

МОНИТОРИНГ ШУМА НА ОБЪЕКТАХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ г. ГОМЕЛЯ

А. В. САВОСТОВА, И. А. КРЮЧКОВА, О. А. ДОВГУЛЕВИЧ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Автомобильный транспорт занимает важное место в единой транспортной системе. Транспортные потоки растут вместе с ростом городов из-за неправильного планирования размещения жилых и промышленных зон. Из-за повышения пригородного образа жизни увеличивается число личных автомобилей. В настоящее время в мире насчитывается 300 млн легковых, 80 млн грузовых автомобилей и примерно 1 млн городских автобусов.

Автомобильный транспорт играет огромную роль в формировании современного характера людей, но также он вызывает негативные явления:

– отработавшие газы. Транспорт выступает в качестве основного потребителя энергии и сжигает большую часть мировой нефти. В транспортном секторе именно автомобильный транспорт является крупнейшим источником глобального потепления [1]. Вследствие автомобильных выхлопов выделяется широкий спектр газов и твердых веществ. Такое негативное влияние автотранспорта можно снизить, например, оптимизацией светофорных циклов на перекрестке [2];

– шумовое загрязнение. Шум двигателя также приводит к загрязнению. Шум является акустическим загрязнителем воздуха. В городской среде он стал неотъемлемой частью жизни человека. Шум наносит ощутимый вред здоровью человека. Он обладает аккумулятивным эффектом, то есть, накапливаясь в организме, вызывает акустические раздражения. Особенно остро шум сказывается на работоспособности при умственном труде. Но самой опасной реакцией человеческого организма на чрезмерный шум является притупление слуха или полная его потеря со временем. Известно, что болевой порог наступает при воздействии шума в пределах от 120–130 дБ. Шумовое загрязнение сокращает продолжительность жизни человека на 10–12 лет.

Шумовое загрязнение в городах практически всегда имеет локальный характер. В так называемый «час пик» эпицентром шумов в крупных городах являются автомобильные дороги. В настоящее время на главных магистралях крупных городов уровни шумов превышают 90 дБ и имеют тенденцию к усилению ежегодно на 0,5 дБ, что является высокой опасностью для окружающей среды в районах оживленных транспортных магистралей.

Факторами, влияющими на шум, производимый отдельным транспортным средством, входящим в состав транспортного потока, являются мощность и режим работы двигателя, техническое состояние, масса транспорт-

ного средства, назначение, скорость движения, качество дорожного покрытия и другие.

По спектральному составу транспортный шум является низко- и среднечастотным, непостоянным и способен распространяться на значительные расстояния от источника. Уровень транспортного шума определяется интенсивностью, скоростью, характером транспортного потока.

Нормируемыми параметрами непостоянного шума на территории жилой застройки в дневное (от 7:00 до 23:00 ч) и ночное (от 23:00 до 7:00 ч) время согласно [3, 4] являются:

– эквивалентный уровень звука $A LA_{eq}$ в дБА – величина, равная десяти десятичным логарифмам отношения квадрата среднеквадратичного звукового давления на заданном временном интервале, измеренного при стандартной частотной характеристике A шумомера, к квадрату опорного звукового давления, равному $2 \cdot 10^{-5}$ Па;

– максимальный уровень звука $A LA_{max}$ в дБА – наибольший скорректированный по A уровень звука на заданном временном интервале. На практике максимальный уровень звука A соответствует уровню, превышаемому в течение 1 % времени интервала измерения.

Оценка непостоянного шума на соответствие допустимому уровню должна проводиться как по эквивалентному по энергии, так и по максимальному уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие нормативным требованиям.

На исследуемой территории города Гомеля были произведены замеры уровня звука с помощью шумомера-виброметра ЭКОФИЗИКА-110А (таблица 1). Места замера выбирались случайно. Всего выполнено 36 замеров.

Таблица 1 – Результаты измерений шума, проводимых на улицах города Гомеля

| Порядковый номер измерения | Адрес | Дата | Время | Норма LA_{eq} , дБА | Результат измерения | Норма LA_{max} , дБА | Результат измерения |
|----------------------------|-------------------|------------|-------|-----------------------|---------------------|------------------------|---------------------|
| 1 | Пр. Ленина, 47 | 03.12.2022 | 16.13 | 55 | 72,0 | 70 | 80,3 |
| 2 | Пр. Победы, 14 | 06.12.2022 | 13.57 | | 70,9 | | 80,2 |
| 3 | Пр. Победы, 16 | 06.12.2022 | 14.01 | | 67,8 | | 83,9 |
| 4 | Пр. Победы, 19 | 06.12.2022 | 14.03 | | 62,2 | | 83,9 |
| 5 | Пр. Победы, 25 | 06.12.2022 | 14.06 | | 59,0 | | 83,9 |
| 6 | Ул. Барыкина, 165 | 07.12.2022 | 18.20 | | 70,4 | | 74,3 |
| 7 | Ул. Белого, 34 | 08.12.2022 | 18.22 | | 50,2 | | 76,5 |
| 8 | Ул. Барыкина, 152 | 10.12.2022 | 11.48 | | 65,3 | | 60,1 |
| 9 | Ул. Барыкина, 93 | 10.12.2022 | 13.35 | | 65,4 | | 95,3 |
| 10 | Ул. Советская, 97 | 10.12.2022 | 18.00 | | 65 | | 79,7 |
| 11 | Ул. Малайчука, 1 | 10.12.2022 | 18.05 | | 72,4 | | 79,4 |

Продолжение таблица 1

| Порядковый номер измерения | Адрес | Дата | Время | Норма LA _{eq} , дБА | Результат измерения | Норма LA _{max} , дБА | Результат измерения |
|----------------------------|--------------------------|------------|-------|------------------------------|---------------------|-------------------------------|---------------------|
| 12 | Ул. Чангарской дивизии | 10.12.2022 | 18.15 | | 74,9 | | 79,9 |
| 13 | Ул. Советская, 180 | 10.12.2022 | 18.20 | | 71 | | 73,2 |
| 14 | Ул. Советская, 141а | 10.12.2022 | 18.30 | | 73,2 | | 78,6 |
| 15 | Пр. Ленина, 29 | 11.12.2022 | 12.32 | | 60,7 | | 79,6 |
| 16 | Ул. Кирова, 22 | 13.12.2022 | 13.41 | | 72,3 | | 79,7 |
| 17 | Ул. Красноармейская, 5 | 13.12.2022 | 18.23 | | 63,7 | | 90,3 |
| 18 | Ул. Рогачевская, 26 | 20.12.2022 | 17.00 | | 72,4 | | 79,4 |
| 19 | Ул. Мазурова, 67 | 26.12.2022 | 09.40 | | 71,8 | | 66,9 |
| 20 | Ул. Советская, 36 | 19.01.2023 | 18.39 | | 62,6 | | 79,7 |
| 21 | Ул. Советская, 41 | 19.01.2023 | 18.52 | | 67,6 | | 87,8 |
| 22 | Пр. Победы, 6 | 20.01.2023 | 13.03 | | 60,8 | | 87,3 |
| 23 | Ул. Кирова, 38 | 20.01.2023 | 14.56 | | 68,4 | | 87,8 |
| 24 | Ул. Советская, 42 | 20.01.2023 | 16.03 | | 68,0 | | 80,7 |
| 25 | Ул. Советская, 52 | 20.01.2023 | 16.12 | | 62,1 | | 87,8 |
| 26 | Ул. Советская, 58 | 20.01.2023 | 16.19 | | 66,4 | | 93,4 |
| 27 | Ул. Советская, 72 | 20.01.2023 | 17.25 | | 68,7 | | 93,4 |
| 28 | Ул. Советская, 104 | 20.01.2023 | 17.29 | | 72,1 | | 93,4 |
| 29 | Пр. Ленина, 35 | 20.01.2023 | 18.37 | | 76,1 | | 83,2 |
| 30 | Пр. Октября, 20 | 21.01.2023 | 17.34 | | 69,1 | | 84,7 |
| 31 | Пр. Октября, 25 | 21.01.2023 | 17.45 | | 71,0 | | 84,7 |
| 32 | Ул. Б. Хмельницкого, 100 | 21.01.2023 | 18.02 | | 74,5 | | 108,0 |
| 33 | Пр. Ленина, 51 | 23.01.2023 | 17.43 | | 70,8 | | 87,6 |
| 34 | Пр. Ленина, 49 | 23.01.2023 | 17.51 | | 64,7 | | 84,3 |
| 35 | Пр. Ленина, 22 | 23.01.2023 | 18.01 | | 76,1 | | 83,2 |
| 36 | Пр. Ленина, 31 | 23.01.2023 | 18.10 | | 70,1 | | 111,1 |

Результаты измерения показали, что на оживленных улицах крупного города вблизи жилой застройки фиксируется значительное превышение норм эквивалентного и максимального уровня звука. Все результаты представлены в мобильной геоинформационной системе «Margin Maps: QGIS in your pocket» [5]: на рисунке 1 отображены окно карты района г. Гомеля с обозначенными красным цветом объектами измерения и окно общей информации по одному выделенному объекту. Отображение результатов с помощью аналогичных систем позволяет составлять базу измерений, имея возможность постоянного доступа и синхронизирован-

ного обновления. Преимуществом данной системы является её мобильность и возможность добавлять исчерпывающую информацию по каждому объекту исследования.

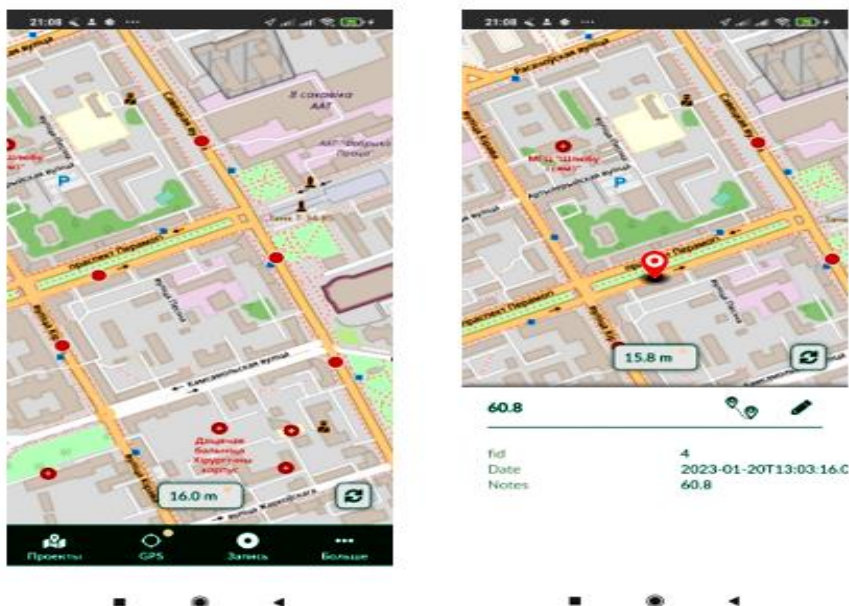


Рисунок 1 – Данные в геоинформационной системе

Шум от транспортного потока непосредственно зависит от уровня интенсивности движения транспорта, который непостоянен и изменяется за короткий промежуток времени. При невозможности обеспечения достаточно большой буферной зоны между дорогой и населенными пунктами или отдельно стоящими больницами, санаториями, домами отдыха, пионерскими лагерями, детскими садами, школами, базами отдыха должны быть предусмотрены специальные мероприятия по защите от транспортного шума.

Современные технологии позволяют реализовать снижение шума. Основной принцип разработки мероприятий по защите от транспортного шума: функциональное зонирование придорожных территорий с учетом допустимых уровней звука для зданий различного назначения.

Мероприятия по защите прилегающей территории от транспортного шума определяются категорией автомобильной дороги, интенсивностью движения, характеристикой территории и ее застройки и для условий городской застройки представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Мероприятия по шумозащите прилегающей территории от транспортного шума

| Тип дорог | Характеристики застройки прилегающей территории | Мероприятия по шумозащите прилегающей территории и застройки от транспортного шума |
|--|--|---|
| Городские улицы и дороги | Плотная многоэтажная застройка | Организация движения грузовых автомобилей вне селитебных территорий (выделение городских дорог грузового движения); полное или частичное (по времени) ограничение или запрещение движения грузовых автомобилей; организация движения с ограниченной скоростью (до 30 км/ч); развитие общественного транспорта; строительство шумозащитных экранов средней (2–6 м) и большой (свыше 6 м) высоты; полная или частичная изоляция проезжей части (тоннели, галереи) |
| Городские дороги в центральной части крупных городов | Плотная многоэтажная застройка с малыми расстояниями между фасадами зданий | Строительство шумозащитных экранов большой высоты (свыше 6 м) при условии обеспечения нормативной инсоляции жилых помещений; полная изоляция проезжей части (тоннели, галереи) |

При разработке мероприятий по защите от транспортного шума выделяются два блока: мероприятия по организации движения и устройство шумозащитных устройств [6].

Мероприятия по организации движения, направленные на снижение шума на прилегающей территории, могут включать:

- частичное ограничение или запрещение движения всех видов транспортных средств в отдельные периоды времени суток при наличии дублирующих дорог;

- частичное ограничение или запрещение движения грузовых автомобилей в отдельные периоды времени суток с организацией грузового движения по дублирующим дорогам;

- проведение мероприятий по обеспечению равномерного (без резких ускорений или торможений) движения автомобилей в потоке;

- ограничение скоростей движения на транзитных участках дорог, проходящих вдоль защищаемых от шума территорий. При введении ограничений скорости важно ее плавное понижение. Это достигается обеспечением соответствующих расстояний между участками ограничения скорости;

- обязательное ограничение скорости движения в населенных пунктах;

- организацию саморегулируемого кольцевого движения на пересечениях в одном уровне;
- создание в населенных пунктах зон с ограничением скорости движения транспортного потока до 30 км/ч.

В таблице 3 приведена величина снижения уровня звука при ступенчатом ограничении скоростей движения. При снижении скорости движения автомобилей на 20 км/ч с 60 до 40 км/ч уровень звука уменьшается на 4,5 дБА.

Таблица 3 – Снижение уровня звука при ступенчатом ограничении скоростей движения

| Снижение скорости, км/ч (при 10 % грузовых автомобилей) | Снижение уровня звука, дБА |
|--|-------------------------------|
| С 60 до 50 | 2,1 |
| » 50 » 40 | 2,4 |

В таблице 4 приведена величина снижения уровня звука при ограничении интенсивности движения. При снижении интенсивности движения автомобилей уменьшается уровень звука.

Таблица 4 – Снижение уровня звука при ограничении интенсивности движения

| Уменьшение интенсивности движения, % | Снижение уровня звука, дБА |
|--------------------------------------|----------------------------|
| 10 | 0,5 |
| 20 | 1,0 |
| 30 | 1,6 |
| 40 | 2,2 |
| 50 | 3,0 |
| 75 | 6,0 |

В таблице 5 приведена величина снижения уровня звука при уменьшении скорости движения легковых и грузовых автомобилей. Приведенная в таблице информация показывает, что чем меньше скорость движения, тем больше снижается уровень звука.

Таблица 5 – Снижение уровня звука при уменьшении скорости движения легковых и грузовых автомобилей

| Величина снижения скорости, км/ч | Снижение уровня звука, дБА, при движении | |
|----------------------------------|--|----------------------|
| | легковых автомобилей | грузовых автомобилей |
| С 60 до 50 | 2,1 | 1,7 |
| » 50 » 40 | 2,7 | 2,1 |
| » 40 » 30 | 3,7 | 2,7 |

В таблице 6 приведена величина снижения уровня звука с уменьшением доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока.

Таблица 6 – Снижение уровня звука с уменьшением доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока

| Уменьшение доли тяжелых грузовых автомобилей в составе транспортного потока, % | Снижение уровня звука, дБА, при скоростях движения, км/ч | |
|--|--|-----|
| | 50 | 80 |
| С 5 до 0 | 0,7 | 1,0 |
| » 10 » 0 | 1,4 | 1,9 |
| » 15 » 0 | 2,0 | 2,6 |

Уменьшение интенсивности движения вдвое приводит к снижению эквивалентного уровня шума при условии неизменности других параметров. Но интенсивность движения и скорость автомобилей являются сильно коррелируемыми величинами. Уменьшение интенсивности движения обычно связано с ростом скорости движения, так как водители начинают себя чувствовать комфортно и расслабленно. Поэтому ожидаемого эффекта снижения шума от снижения интенсивности движения не достигается. В крупных и небольших городах, где объездные пути еще не созданы, можно пойти на переключение движения транспорта в ночные часы на улицы, где расположены торговые предприятия. На снижение шума автомобильного транспорта также направлено ограничение числа тяжелых грузовых автомобилей в транспортном потоке. Эти меры обычно принимают форму запретов на въезд грузовых автомобилей в определенный район или на въезд в город всех автомобилей выше определенной грузоподъемности, а также ограничений въезда в определенные моменты времени (в ночные часы, субботные и воскресные дни). В общем случае методы снижения транспортного шума можно классифицировать по следующим трем направлениям:

- уменьшение шума в источнике его возникновения, включая изъятие из эксплуатации транспортных средств и изменение маршрутов их движения;
- снижение шума на пути его распространения;
- применение средств звукозащиты при восприятии звука.

Использование того или иного метода или их комбинации зависит в значительной мере от степени и характера требуемого уменьшения шума с учетом как экономических, так и эксплуатационных ограничений [7].

Кроме всего прочего, уменьшение шума автомобиля достигается применением шумопоглощающих и шумоизолирующих устройств. Эти устройства позволяют снижать уровень шума на 10–15 дБ.

К мероприятиям по защите населения от шума относятся:

- увеличение расстояния между источником шума и защищаемым объектом;
- применение акустически непрозрачных экранов (откосов, стен и зданий-экранов), специальных шумозащитных полос озеленения;

– использование различных приемов планировки, рационального размещения микрорайонов.

На снижение транспортного шума большое влияние оказывают шумозащитные барьеры, галереи, грунтовые валы, откосы выемок. Размещение шумозащитных сооружений и их ограждения на поперечном профиле должны обеспечивать безопасность движения, минимум затрат на их содержание, удобную очистку проезжей части и обочин, доступность для производства работ по эксплуатации. Схемы наиболее часто встречающихся конструкций сооружений представлены на рисунке 2 [6].

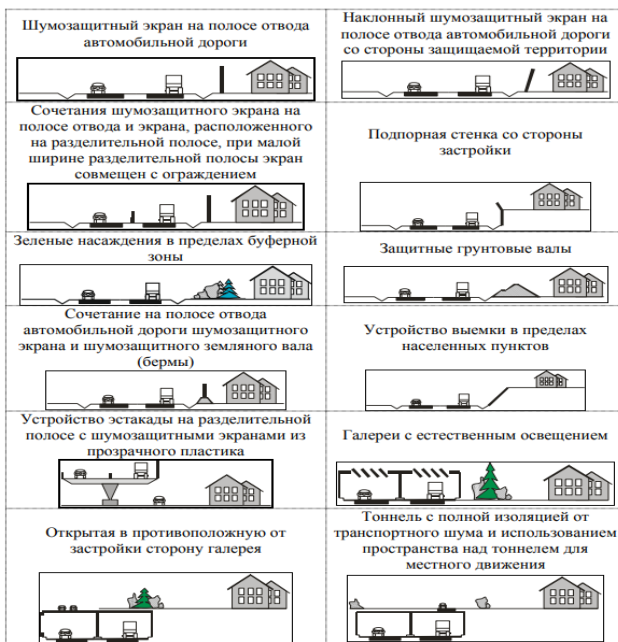


Рисунок 2 – Наиболее часто реализуемые схемы применения шумозащитных сооружений

При расположении жилой застройки с обеих сторон от автомобильной дороги отражение шума от поверхности барьера может привести к его увеличению в жилой застройке. В таких случаях применяют шумопоглощающие барьеры, которые в результате поглощения звуковой энергии в отличие от шумоотражающих не вызывают увеличения уровней шума на противоположной стороне и в салонах проезжающих автомобилей.

Шумоотражающие экраны используют для защиты жилой застройки в следующих случаях (рисунок 3):

- на противоположной от защищаемой застройки территории застройка отсутствует на расстоянии менее 500 м (рисунок 3, а);
- жилая застройка, расположенная на противоположной от защищаемой застройки территории, находится ниже уровня проезжей части автомобильной дороги (рисунок 3, б);
- жилая застройка, расположенная на противоположной от защищаемой застройки территории, находится на расстоянии более чем в 20 раз превышающем высоту экранов (рисунок 3, в);
- шум отражается наклонным шумозащитным экраном в зону, не требующую защиты (рисунок 3, г).

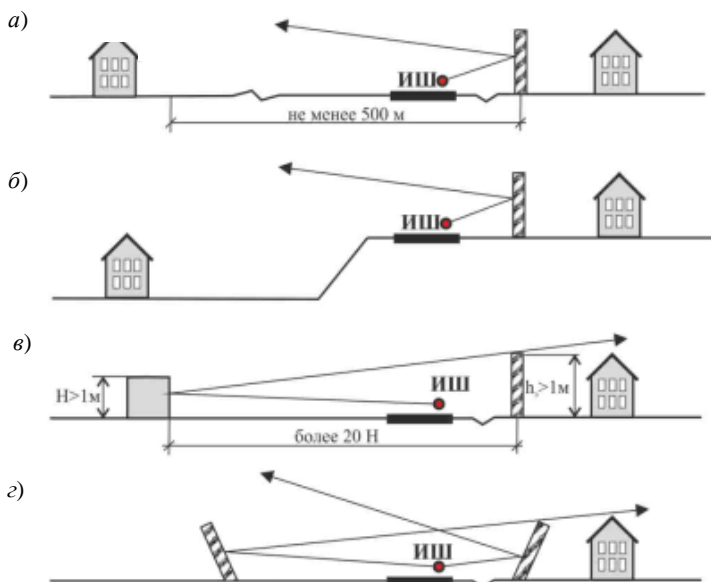


Рисунок 3 – Схемы (а, б, в, г) применения шумоотражающих экранов на автомобильных дорогах

Отражающе-поглощающие экраны применяют для защиты жилой застройки в следующих случаях:

- если открытая для шума жилая застройка расположена на расстоянии менее 500 м от шумопоглощающего экрана (рисунок 4, а);
- если необходимо воспрепятствовать проникновению транспортного шума в открытую для него жилую застройку, когда застройка расположена на расстоянии менее 500 м от экрана (см. рисунок 4, а);
- если необходимо воспрепятствовать повышению уровней звука в зоне звуковой тени от повторного отражения звука экраном, расположенным на

противоположной стороне дороги (рисунок 4, б). Для этой цели могут использоваться как вертикальные отражающе-поглощающие экраны, так и наклонные шумоотражающие экраны;

– если необходимо воспрепятствовать повышению уровня звука за шумозащитным экраном вследствие многократного отражения звука от высоких кузовов автомобилей, автобусов и т. д. при высоте экранов до 3,5 м и многоэтажной жилой застройке (рисунок 4, в).

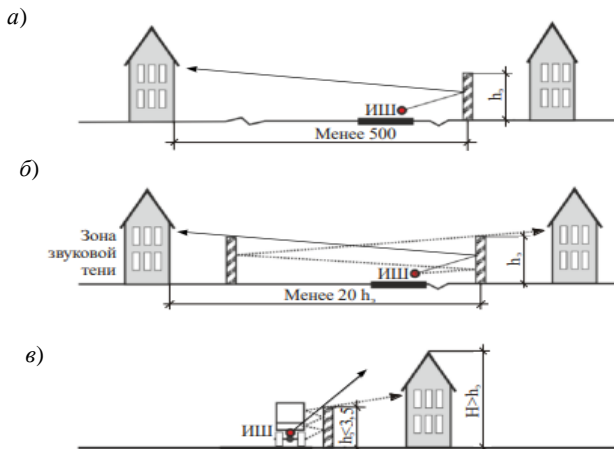


Рисунок 4 – Условия применения (а, б, в) шумопоглощающих экранов (размеры даны в метрах)

Как показывают исследования медиков, повышенные уровни шумов способствуют развитию нервнопсихических заболеваний и гипертонической болезни. Дети, проживающие в условиях шумового загрязнения окружающей среды, чаще имеют проблемы с усвоением школьного материала. Установлено, что темп прироста психических нарушений у них составляет 0,5 % на 1 дБ(А) уровня шума. Эффект воздействия звука зависит от генетических и приобретенных особенностей организма. Некоторые люди обладают особой чувствительностью к шуму. Особому контролю должны подвергаться такие городские объекты улично-дорожной сети, как территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов – интернатов для престарелых и инвалидов, учреждений образования, библиотек, зданиям больничных организаций и санаториев, а также площадки для отдыха на таких территориях.

Борьба с шумом в центральных районах городов затрудняется плотностью сложившейся застройки, из-за которой невозможно строительство шумозащитных экранов, расширение магистралей и высадка деревьев, сни-

жающих на дорогах уровня шумов. Таким образом, наиболее перспективными решениями этой проблемы являются снижение собственных шумов транспортных средств и применение в зданиях, выходящих на наиболее оживленные магистрали, новых шумопоглощающих материалов, вертикального озеленения домов и тройного остекления окон (с одновременным применением принудительной вентиляции).

Список литературы

1 Сердюкова, А. Ф. Влияние автотранспорта на окружающую среду [Электронный ресурс] / А. Ф. Сердюкова, Д. А. Барабанщиков // Молодой ученый. – 2018. – № 25 (211). – С. 31–33. – Режим доступа : <http://moluch.ru/archive/211/51590/>. – Дата доступа : 21.01.2023.

2 Dauhulevich, V. Reducing the negative impact of vehicles on air quality by optimizing the traffic light cycle at the intersection / V. Dauhulevich, S. Azemsha // ECOLOGICA. – Vol. 26, no. 96. – Beograd, 2019. – P. 499–504.

3 СанПиН «Шум на рабочих местах, в транспортных средствах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»: утв. постановлением Министерства здравоохранения РБ от 16 ноября 2011 г. № 115.

4 ГОСТ 20444-2014. Шум. Транспортные потоки. Методы определения шумовой характеристики – М.: Стандартиформ, 2019. – 32 с.

5 Путь доступа к Приложению в Google Play – Mergin Maps: QGIS in your pocket [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.co.lutraconsulting&hl=en_US. – Дата доступа : 21.01.2023.

6 Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/16odm-2182013-2011.pdf>. – Дата доступа : 21.01.2023.

7 Кусов, А. Т. Шумы автомобилей и методы снижения / А. Т. Кусов // Студенческая наука – агропромышленному комплексу : научные труды студентов Горского Государственного аграрного университета. – Вып. 59 (4.2) (Ч. 2). – Владикавказ, 2017. – С. 179–182.

УДК 629.06

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА В МОСКОВСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

А. С. СЕМЧЕНКО, С. Н. КАРАСЕВИЧ

Российский университет транспорта, г. Москва

Транспорт в агломерациях несет важнейшую связующую функцию, предоставляя жителям соседних городов и поселений возможность свободного перемещения. Развитая система пассажирского транспорта свидетель-