антропогенни фактори от този род наличието на популационна плътност в даден ареал не е гаранция за съхранение на същата и екологичната цялост. Допълнително може да се заключи, че дори в случаите, когато шумовото замърсяване може да не прогони представителите на даден вид (отбягване надалеч от даден обект), то може да промени установеното им поведение. Такова въздействие има по-малко очевиден ефект върху физическото им благосъстояние, но отрицателният му принос е съществен и непренебрежим.



Фиг. 3. Популациите на прерийните кученца намаляват в близост до магистрали [7]

2. Видове шумозащитни стени и съоръжения

Основен виновник за продължителното шумово замърсяване се оказват транспортните средства, респективно основната зона на въздействие са ландшафтите в съседство на пътищата и железопътните линии. Като основен източник на транспортен шум и за урбанизираните, и за неурбанизираните територии се явява трафика по натоварени жп линии, високоскоростните пътища и зони с тежкотоварно движение.

Шумът, излъчен от транспортните потоци, може да бъде намален посредством различни мероприятия, прилагани самостоятелно или в комбинация. Най-често това са ограничаване на скоростта, обходни маршрути, подновяване на състава, увеличаване на разстоянието между източника на шум и защитавания обект, изграждане на шумозащитни прегради, комбинация между изредените [2, 3, 7].

Едно от работещите решения за намаляване на степента на въздействието от шума на трафика е поставянето на шумозащитни прегради по протежение на линейната транспортна инфраструктура. Те могат да редуцират шумовите нива, както в градската, така и в извънградската среда до приемливи нива за човешкото здраве и представителите на флората [2, 3, 8, 10].

Шумозащитните прегради трябва концептуално да отговарят на редица изисквания едновременно, като ефективност (вид на влаганите материали с основни шумопоглещащи или шумоотразяващи функции), естетично вписване, задължителна висока екологичност, конкурентност при проектиране, изпълнение, крайна цена и други [9 – 12]. Във функцията от изредените параметри основните типове са:

- земни насипи покрай пътя с екраниращ ефект;
- зелени пояси от многоетажна растителност (комбинация от дървета, храсти и треви);

- от строителни материали с естествен или изкуствен произход (дърво, метал, стъкло, рециклирани пластмаси, бетон и др.);
- комбинации от изредените:
- био прегради с дървена и бетонова основна конструкция;
- зелените шумозащитни прегради с допълнителна звукоизолация;
- зелените шумозащитни прегради без допълнителна звукоизолация;
- „смесен тип“ – комбиниране на концепции и материали;
- шумозащитните прегради – без да се използва жива растителност и прегради от естествени материали (вкл. рециклирани);
- фотоволтаични шумозащитни прегради.

3. Обобщена класификация на шумозащитните прегради по основни параметри

Конструкцията на шумозащитните стени са много и са разнообразни [3, 9, 10]. Видовете шумозащитни стени в зависимост от конструктивното решение се разделят по няколко признака:

3.1. В зависимост от геометрията на шумоизолационната стена:

- прави стени – вертикални или наклонени;
- черупкови – отворени;
- черупки – куполни – почти или изцяло затворени;
- с рефракционна конзола.

3.2. В зависимост от начина на акустично противодействие:

- основно шумопоглещащи;
- основно шумоотразяващи;
- с комбинирано разпределено действие;
- с приоритетно дифракционно действие.

3.3. В зависимост от елементи и характеристики на носещата конструкция:

- според материала на конструкцията: бетонови, стоманобетонови, тухлени, стоманени, дървени, полимерни материали и други;
- според конфигурацията на носещата конструкция: плътни и решетъчни;
- според теглото на стената: леки и тежки;

- според светлопропускливостта на шумозащитното пано: плътни, полупрозрачни, прозрачни и комбинирани;
- според начина на изграждане: монолитни и сглобяеми, комбинирани.

3.4. В зависимост от проследените стойности за акустичното редуциране:

- Земнонасипни екрани – намаляват нивото на шума с повече от 5 dB;
- Зелени зони – от 4 до 15 dB в зависимост от видовете растителност и ширината на зеления пояс;
- Зелени шумозащитни огради – звукоизолирането в зависимост от растителните видове варира от 0 dB – 24 dB, а шумопоглъщането от 0 dB;
- до повече от 11 dB (данни от производител);
- Дървени шумозащитни прегради – средно намаляване над 20 dB за различните дървени материали и дебелини;
- Стоманени екранни конструкции – стоманена носеща конструкция и акустични панели – тип сандвич (повърхността е от стоманена ламарина или алуминиеви плоскости, а вътрешността е от минерална или стъклена вата). Масово производителите гарантират звукоизолиране до 25dB;
- Стени от стоманена носеща конструкция и монолитни поликарбонатни плоскости. Постига се звукоизолиране от 15 dB до 25 dB в зависимост от дебелината на плоскостите;
- Прегради от стъклени акустични панели с пълнеж от рециклирани PVC – материали – шумопонижаването достига до 30 dB;
- Бетонени шумозащитни бариери. Изолационният индекс на бетоните бариери е много висок – > 45 dB.

Допълнителна информация е обобщена в табл. 1, базирана на данни от [9].

Таблица 1. Приблизителни стойности на шумово понижение за някои често срещани материали, тествани за типични А-претеглени честотни спектри на шума от трафика

Материал	Дебелина mm	Плътност kg/m ²	Шумово понижение dB (A)
Поликарбонат	8 – 12	10 – 14	30 – 33
Акрил	15	18	32
Бетон (различни видове)	200 – 100	151 – 244	34 – 40
Тухла	150	288	40
Стомана	1,27 – 0,64	9,8 – 4,9	25 – 18
Алуминиеви плоскости	1,59 – 6,35	4,4 – 17,1	23 – 27
Дървесина	25	18	21
Шперплат	13 – 25	8,3 – 16,1	20 – 23

4. Възможности за екологичен дизайн на шумозащитните прегради

В съвременното строителство предимство при избора на материали за изграждане на съоръженията имат леките и екологични материали, замърсяващи в ниска степен околната среда като производство и бъдещ отпадък за обезвреждане, тоест отговарящи изцяло на концепцията за устойчиво развитие [2, 10, 13]. Предимство имат всички естествени и рециклируеми материали, които имат и възможност за последващо използване. Материалът използван за шумозащитните бариери трябва да бъде дълготраен, и с характеристики, които предпоставят ефективност от акустична гледна точка. Елемент, който има най-голямо значение за акустичната приложимост на шумозащитните бариери, е шумовата изолация. Тя зависи от количеството вложен/и материал/и и шумопоглещащите му/им качества. Добрият акустичен потенциал на транспортните шумозащитни прегради още на ниво проект се задава чрез геометричното решение, дифракционната композиция и избраните материали. Всички тези елементи трябва да създадат функционална система в посока на шумова редукция, естетика и екологична себестойност. Последното може да се търси чрез прилагане на познати принципи в устойчивото строителство като материали с природен произход, материали с капацитет за повторна употреба и минимален остатък за обезвреждане чрез депониране в последната фаза на „жизнения цикъл“ на транспортното съоръжение.

Като първи носители на тези принципи може да се причислят „зелените“ шумозащитни прегради [2]. Те условно могат да се разделят на няколко основни вида: зелени пояси, био прегради, екошумозащитни стени и зелени шумозащитни стени, като се срещат и смесени варианти.

4.1. Зелени пояси

Изпълнение на „зелените пояси“ по протежение на пътни артерии се прилагат от години. Акустичният ефект на тези прегради е в доста широки граници – от 3 – 4 dB до 15 dB и зависи от видовете растителност, от гъстотата и височината им и от броя редове. Обикновено се прилага комбинация от храстова и храстовидна и дървовидна растителност (фиг. 4).



Фиг. 4. Редове от дървета, намаляващи шумовото замърсяване в градските райони [14] и личен архив Е. Иванова

4.2. Био прегради саксиен тип с дървена или бетонна основна конструкция

Те са често срещани в практиката с наименованието „био прегради“. Тези шумозащитни съоръжения са конструкции от дърво, бетонни тела (фиг. 5) и дори керамика, оформящи специални зони на принципа на саксии, в които се засаждат растения. Вариантите за подобни шумозащитни прегради са най-разнообразни и с лекота се вписват на редица места.



Фиг. 5. Био преграда с дървена основна конструкция [15] и Био преграда с бетонна основна конструкция [16]

Основните проблеми, които се наблюдават при био преградите, са от геометрична гледна точка (сравнително по-големи размери и площ, която заемат) и възможности за редовна поддръжка по време на експлоатация (основно грижи за растенията – поливане, торене, подмяна и др.).

4.3. Шумозащитни стени от еко-материали – без използване на жива растителност



Фиг. 6. Шумозащитна стена от еко-материали с фасада от обелена върба и ламела от лиственица, построена през 2021 г. [17]

В съвременното строителство предимство при избора на материали за изграждане на съоръженията имат леките и екологични материали, незамърсяващи околната среда, т.е. отговарящи изцяло на концепцията за устойчиво развитие. Предимство имат всички естествени и рециклирани материали, които имат и възможност за последващо рециклиране.

Възможни за такъв вид шумозащитни стени са състоящите се от дървени елементи или тип „сандвич“ с външни слоеве от дървени или върбови прътови скари и други подобни, и сърцевина от вата (фиг. 6). Ватата може да е каменна или минерална, а също така и от кокосови влакна. Този тип стени не изискват сериозна поддръжка.

4.4. Зелени шумозащитни стени

Зелените шумозащитни стени са с външен покривен слой от растения върху носеща конструкция, по която да се задържат (фиг. 7). Основните части на една такава стена са фундаменти, надземна конструкция и изолационни пана. Фундаментът е от стоманобетон – монолитен или сглобяем. В някои от вариантите конструкцията му е изцяло вкопана в земята, а в други част от нея продължава в цокъл, с цел отделяне на шумоизолационната стена от влагата. Конструкциите са с разнообразни форми и материали. Най-често прилаганите решения са панели между стоманени носещи колони. Това решение прави шумозащитните стени леки, лесни и бързи за изпълнение.



Фиг. 7. Зелена шумозащитна стена: Вариант на екологична шумозащитна, преградно съоръжение „лек и тежък тип“ по научна разработка към ЦНИП при УАСГ на тема „Възможности и ефективност на екологични шумозащитни преградни съоръжения в градски условия“ (гр. София), личен архив Е. Иванова [18]

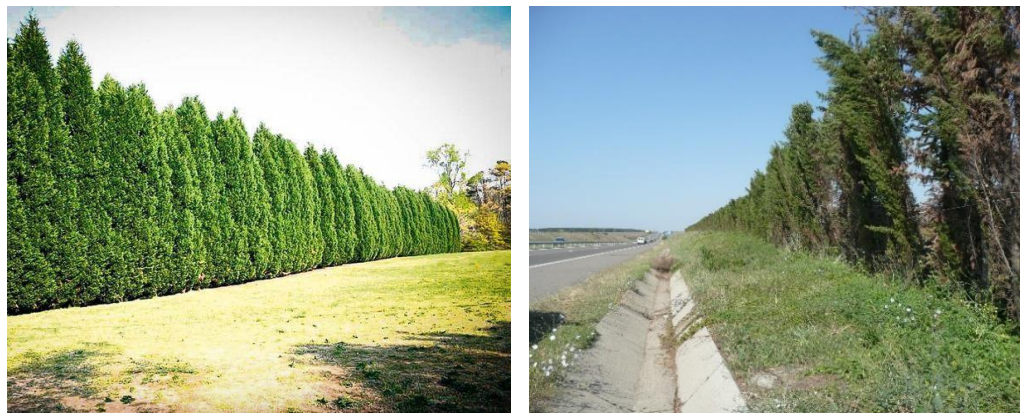
Изолационните панели се състоят от няколко слоя, като отвън се разполагат растенията. Под тях е необходимо и от двете страни да има носещ елемент, който по същество е носещата част на конструкцията на панела (обикновено се прилагат метални мрежови скари, дървени такива за леките варианти и габионни сандъци за тежките, и други). Вътрешността е от материал с природен произход с високи шумопоглъщащи свойства. От гледна точка на цена и търсен акустичен ефект добри решения са пълнежи от камен-

на или минерална вата, кокосови влакна, почва или компост. Този пълнеж осигурява звукоизолационната способност на стената, а във вариантите с почва е и хранителна среда за растенията. Паната могат да се изграждат на място, с послоен монтаж, или да са типово произведени, като на място се изпълняват само връзките между тях и конструкцията на носещите стойки и фундамента. Тежките типове се изпълняват на място съгласно проект [11, 12, 18, 19].

Като повърхностен пласт, растенията могат да са насадени в самото пано (спускаща се растителност) или непосредствено пред него (катерещ тип растителност). При избора им трябва да се съблюдават принципи на ландшафтното планиране [20 – 23], чрез които да се отчитат фактори като устойчивостта на видовете при високи концентрации на изгорели газове, дали спадат към клас вечно зелени, през есенно-зимния период какъв процент от листната маса губят, чувствителност към засушаване и измръзване, скорост на растеж, особености на видовете, които повлияват на акустичния ефект и на външния вид на преградата.

4.5. Зелени шумозащитни прегради без допълнителна звукоизолация

Изграждането на високи огради само от растения (фиг. 8) или в комбинация с леки огради също е възможно. Акустичният ефект е по-малък в сравнение с другите варианти, но за крайни квартали и огради на имоти е добра алтернатива на каменните и стоманобетоновите високи огради.



Фиг. 8. Зелена шумозащитна преграда без допълнителна звукоизолация, изградена само от високи растения [24], предоставен личен архив Е. Иванова

4.6. Фотоволтаични шумозащитни прегради

Фотоволтаичните шумозащитни прегради се реализират вече второ десетилетие и през това време е постигнат значителен напредък не само в технологията на фотоволтаичните модули, но и в изграждането на фотоволтаични шумови бариери [25, 27]. В исторически план една от първите стъпки в Европа е завод, построен в Швейцария през 1989 г. [25]. Дадената на фигура 9 инсталация е с капацитет на мощностите 100 kWp и е построена през 1995 г. Тя произвежда средно 850 kWh/kWp.



Фиг. 9. ФотоVOLтаични шумозащитни прегради [25, 26]

Примерът показва, че при инсталацията на фотоволтаичен парк, същият може да бъде поставен и обратно, и срещу магистралата. Това означава, че при използването на фотоволтаични компоненти за звукови бариери двупосочно на движението, може да има PV система, ориентирана подходящо към падането на слънчевия лъч и за двете страни на линейното съоръжение (едната обръната към магистралата, а другата на противоположната стена, обръната навън).

С технически потенциал от 680 GWh годишно фотоволтаичните панели върху шумозащитните бариери в Централна Европа може да бъдат основен принос за разрастващия се пазар на зелена енергия [25].

Използването на тези шумови бариери има много предимства. Въз основа на настоящия анализ и на публикуваното в [27] може да се обобщят три големи групи:

- Ефективно шумово понижаване при дълготрайност на активите. Възможности за прилагане на финансови модели от тип виртуален нетметъринг.
- Висок потенциал. Съществува висок потенциал за фотоволтаични шумозащитни прегради, особено в гъсто населени и индустриализирани райони, които също имат високо потребление на електрическа енергия. Висок потенциал персонално за България, предвид ландшафтните особености и ориентира на главните пътни отсечки запад-изток.
- Съчетаването в един проект на високоскоростна пътна отсечка с включени пътни принадлежности за защита от шум, които са с двойно предназначение, само по себе си е работеща инфраструктура за два национално значими сектора – транспорт и енергетика в частта ѝ „зелена енергия“.

5. Превръщане на отпадъците в шумозащитни прегради – алтернатива за бъдещето

По света се предлагат все по-голям брой продукти, които твърдят, че са „щадящи околната среда“, като включват различни рециклирани материали. Примери са: рециклирана пластмаса, отпадъчни материали, стари гуми (рециклиран каучук), битови отпадъци, превърнати в компост и други. Възможно е да има ограничения в използването на рециклираните продукти [14].

5.1. Шумозащитни стени от рециклирана пластмаса

Замърсяването с пластмаси е достигнало до такива нива, че можем да срещнем пластмаса навсякъде. В планините, в моретата, а за съжаление и в стомасите на милиони животни всяка година.

Пластмасата е наименование на различни материали, което означава и че не всички могат да се рециклират. Пластмасата – PET 1 (полиетилентерефталат) е най-често срещаният вид пластмаса за бита и от нея се изработват предимно бутилки за еднократна употреба и опаковки. Всеки пластмасов материал, отбелязан с този знак, е рециклируем [29]. Следователно пластмасата, която сме използвали в бита, може след това да бъде използвана и прилагана за много други цели, като например за шумозащитни прегради.

Има много предимства от използването на шумоизолиращи стени от рециклирана пластмаса (фиг. 10) пред другите по-традиционни материали, като бетон, дървен материал и стомана. По-съществени предимства са, че:

- са по-леки и по-безопасни за инсталиране и поддръжка;
- могат да бъдат произведени във всякакъв цвят или модел;
- имат по-добро акустично представяне поради кухината, създадена в панела;
- те са непорести, което означава, че боята и графитите не могат да се абсорбират в тях;
- се използват рециклирани пластмаси.

Трябва обаче да се вземат предвид и изискванията за устойчивост на удар, UV стабилност, пожароустойчивост, отразяване на светлината и различни други критерии.

Рециклираните пластмасови шумозащитни стени се използват успешно вече на различни места по цял свят, като например на магистралата Mordialloc в югоизточната част на Мелбърн [31]. Самият проект включва 11,7 km шумозащитни стени, които имат 75 % рециклирано съдържание, което се оценява еквивалентно на 30 милиона пластмасови бутилки или отпадъци от 25 000 домове за една година (фиг. 10).



Фиг. 10. Шумозащитна преграда от рециклирана пластмаса [30] и магистрала Mordialloc, демонстрира как могат да се използват рециклирани материали за създаване на устойчива пътна инфраструктура [32]

С по-малко от половината от теглото на стоманените или бетонните панели, рециклираните пластмасови шумозащитни стенни панели са по-бързи и по-безопасни за инсталиране, като същевременно отговарят или надвишават изискванията за намаляване на шума от трафика [33].

5.2. Шумозащитни стени от рециклирани гуми

Излезлите от употреба автомобилни гуми са отпадък, който с развитието на икономиката и по точно автомобилната индустрия се образува в особено големи размери, като само в Европа годишно се образуват около 20 милиона тона стари гуми [34]. Консуматорското общество и желанието на човечеството да получава все повече води до продажбата на все повече моторни превозни средства, които с течение на времето генерират все повече излезли от употреба гуми.

Излезлите от употреба гуми не подлежат на естествено разлагане и това предизвиква сериозно екологично замърсяване. Те също така са пожароопасни и при пожар продължават да глеят много дълго време, което прави гасенето им изключително трудно.

Повечето държави трудно решават проблема с рециклирането или оползотворяването на излезлите от употреба гуми. Един от начините за оползотворяване на този отпадък е приложението му като част от звукова бариера. Проектът RUCONBAR, Хърватия [35], който вече е в приложение, финансиран от Програма Еко иновации на Европейския съюз и се ръководи от екип от Факултета по строително инженерство в университета в Загреб. Той е носител на "Green mark" – знак за високи постижения, представляващ устойчив продукт и технология. Екипът на този продукт развива, тества и патентова идеята си, като основните резултати са [35]:

- намаляване на емисиите на парниковите газове и потреблението на невъзобновяеми ресурси;
- рециклиране на излезли от употреба гуми;
- 40 % от каучуковите гранули, използвани в абсорбиращия слой са от рециклирани автомобилни гуми.
- предоставя иновативно решение за превръщане на стари гуми в полезен материал (т.е. са необходими 7800 излезли от употреба гуми, за да се направи 1 km, с височина 3 m шумозащитна преграда);
- продуктът от рециклирани гуми представлява икономично, лесно за изпълнение, екологично чисто решение за защита от шумовото замърсяване (фиг. 11).



Фиг. 11. Шумозащитна преграда от рециклирани гуми [27]

6. Изводи и заключение

Шумовото замърсяване на околната среда от транспорта е антропогенно въздействие, което засяга както дивата природа, така и човека. Шумозащитните стени от различни естествени и изкуствени материали са ефективно решение за редуциране на завишените нива на транспортен шум в урбанизирани и неурбанизирани зони. Съвременното проектиране на шумозащитни прегради трябва да се развива в посока на ефективност, екологичност и естетика. Такъв пример са горепосочените шумозащитни прегради от рециклирани материали, като пластмаса, каучук (автомобилни гуми) и други.

Строителството е отговорно за 40 % от замърсяванията на околната среда [37]. В този ред на мисли, и в контекста на стремежа към устойчиво развитие и опазване на околната среда, изискванията към съвременното строителство стават все по-големи, а отговорността му немалка. Строителните отпадъци причиняват значителни щети, тъй като са една трета от всички отпадъци [37]. Едно от решенията на този проблем е именно използването на рециклирани материали в транспортната инфраструктура и конкретно използването им в шумозащитни стени.

Рециклирането спестява големи количества енергия, намалява потреблението на природни ресурси за производството на нови материали и щеди околната среда от гледна точка на обезвреждане на отпадъци без форма на депониране. Основното предимство на повторното използване на строителни ресурси за изграждане на шумозащитни прегради е практическото прилагане на практиките за устойчиво развитие по аналогия с принципите за енергийна ефективност. При използване на рециклирани материали се спестяват разходи за инженерното съоръжение в рамките на целия му жизнен цикъл, като това се постига и чрез създаване на визия у участниците в инвестиционния процес. От всичко, изредено до тук може да се каже, че шумозащитна преграда, изградена на база устойчиви политики, запазва потенциала си по отношение на икономическите и екологичните си предимства в дългосрочна перспектива.

Шумозащитната преграда от рециклирани гуми с дебелина 20 cm намалява нивото на шум с до 47 dB [38], докато бетоновата шумозащитна бариера с дебелина 20 cm гарантира звукоизолиране с до 34 dB. Шумозащитните прегради от рециклирани материали имат подобно звукоизолиране като често използваните бетонови, но се различават с екологичния си дизайн. Например постигат 31 % намаление на емисиите на парникови газове в сравнение с подобни решения, налични на пазара.

Такъв формат на оползотворяване на строителни материали намалява потреблението на невъзобновяемите ресурси, които стандартно се използват при изпълнението на такъв род принадлежности по пътната и железопътната инфраструктура. По този начин се намалява натискът от строителството в сектора върху околната среда и се повлиява положително ниско контролираното използване на природни ресурси от друг вид.

В заключение може да се каже, че превръщането на отпадъците в шумозащитни прегради е иновативно, устойчиво и екологично решение, което е носител на добри подходи в сектора като част от кръговата икономика. От една страна този тип бариери предпазват от шумовото замърсяване, а от друга намаляват цялостното замърсяване и потребление на ресурси върху околната среда в строителния сектор, отговарящ за транспортната инфраструктура.

ЛИТЕРАТУРА

1. <https://www.eea.europa.eu/bg/articles/shumovoto-zamarsyavane-e-seriozen-problem>, posledno vidyan 20.12.2022.

2. *Ivanova, Ev., Boyadzhieva, D.* Zelenite shumozashtitni steni, dobra ideya kak proektirane to da si „partnira” s prirodata. HI mezhduнародna nauchna konferentsia VSU 02-03 juni 2011, Sbornik s dokladi tom 2, ISSN 1314-071H, Sofia 2011, III, 239 – 244.

3. *Ivanova, Ev., Boyadzhieva, D.* Savremenni reshenia za zashtita ot transportnia shum. Treti natsionalen simpozium po stomaneni, darveni i kombinirani konstruksii, 15 – 16 septemvri 2010, // Godishnik na UASG, tom XLV, 2010, svitak V, ISSN 1310-814H, Sofia, 149 – 163.

4. Noise pollution an alarming health hazard, <https://www.thefinancialexpress.com.bd/views/noise-pollution-an-alarming-health-hazard-1577283589>, posledno vidyan 20.12.2019.

5. *Ivanova, Ev.* Vazstanovyavane na ekologichni mrezhni prez transportnite koridori. HI mezhduнародna nauchna konferentsia VSU 02-03.06.2011, Sbornik s dokladi tom 2, ISSN 1314-071H, Sofia 2011, VI, 152 – 157.

6. *Ivanova, Ev.* Optimizirane na efektivnostta na ekoduktite chrez «zeleni» ekologichni shumozashtitni steni. //Godishnik, tom 3, Mezhdunarodna yubileyna nauchno-prilozhna konferentsia UASG, 15 – 17 noemvri 2012, Sbornik s dokladi tom 3, ISVN 978-954-724-049-0, Sofia 2012, 217 – 222.

7. <https://www.science.org.au/curious/earth-environment/noise-pollution-and-environment>, posledno vidyan 20.12.2019.

8. https://stroiteli.elmedia.net/smt/bg/2008-3/building-installations/шумозащитни-барьеры-по-магистралите_00580.html, posledno vidyan 20.12.2019.

9. Guidelines on Design of Noise Barriers. Government of the Hong Kong SAR, Second Issue, January 2003.

10. *Ivanova, E., Boyadzhieva, D., Georgiev, L.* Klasifikatsia na ekologichnite reshenia za shumozashtitni pregradni saorazhenia. // Godishnik na UASG, tom XLV, 2011 – 2012, Svitak VIII, ISSN 1310-814H, Sofia, 2012, 177 – 184.

11. *Ivanova, E., Boyadzhieva, D., Georgiev, L.* Eksperimentalno izsledvane na leki ekologichni shumozashtitni steni v gradski uslovia. Godishnik tom 3, Mezhdunarodna yubileyna nauchno-prilozhna konferentsia UASG, 15 – 17 noemvri 2012, Sbornik s dokladi tom 3, ISVN 978-954-724-049-0, Sofia 2012, 211 – 216.

12. *Ivanova, E., Boyadzhieva, D., Georgiev, L.* Eksperimentalno izsledvane na tezhki ekologichni shumozashtitni steni v gradski uslovia. Godishnik tom 3, Mezhdunarodna yubileyna nauchno-prilozhna konferentsia UASG, 15 – 17 noemvri 2012, Sbornik s dokladi tom 3, ISVN 978-954-724-049-0, Sofia 2012, 205 – 210.

13. https://stroiteli.elmedia.net/sti/bg/2014-1/editorials/шумозащитни-барьеры_02736.html, posledno vidyan 10.12.2019.

14. <https://www.conserve-energy-future.com/can-trees-reduce-noise-pollution.php>, posledno vidyan 10.12.2019.

15. <https://www.hgtv.ca/diy-how-to-make-your-own-living-wall/>, posledno vidyan 10.12.2019.

16. https://www.aewot.com/?category_id=3281318, posledno vidyan 10.12.2019.

17. <https://pilebyg.dk/en/accoustic-barriers-and-sound-barriers/>, posledno vidyan 10.12.2019.

18. *Ivanova, E. i kolektiv.* Otcheten doklad kam tema „Vazmozhnosti i effektivnost na ekologichni shumozashtitni pregradni saorazhenia v gradski uslovia (gr. Sofia)“, po dogovor kam TsNIP pri UASG, BN/2011, Sofia, 2012.

19. <https://www.baar.com.au/planta>, posledno vidyan 10.12.2019.

20. *Aleksandrova, M., Hristova, N., Ivanova, E.* Elementi na landshaftnoto planirane i transportnata infrastruktura, sazdavashti obshta funkcionalna sistema, I Mladezhka nauchna konferentsia s mezhdunarodno uchastie „Proektirane i stroitelstvo na sgradi i saorazhenia“, 4 – 5 noemvri 2021 g., Sbornik s dokladi ISSN 2738-7887 (online), ISSN 2738-7879 (CD-ROM), 2021, 187 – 196.

21. *Pregyov, A., Spasova, N., Chileva, P.* Elementi na landshaftnoto planirane pri transportnata infrastruktura v granitsite na urbaniziranite teritorii. XII Mezh-dunarodna nauchna konferentsia „Proektirane i stroitelstvo na sgradi i saorazhenia“, 08 – 10 septemvri 2022 g, sbornik s dokladi ISSN 2603-4255 (CD-ROM), ISSN 2683-071X (online), Varna, 263 – 277.

22. *Ugorelska, I., Genadiev, M., Siminkovich, N.* Spetsifiki na landshaftnoto planirane s prilozhenie v transportnata infrastruktura v zonite na neurbaniziranite teritorii. XII Mezhdunarodna nauchna konferentsia „Proektirane i stroitelstvo na sgradi i saorazhenia“, 08 – 10 septemvri 2022 g, sbornik s dokladi ISSN 2603-4255 (CD-ROM), ISSN 2683-071X (online), Varna, 278 – 292.

23. *Tanov, Ml.* Trends of development of the green system and the system of public open spaces in bulgarian cities in the beginning of XXI century, 7th Architecture in Perspective 2015 Conference, Ostrava, Conference Proceedings, pp. 17 – 25, Visoka skola banska Technicka Univerzita Ostrava, 2015, ISBN 978-80-248-3802-1.

24. <https://www.pinterest.com/pin/234679830563401302/>, posledno vidyan 10.12.2019.

25. *Thomas Nordmann, Luzi Clavadetscher,* PV on noise barriers, Progress in Photovoltaics: Research and Applications, Volume 12, Issue 6, Pages 485 – 495, https://www.tnc.ch/wp-content/uploads/2017/10/PV_on_noise_barriers.pdf, posledno vidyan 10.12.2019.

26. https://commons.wikimedia.org/wiki/Category:Photovoltaic_noise_barriers, posledno vidyan 10.12.2019.

27. *Ivanova, St., Ivanova, Ev.* Snegozashtitni saorazhenia s pv-paneli kray patnata mreza na R Bulgaria. VI Mezhdunarodna nauchna konferentsia „Tehnika. Tehnologii. Obrazo-vanie. Sigurnost 2018“, 30.05 – 02.06.2018, Veliko Tarnovo, Bulgaria, Sbornik s dokladi ISSN 2535-0315 (print), ISSN 2535-0323 (online), 2018, 249-252 (2018).

28. https://www.epd.gov.hk/epd/english/environmentinhk/noise/guide_ref/design_barriers_content2.html, posledno vidyan 10.12.2019.

29. <https://dom-gradina-recepti.com/dom/organizacia/plastmasa-reciklirane-kakvo-znaem/>, posledno vidyan 10.12.2019.

30. <https://www.grammbarriers.com/our-products/acoustic-noise-barriers/polysoundblok-absorptive/>, posledno vidyan 10.12.2019.

31. <https://www.arrb.com.au/news/recycled-plastic-builds-noise-walls-in-victoria>, posledno vidyan 10.12.2019.

32. <https://infrastructuremagazine.com.au/2022/08/12/sustainable-freeway-open-to-public-in-vic/>, posledno vidyan 10.12.2019.
33. <https://bigbuild.vic.gov.au/news/major-road-projects-victoria/mordialloc-freeway-noise-walls-made-from-75-recycled-plastic>, posledno vidyan 10.12.2019.
34. <https://nordholding.bg/novini-bg/upotrebyavani-gumi-i-prirodna/>, posledno vidyan 10.12.2019.
35. <https://circulareconomy.europa.eu/platform/en/good-practices/ruonbar-project-reduces-road-noise>, posledno vidyan 10.12.2019.
36. <https://www.researchgate.net/project/RUONBAR>, posledno vidyan 10.12.2019.
37. <https://bg.profiland.net/articles/reciklirani-stroitelni-materiali>, posledno vidyan 10.12.2019.
38. http://www.ruonbar.com/rcnb/wp-content/uploads/2014/06/RUONBAR_brochure_A4_EN_web.pdf, posledno vidyan 10.12.2019.

SOME BASIC PRINCIPLES FOR ENVIRONMENTAL DESIGN OF NOISE BARRIERS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE

K. Gurkova¹, S. Boyadzhiev²

***Keywords:** transport infrastructure, transport noise, noise barriers, environmental design*

ABSTRACT

Transport infrastructure proves significant environmental pressure, with transport noise negatively impacting both biodiversity and human health. One of the main guidelines for the development of the sector emphasizes the activity to achieve the reduction of transport noise levels through noise barriers. Noise barriers for transport infrastructure are environmental elements in themselves and are currently an integral part of investment projects. In order to increase the environmental cost price of the selected project solutions, some principles for the selection of materials and construction system can be applied as early as the conceptual proposal stage. The paper aims to analyze and present some of these principles which are applied to achieve increased environmental friendliness of transport noise protection equipment.

¹ Katrin Gurkova, student, "Environmental Engineering", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: katrinngurkova@gmail.com

² Simeon Boyadzhiev, Eng., Dept. "Building Materials and Insulations", UACEG, 1 H. Smirnenki Blvd., Sofia 1046, e-mail: sbojadjiev@yahoo.com