



О.А. Жоголева, А.М. Макаров, Е.О. Соломатин
Тамбовский государственный технический университет

ВЛИЯНИЕ ПЛАНИРОВОЧНЫХ СТРУКТУР МЕЖМАГИСТРАЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ПРОВИНЦИАЛЬНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЕЕ ШУМОВОГО РЕЖИМА

В статье рассматриваются особенности влияния планировочных решений городской застройки провинциальных городов на шумовой режим ее межмагистральных территорий. Рассмотрены условия формирования шума, распространяющегося в застройке от городских магистралей. Указаны шумозащитные мероприятия, применение которых целесообразно при разных планировочных решениях межмагистральных территорий.

Городская застройка, городские транспортные магистрали, шумовой режим застройки, шумозащитные мероприятия.

В настоящее время в провинциальных городах России весьма существенной проблемой является постоянный рост зашумления межмагистральных городских территорий [1, 2]. Решение этой проблемы является сложной задачей [3–7]. В первую очередь это связано с тем, что рост транспортных потоков происходит на магистралях, расположенных в пределах уже достаточно давно сложившихся городских территорий. При их формировании, естественно, ранее не мог учитываться будущий рост транспортных потоков. В этих ситуациях для снижения шума используется ограниченный набор шумозащитных мероприятий, как правило, не связанных в большей мере с изменением существующих планировочных решений. Выбор конкретных мер шумозащиты в данном случае напрямую связан с условиями формирования шумового режима в пределах межмагистральных территорий. В настоящей статье рассмотрены процессы формирования шумового режима городской застройки с учетом ее планировочных решений и показаны возможные меры ограничений проникновения транспортного шума на ее территорию. Исследования выполнены на примере планировочной структуры города Тамбова.

Анализ образующейся звуковой энергии на территориях застройки от внутригородских магистралей показывают наличие в ней трех составляющих: энергии прямого звука; дифрагированной энергии от проникающего в застройку прямого звука; отраженной звуковой энергии. Соотношение величин этих энергий между собой во многом определяется планировочными параметрами застройки. Ниже рассмотрены некоторые аспекты влияния различных видов застройки на формирование шумового режима межмагистральных городских территорий провинциальных городов при наличии в них разных типов застройки, возникших в процессе становления и развития горо-

дов в течение длительного времени. К таким городам относится и Тамбов, формирование планировочной структуры которого происходило более 350 лет со дня его основания 17 апреля 1636 года (по старому стилю) и до настоящего времени.

Для Тамбова, как типичного представителя провинциальных городов, становление и развитие которых происходило в течение нескольких столетий, характерно наличие в общем случае трех типов застройки, а именно малоэтажной застройки XIX и XX веков, среднеэтажной застройки второй половины XX века, современной многоэтажной застройки XXI века.

Анализ общей структуры застройки Тамбова показывает наличие в ней участков, которые по своим параметрам относятся к одному из указанных выше типов застройки. Все эти участки застройки в большей или меньшей мере располагаются вблизи городских транспортных магистралей. На них в зависимости от их планировочных структур создаются различные шумовые ситуации. В течение существования и развития города происходит изменение шумового режима застройки, как правило, в сторону его ухудшения. В первую очередь, как отмечено ранее, это связано с ростом численности городского транспорта и с перераспределением транспортных потоков при изменении планировочной структуры города [1].

Исходя из соотношения энергетических характеристик прямого и отраженного шума в примыкающей застройке условно можно выделить две характерные зоны. Первая зона включает в себя пространство между городской транспортной магистралью и зданиями первого эшелона застройки. Во вторую зону входит пространство, расположенное в пределах самой застройки. В первой зоне преобладает, как правило, прямой звук. Влияние отраженной составляющей может проявляться в случае установки вдоль магистрали экранирующих устройств [8]. Во

второй зоне во многих случаях более существенным фактором зашумления является отраженный шум.

Образование отраженного звука внутри застройки зависит от ее планировочных параметров [4]. Планировочная структура застройки определяет распространение в ней прямого звука от магистралей с последующим образованием отраженного шума. Далее рассмотрены возможные меры снижения транспортного шума при различных планировочных решениях застройки.

В провинциальных городах России, включая и Тамбов, значительная часть территории застроена малоэтажными зданиями. Основными источниками ее зашумления являются транспортные магистрали. Пример такой застройки Тамбова приведен на рисунке 1. Застройка состоит из одно- и двухэтажных зданий. Прямой звук от магистралей через разрывы между зданиями проникает вглубь. При этом его уровни, как правило, существенно выше образующегося затем отраженного шума.

Прямой звук в результате интерференции изменяет зоны акустической тени за зданиями. При удалении от магистрали они постепенно размываются. В результате этого прямой звук переходит в фоновый шум.

При такой ситуации для снижения прямого звука следует закрывать разрывы между зданиями первого ряда застройки шумозащитными заборами [9]. Другим способом защиты может быть строительство многоэтажных шумозащитных зданий на свободных территориях, расположенных между магистралью и малоэтажной застройкой. Пример устройства такой защиты, реализованный в Тамбове, приведен на рисунке 2. При проектировании шумозащитных зданий следует учитывать возможность образования на их фасадах повышенных уровней шума, которые в отдельных случаях могут составлять 6 дБ [10].



сится к срединной части городов. Через нее проходят городские транспортные магистрали, как правило, с интенсивными потоками автотранспорта. Застройка на этих участках выполнена в виде строчного размещения зданий вдоль магистралей или зданиями, обращенными к магистрали торцами. Имеются участки застройки со смешанным строчным и торцевым размещением зданий. На рисунках 3–5 приведены схемы таких планировок, характерных для срединной части Тамбова.

Анализ приведенных планировочных схем показывает существенные различия в формировании шумового режима указанных межмагистральных территорий, что, соответственно, влияет на выбор средств их защиты от транспортного шума. Например, при строчной застройке внутри нее будет происходить формирование отраженного шума с закономерностями подобными условиям формирования его в малоэтажной застройке. Источниками шума в этом случае являются прямой звук, проходящий между зданиями, и его дифрагируемая составляющая. За их счет в застройке образуется также отраженная составляющая шума. Для уменьшения шумового режима в этом случае следует в разрывах между зданиями устраивать шумозащитные сооружения в виде шумозащитных экранов или малоэтажных зданий утилитарного назначения.

При торцевой схеме застройки негативными факторами является глубокое проникновение прямого звука на территорию и образование там больших уровней отраженного шума. При такой схеме может также происходить значительное зашумление главных фасадов первого ряда застройки прямым звуком. Эффективным средством снижения шума в таких ситуациях является устройство в разрывах между зданиями шумозащитных сооружений в виде малоэтажных зданий или экранов.

Наиболее приемлемой с точки зрения защиты от транспортного шума является схема планировки, приведенная на рисунке 5. Внутри кварталов или дворов образуются территории, полностью защищенные от внешних транспортных шумов.

В центральной части провинциальных городов имеются кварталы исторической застройки со свободной нерегулярной структурой (рис. 6).

В этих случаях транспортный шум может глубоко проникать в застройку и создавать ее значительное зашумление.

К таким территориям в Тамбове относится разреженная историческая застройка, расположенная в центральной части города, требующая защиты от транспортных потоков, перемещающихся по улицам Советской, Карла Маркса, Пролетарской. Одним из основных способов снижения шума на этих территориях может быть экранирование шума путем устройства различных шумозащитных сооружений.



Рис. 5. Схема смешанной многоэтажной застройки Тамбова

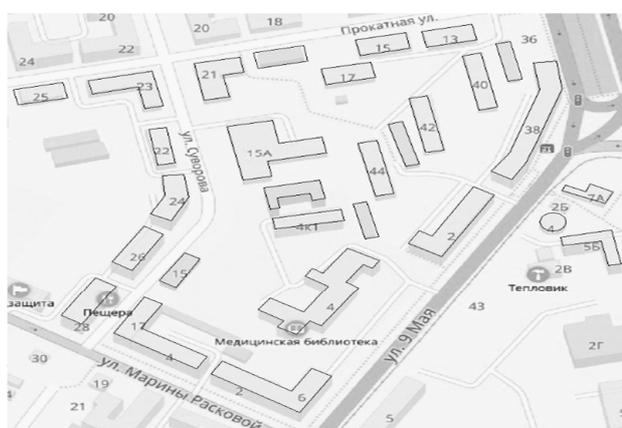


Рис. 6. Схема нерегулярной многоэтажной застройки Тамбова

Как видно из условий при формировании шумового режима на примамгистральных территориях необходимо производить расчеты прямого звука, проникающего внутрь застройки и образующегося при этом отраженного шума.

Для расчета прямого звука в настоящее время используются инженерные методики [10]. На их основе производится выбор планировочных решений застройки и оценка их шумового режима.

Расчет отраженного шума является более сложной задачей. По этой причине его учет в общем шуме чаще всего производится упрощенно в виде добавок к уровням прямого звука. При компьютерном моделировании отраженная составляющая также чаще всего учитывается в виде добавок к прямому звуку или к фоновому шуму, имеющемуся на территории застройки. Кроме такого упрощенного подхода к оценке отраженного шума имеются и другие более сложные методы расчета, основанные на реальных процессах формирования звуковых полей в пределах застройки.

Выбор конкретного метода расчета отраженной составляющей шума зависит в значительной мере от вида прилегающей к магистрали застройки.

Например, при малоэтажной застройке уровень общего шума за счет отражений прямого звука от фасадов превышает прямой звук не более чем на 1 дБ. Учет отраженного шума в этом случае производится как добавка в 1–2 дБ к уровню прямого звука [10]. Внутри малоэтажной застройки расчет шума можно выполнить на основе методики, учитывающей квазицилиндрический характер распространения в ней транспортного шума [11], а также использовать методику, приведенную в [12].

Для более сложных планировочных схем застройки расчет отраженного шума производится методами, учитывающими процесс совместного формирования в застройке прямой и отраженной энергии. Выбор метода расчета в этом случае определяется принимаемой моделью отражения звука от фасадов – зеркальной или диффузной.

Установлено, что модель диффузного рассеянного отражения звука от фасадов показывает большее соответствие реальным условиям формирования отраженного звукового поля. Такой характер отражения звука связан со сложной поверхностью фасадов. В статье [13] с использованием интегрального уравнения Куттруфа, дан анализ отраженного звукового поля, образующегося между плоскостью шумозащитного экрана и фасадом здания. Показано большее предпочтение диффузно-рассеянной модели от фасадов по сравнению с зеркальным отражением звука. Таким образом, расчет шума в застройке может производиться с использованием интегрального уравнения Куттруфа [14].

Алгоритм такого решения задачи в этом случае заключается в следующем.

Вначале вычисляется величина интенсивности диффузно отраженной энергии $I_{ds'}$ от поверхности площадки ds' , возникающей при падении на нее прямого звука и падении на площадку ds' диффузной энергии от всех других элементов ограждений ds . Для определения величины $I_{ds'}$ используется выражение

$$I_{ds'} = \int_s I_{ds} (1 - \alpha_s) \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2}{\pi R^2} ds + I_{ds'}^0, \quad (1)$$

где I_{ds} – интенсивность падающей на площадку ds' диффузно отраженной звуковой энергии, определяемая вкладами диффузной энергии, приходящей от всех других элементов ds ; R – расстояние между элементами ds и ds' ; θ_1 и θ_2 – углы между вектором R и нормальными к элементам ds и ds' ; $I_{ds'}^0$ – интенсивность отраженной звуковой энергии от площадки ds' , образующейся при падении на нее прямого звука.

Затем вычисляется плотность диффузно рассеянной энергии ϵ_i^d в i -й расчетной точке пространства. Расчет производится с использованием выражения

$$\epsilon_i^d = \int_s \frac{I_{ds'} \cos \theta \exp(-m_B r_{ds'i})}{\pi r_{ds'i}^2 c} ds', \quad (2)$$

где $r_{ds'i}$ – расстояние от площадки ds' до i -й расчетной точки; θ – угол направления от площадки ds' на i -ю расчетную точку помещения; c – скорость звука.

Определение величин $I_{ds'}$ и ϵ_i^d производится численным методом.

Окончательно уровни звукового давления в i -х расчетных точках определяются по формуле

$$L_i = 10 \lg \left[c (\epsilon_i^{np} + \epsilon_i^d) / I_0 \right], \quad (3)$$

где $\epsilon_i^{np}, \epsilon_i^d$ – плотности звуковой энергии прямого звука и диффузно-рассеянной составляющей отраженного шума; $I_0 = 10^{-12}$ Вт/м² – пороговая интенсивность звука.

Для численной реализации приведенного алгоритма в ТГТУ разработана компьютерная программа, позволяющая производить построение карт шума при различных планировочных ситуациях [15]. Пример такой карты дан на рисунке 7 для случая изменения шума на фасадах при торцевом расположении зданий по отношению к транспортной магистрали.

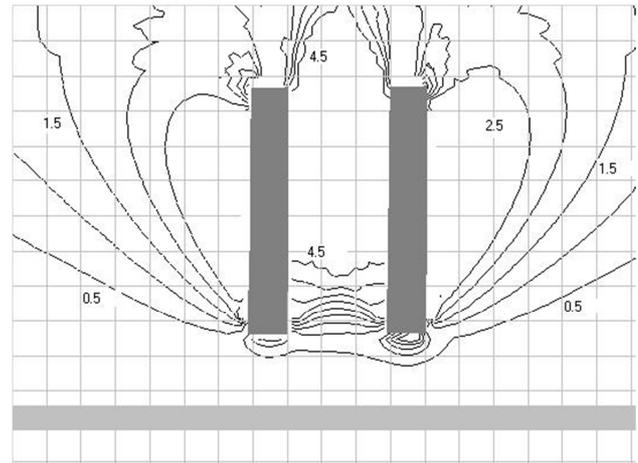


Рис. 7. Изменение уровней шума на фасадах за счет образования отраженного звука

Метод расчета шума в застройке на основе интегрального уравнения Куттруфа может быть также применен и при расчетах в случае строчной застройки (рис. 3).

Следует отметить, что метод Куттруфа сложно использовать при расчетах в застройке с нерегулярной планировочной структурой (рис. 6). В этом случае можно применять менее трудоемкий метод однородных марковских цепей [16].

Достоверность метода подтверждена результатами сравнения расчетных и экспериментальных данных [17]. Для его реализации в ТГТУ разработана компьютерная программа. На рисунке 8 в качестве примера приведена шумовая карта микрорайона, построенная с использованием этой программы.

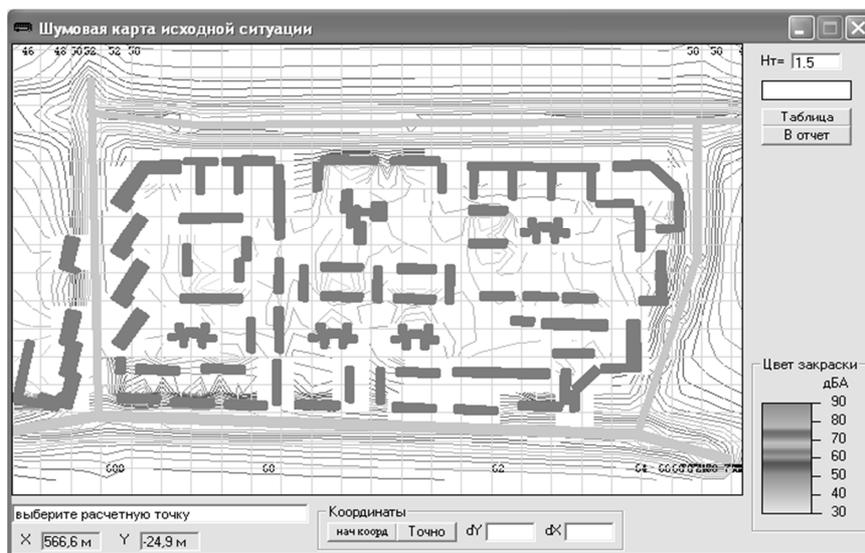


Рис. 8. Шумовая карта микрорайона со свободной внутренней планировкой

В целом результаты выполненного анализа влияния планировочных решений межмагистральных территорий застройки провинциальных городов на их шумовой режим свидетельствуют о необходимости учета планировочных решений при выборе шумозащитных мероприятий. При разработке мероприятий необходимо учитывать структуру застройки, определяемую характером пространственного размещения зданий и их этажностью, степень замкнутости или открытости внутренних пространств межмагистральных территорий. Для оценки влияния указанных параметров на формирование шумового режима застройки следует выполнять расчеты шума в ее пределах, используя компьютерные программы, реализующие методы расчета прямого и отраженного шума, разработанные на основе интегрального уравнения Куттруфа и на методе однородных Марковских цепей.

Литература

1. Андрианов, К. А. Изменения транспортных ситуаций в средних по численности городах России и оценка их воздействий на окружающую среду (на примере г. Тамбова) / К. А. Андрианов, И. В. Матвеева, В. И. Леденев // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений, Белгород / Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. – Белгород : БГТУ имени В. Г. Шухова, 2013. – Т. 2. – С. 7–11.
2. Градостроительные, экологические, социальные и технические проблемы исторической застройки Тамбова и пути их решения / А. С. Жабина, С. И. Сергин, А. А. Крюкова, В. И. Леденев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : Материалы VII-ой Международной научно-практической конференции – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А.В., 2020. – С. 129–132.
3. Социально-экологические и инженерно-акустические аспекты снижения зашумления исторической среды Тамбова / В. И. Леденев, А. М. Гребенкин,

Е. В. Гребенкина, А. С. Латышев // Современная наука: теория, методология, практика : Материалы 1-й Всероссийской (национальной) научно-практической конференции – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 32–35.

4. Проблемы и задачи снижения шума на межмагистральных территориях провинциальных городов / О. А. Жоголева, А. С. Латышев, В. И. Леденев, А. А. Сергеева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт: Материалы 6-ой Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. – Тамбов : Издательство Першина Р. В., 2019. – С. 268–272.

5. Баженов, С. В. Обеспечение защиты от шума межмагистральных территорий при реконструкции городской застройки / С. В. Баженов, А. А. Путинцева, И. В. Матвеева // Инвестиции, градостроительство, недвижимость как драйверы социально-экономического развития территории и повышения качества жизни населения : Материалы XII Международной научно-практической конференции. – Томск : Томский государственный архитектурно-строительный университет, 2022. – С. 677–682.

6. Гречишкин, А. В. Учет фактора шумности при реконструкции исторической застройки провинциальных городов / А. В. Гречишкин, О. А. Жоголева, И. В. Матвеева // Региональная архитектура и строительство. – 2021. – № 2(47). – С. 145–150.

7. Ботов, Д. Н. Особенности проектирования шумозащитных экранов в сложившейся городской среде провинциальных городов / Д. Н. Ботов, О. А. Медведева, В. И. Леденев // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы X-й Международной научно-практической конференции, посвященной 45-летию Института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет, 2024. – С. 21–24.

8. Шубин, И. Л. Оценка влияния отраженной звуковой энергии на шумовой режим жилой застройки / И. Л. Шубин, А. И. Антонов, В. И. Леденев // Жилищное строительство. – 2018. – № 8. – С. 18–21.
9. Путинцева А. А. Инженерная методика расчета транспортного шума в малоэтажной застройке с учетом заборов как акустических экранов / А. А. Путинцева, С. В. Баженов, А. И. Антонов // Современная наука: теория, методология, практика : материалы IV Всероссийской национальной научно-практической конференции – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А.В., 2022. – С. 120–124.
10. Защита от шума в градостроительстве: Справочник проектировщика / Г. Л. Осипов, В. Е. Коробков, А. А. Климухин [и др.]. – Москва : Стройиздат, 1993. – 96 с.
11. Акустическое проектирование с использованием квазицилиндрических звуковых волн / Н. Д. Николов, Г. И. Трапов, И. Л. Шубин [и др.] // Строительство и реконструкция. – 2015. – № 4 (60). – С. 113–118.
12. Отраженный транспортный шум на примыкательной территории с малоэтажной застройкой / А. В. Гречишкин, А. И. Антонов, В. И. Леденев, А. А. Путинцева // Региональная архитектура и строительство. – 2023. – № 3 (56). – С. 194–201.
13. Шубин, И. Л. Отраженный шум как фактор, влияющий на акустическую эффективность экранирования в условиях городской застройки / И. Л. Шубин, Д. Ю. Шелковников // Academia. Архитектура и строительство. – 2007. – № 1. – С. 87–89.
14. Registration of the Sound Reflection While Evaluating the Efficiency of the Acoustic Screens / Shubin I. L., Antonov A. I., Shelkovnikov D. Y., Sorokina I. L. // The Ninth International Congress on Sound and Vibration. University of Central Florida Orlando. Florida. USA. 8–11 July. 2002. – P. 82–83.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022663772 Российская Федерация. Расчет транспортного шума на примыкательной застройке с учетом отраженного звука от фасадов зданий: № 2022662318: заявл. 29.06.2022: опублик. 19.07.2022 / А. И. Антонов, А. А. Путинцева; заявитель ФГБОУ ВО ТГТУ.
16. Антонов, А. И. Расчет шума в городской застройке на основе однородных Марковских цепей / А. И. Антонов, В. И. Леденев, А. А. Сергеева // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт : материалы 6-й Международной научно-практической конференции, посвящённой 40-летию юбилею Института архитектуры, строительства и транспорта ТГТУ. – Тамбов : Издательство Першина Р.В., 2019. – С. 260–265.
17. Жоголева, О. А. Экспериментальная оценка точности расчета шума в пределах городской улицы от точечных источников шума методом однородных Марковских цепей / О. А. Жоголева, А. С. Латышев, А. А. Путинцева // Актуальные проблемы городского строительства : сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции. – Пенза : Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2020. – С. 140–146.

O.A. Zhogoleva, A.M. Makarov, E.O. Solomatina
Tambov State Technical University

INFLUENCE OF PLANNING STRUCTURES OF PROVINCIAL URBAN DEVELOPMENT INTERTHOROUGHFARE AREA ON NOISE REGIME FORMATION

The article examines the influence of planning decisions of urban development of provincial cities on the noise regime of its inter-highway territories. The conditions of formation of noise spreading in the urban are from city highways are considered. Noise protection measures, the use of which is advisable for different planning decisions of inter-highway territories, are indicated.

Urban development, city transport highways, noise regime of development, noise protection measures.