

## Геоэкологические проблемы и природопользование

УДК 504.6

*С.А. Гагарин, О.В. Гагарина, Аль-Субари Омар Хазза Абдо Салех*

### ОСОБЕННОСТИ ОЦЕНКИ ТРАНСПОРТНОГО ШУМА НА КОЛЬЦЕВЫХ РАЗВЯЗКАХ г. ИЖЕВСКА

Рассмотрены условия формирования акустической волны в условиях городской застройки в пределах кольцевых транспортных развязок на примере г. Ижевска. В статье говорится о 5 одноуровневых развязках, приводятся результаты многократных акустических измерений по эквивалентному уровню звукового давления. Наблюдения охватывали различный временной диапазон, характерный для дневного периода. Усредненные значения изменяются от 66 до 68 дБА, максимальные – от 67 до 69 дБА. По результатам моделирования определены зоны акустического дискомфорта для каждой развязки. Варьирование составило от 50 до 75 м при усредненных значениях интенсивности потоков (до 1500 ед/час) и от 60 до 110 м при высокой интенсивности (до 2000 ед/час). Сделан вывод о благоприятности кольцевых развязок с позиции шумового комфорта в сравнении с традиционными перекрестками, оснащенными светофорами. Эффективность подобных мероприятий составляет 2 – 3 дБ.

*Ключевые слова:* акустическое загрязнение, уровень звукового давления, зона акустического дискомфорта, одноуровневые кольцевые развязки, центральный островок.

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-37-42

Для российских городов остается актуальной проблема составления карт акустического загрязнения. Методики разработки шумовых карт с 1980-х гг. [1] прошлого века постоянно уточняются. В настоящее время достаточно достоверно можно определить уровень звукового давления на линейных участках дорог (магистралей). В практических расчетах используются Методические расчеты и рекомендации Росавтодора [2; 3], пособие МГСН [4] и другие. В меньшей степени рассмотрены вопросы формирования акустического загрязнения на перекрестках, особенно на кольцевых пересечениях дорог [2-4].

С позиции формирования и распространения акустической волны рассмотрим кольцевые пересечения транспортных потоков на примере г. Ижевска. Кольцевые развязки получили широкое распространение как радикальный метод увеличения пропускной способности транспорта. Одним из типологических признаков кольцевых пересечений является размер центральных островков. В ОДМ 218.2.071-2016 [5] приводится 12 типов кольцевых пересечений. Ижевск представлен 5 кольцевыми развязками 3 типов: среднего, большого диаметра и зоной переплетения в пределах кольцевой проезжей части. По материалам П.И. Поспелова и Б.А. Щита [6; 7] для данного типа пересечений дорог характерны более высокие транспортно-эксплуатационные качества по сравнению с другими планировочными решениями по организации движения на одном уровне. Акустически значимыми показателями можно назвать снижение скоростного режима и увеличение территории, где происходит снижение звуковой волны.

### Материалы и методы исследований

Рассмотрен уровень шума от транспортного потока на кольцевых развязках города Ижевска расчетным методом по методике Росавтодора [3] и инструментальным методом с помощью шумомера.

Эксперимент проводился летом 2019 г. в дневное время суток (с 10<sup>00</sup> до 18<sup>00</sup>) при достаточно высокой интенсивности автомобилей. На каждом исследуемом участке были проведены 25–30 измерений по 5 мин. При расчете использовались усредненные значения полученных результатов.

Инструментальные значения уровня шума были получены с помощью цифрового прибора шумомера-анализатора спектра «Экофизика 110А», соответствующего требованиям для шумомеров первого класса точности по ГОСТ 17187-2010, МЭК 61672-1, МЭК 61012. Погрешность шумомера проверялась акустическим калибратором 1 класса Larson-Davis Модель CAL 200.

В соответствии с нормативными требованиями измерения были проведены на расстоянии 7,5 м от оси, ближней к точке измерения полосы движения транспорта, на высоте 1,5 м и в заранее определенных климатических условиях (отсутствие осадков, скорость ветра меньше 5 м/с).





Рис. 2. Р 1 – развязка на ул. Автозаводская – ул. Ворошилова [8]



Рис. 3. Р 2 – развязка на ул. Ленина – ул. Союзная [8]



Рис. 4. Р 3 – развязка на ул. Удмуртская – ул. К. Либкнехта [8]



Рис. 5. Р 4 – развязка на ул. Пушкинская – ул. К. Либкнехта [8]



Рис. 6. Р 5 – развязка на ул. Ворошилова – ул. 9 Января [8]

Скоростной режим автомобилей на кольцевых пересечениях составляет, как правило, менее 50 км/час. В этом случае основными источниками шума являются: трансмиссия, работа двигателя и взаимодействие колеса с дорожным покрытием. При этом первый и второй факторы оказывают решающими, следовательно, на этом этапе решающую роль будет играть тип автомобиля. Во время измерений определялось количество транспортных средств по трем категориям (легковые, грузовые, и пассажирские) и средняя скорость движения. Поправка на экранировку зданиями и зелеными насаждениями можно пренебречь, ввиду их удаленности от мест транспортных развязок.

Для оценки транспортного шума брался эквивалентный уровень шума ( $L_{\text{Аэкв}}$ , дБА). Расчеты результатов производились по методике Росавтодора по формуле:

$$L_{\text{Ар.т.}} = L_{\text{Аэкв.}} - L_{\text{Арас.}} - L_{\text{Авоз.}} - \Delta L_{\text{в/т}} - L_{\text{Апок.}} - L_{\text{Азел.}} - L_{\text{Аэкр.}} - L_{\text{Азастр.}} - L_{\text{Аотр.}} - \Delta L_{\text{Аа}}, \text{ дБА}$$

где:  $L_{\text{Аэкв.}}$  – шумовая характеристика автотранспортного потока на магистрали, проходящей по соответствующему подучастку, дБА;

$L_{\text{Арас.}}$  – снижение уровня шума автотранспортного потока в зависимости от расстояния между ним и расчетной точкой, дБА;

$L_{\text{Авоз.}}$  – снижение уровня шума, вследствие его затухания в воздухе, дБА;

$\Delta L_{\text{в/т}}$  – поправка, учитывающая влияние турбулентности воздуха и ветра на процесс распространения звука, дБА;

$L_{\text{Апок.}}$  – снижение уровня шума, вследствие его поглощения поверхностью территории, дБА;

$L_{\text{Азел.}}$  – снижение уровня шума полосами зеленых насаждений, дБА;

$L_{\text{Аотр.}}$  – поправка, учитывающая отражение звука от ограждающих конструкций зданий (обычно принимают равной 3 дБА), дБА;

$\Delta L_{\text{Аа}}$  – поправка, учитывающая снижение уровня шума вследствие ограничения угла ( $\alpha$ ) видимости улицы (дороги) из расчетной точки, рассчитывается по формуле, дБА.

## Результаты и их обсуждение

Исходными данными для расчета эквивалентного уровня шума у источника на расстоянии 7,5 м являются:

- количество автомобилей в час (интенсивность);
- доля грузового и общественного транспорта в потоке, %;
- средняя скорость движения автотранспорта в потоке, км/ч;
- продольный уклон проезжей части улицы;
- тип верхнего покрытия проезжей части.

В итоге получили следующие результаты, представленные в табл. 2.

Таблица 2

### Расчетные результаты эквивалентного уровня звука на кольцевых развязках

№	Общая интенсивность автомобилей, ед		Сумма грузовых автомобилей и автобусов от общего числа машин, %		Расчетные значения, дБА	Инструментальные значения, дБА	Коэффициент корреляции
	интервал	среднее	интервал	среднее			
Развязка 1	1320–1968	1599	9,33–18,85	14,81	72,93	66,84	0,79
Развязка 2	1548–2400	2057	6,81–14,69	10,44	73,31	67,16	0,88
Развязка 3	612–1680	1030	2,86–19,70	10,39	71,87	65,96	0,67
Развязка 4	1884–2556	2210	7,11–14,53	9,74	73,55	67,29	0,82
Развязка 5	2118–2958	2750	2,1–10,4	3,3	72,42	66,23	0,80

Расчетные результаты превышают инструментальные на несколько дБ из-за воздействия ряда факторов, которые могут влиять на уровень звукового давления. Основная погрешность вызвана тем, что удельные значения УЗД от отдельно взятого автомобиля завышены относительно современных типов транспорта. Поэтому для получения более точных расчетных результатов необходимо внести поправочный коэффициент, учитывающий коэффициент «обновления» автомобильной техники (-6 дБ). В ходе экспериментов (не менее 25 на каждой развязке) получены значения, достаточно близкие к инструментальным измерениям. УЗД, представленные в табл. 2, соответствуют результатам на расстоянии 7,5 м от оси, ближней к точке измерения полосы движения транспорта, на высоте 1,5 м. Далее, используя расчетный модуль Эколог-Шум 2.4.2, определено расстояние от проезжей части до места, где УЗД достигает допустимых санитарно-гигиенических значений (ПДУ 55 дБА), эта граница обозначается зоной акустического дискомфорта (АД). Тип акустической волны, используемой в расчете, принят как цилиндрический. Из внешних факторов наибольшее значение оказывает сопротивление о земную поверхность. В итоге вокруг кольцевых развязок определены зоны АД в зависимости от транспортной ситуации, меняющиеся в ходе эксперимента, и представлены в табл. 3.

Таблица 3

**Расстояние до границы зоны акустического дискомфорта от кольцевых развязок**

Адресная привязка	Номер кольцевой развязки	Значения инструментальных измерений, дБА		Расстояние до границы АД, м	
		средн.	max	средн.	max
ул. Автозаводская – ул. Ворошилова	1				
ул. Ленина – ул. Союзная	2	66,84	68,89	75	106
ул. Удмуртская – ул. К. Либкнехта	3	65,96	67,15	50	61
ул. Пушкинская – ул. К. Либкнехта	4	67,16	70,79	59	107
ул. Ворошилова – ул. 9 Января	5	66,23	68,10	53	72

В результате обследования и обработки результатов 5 транспортных кольцевых развязок определены зоны неблагоприятного воздействия – их варьирование составило от 50 до 75 м при осредненных значениях интенсивности потоков (до 1500 ед/час) и от 60 до 110 м при высокой интенсивности (до 2000 ед/час). Размер зоны воздействия может оказаться выше в случае более высокой транспортной нагрузки, но в ходе исследования это не наблюдалось.

**Заключение**

Проведенные исследования показали, что для составления карты акустической нагрузки от транспортного шума г. Ижевска неорганизованные пересечения путей (без светофорные) должны учитываться по другим закономерностям. Это объясняется более равномерным скоростным перемещением автомобилей: пониженная скорость (менее 40 – 45 км/час), не выраженное ускорение при движении. Особенностью города является то, что кольцевые развязки одноуровневые, следовательно, в вертикальном отношении это спланированные участки дорог. Из недостатков таких планировочных решений можно отметить большую занимаемую площадь земель и при не штатных ситуациях (дорожно-транспортные происшествия) резко снижается пропускная способность пути.

При сравнении с позиции акустического воздействия кольцевые транспортные развязки с учетом однотипных условий (интенсивность и структура потоков) на 2 – 3 дБ меньше, чем аналог со светофорным режимом [7]. Главная причина связана с уменьшением скоростного режима проезжающих автомобилей и более плавный разгон транспортного средства.

По данным проведенного эксперимента, УЗД от всех типов кольцевых транспортных развязок в г. Ижевске не превысил 70 дБА, а зона акустического дискомфорта достигает до 110 м при условии открытого пространства на пути движения звуковой волны.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Руководство по расчету и проектированию средств защиты застройки от транспортного шума. М.: Стройиздат, 1982. 32 с.
2. Методические рекомендации по оценке необходимого снижения звука у населенных пунктов и определению требуемой акустической эффективности экранов с учетом звукопоглощения. М.: Минтранс России, 2003. 44 с.
3. ОДМ 218.2.013-2011. Методические рекомендации по защите от транспортного шума территорий, прилегающих к автомобильным дорогам. М.: Росавтодор, 2013. 127 с.
4. Проектирование защиты от шума и вибрации инженерного оборудования в жилых и общественных зданиях. Пособие к МГСН 2.04-97. М.: Москомахитектура, 1999. 27 с.
5. ОДМ 218.2.071-2016 Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог. М., 2019. 171 с.
6. Поспелов П.И., Шевяков А.П., Щит Б.А. Методическое обеспечение проектирования кольцевых пересечений // Вестн. Моск. автомобильно-дорожного гос. техн. ун-та (МАДИ). 2013. № 1. С. 101-111.
7. Поспелов П.И., Щит Б.А. Экологический аспект проектирования кольцевых пересечений в одном уровне // Защита от повышенного шума и вибрации: сб. докл. V Всерос. науч.-практ. конф. с межд. участием (21-23 марта 2017г.) / под ред. Н.И. Иванова. СПб.: ООО «Айсинг», 2015. С. 117-124.
8. Яндекс-карты. Ижевск. URL: <https://yandex.ru/maps/44/izhevsk/> Viewed on 12.12.2019 (дата обращения: 01.02.2020).

Гагарин Сергей Александрович, старший преподаватель кафедры экологии и природопользования

E-mail: 2002gsa@mail.ru

Гагарина Ольга Вячеславовна, кандидат географических наук,

доцент кафедры экологии и природопользования

E-mail: olgagagarina@mail.ru

Аль-Субари Омар Хазза Абдо Салех, магистрант кафедры экологии и природопользования

E-mail: alsubariorhl@yahoo.com

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет»

426034, Россия, г. Ижевск, ул. Университетская, 1 (корп. 1)

**S.A. Gagarin, O.V. Gagarina, O.H. Al-Subari**

## FEATURES OF TRAFFIC NOISE ASSESSMENT AT ROUNDABOUTS IN IZHEVSK

DOI: 10.35634/2412-9518-2020-30-1-37-42

The conditions of acoustic wave formation under urban development within traffic roundabouts are considered on the example of Izhevsk. The article refers to 5 single-level road interchanges, and provides the results of multiple acoustic measurements of the equivalent sound pressure level. The observations covered a different time range, typical for the daytime period. The average values vary from 66 to 68 dBA, and the maximum values range from 67 to 69 dBA. Based on the simulation results, acoustic discomfort zones were determined for each interchange. The variation was from 50 to 75 meters at averaged values of flows intensity (up to 1500 u / h) and from 60 to 110 meters at high intensity (up to 2000 u / h). The conclusion is made about the favorability of roundabouts from the position of noise comfort in comparison with traditional intersections equipped with traffic lights. The effectiveness of such measures is 2–3 dB.

*Keywords:* acoustic pollution, sound pressure level, acoustic discomfort zone, single-level roundabouts, central island.

### REFERENCES

1. *Rukovodstvo po raschetu i proektirovaniyu sredstv zashchity zastroyki ot transportnogo shuma* [Guide to the calculation and design of building protection against traffic noise], Moscow: Stroyizdat Publ., 1982, 32 p. (in Russ.).
2. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke neobkhodimogo snizheniya zvuka u naselennykh punktov i opredeleniyu trebuemykh akusticheskoy effektivnosti ekranov s uchetom zvukopogloshcheniya* [Methodological recommendations for assessing the necessary sound reduction in localities and determining the required acoustic efficiency of screens, taking into account sound absorption], Moscow: Ministry Of Transport Of Russia, 2003, 44 p. (in Russ.).
3. *ODM 218.2.013-2011. Metodicheskie rekomendatsii po zashchite ot transportnogo shuma territoriy, prilgayushchikh k avtomobil'nykh dorogam.* [ODM 218.2.013-2011. Guidelines for protecting areas adjacent to highways from traffic noise.], Moscow: The Federal Road Agency, 2013, 127 p. (in Russ.).
4. *Proektirovanie zashchity ot shuma i vibratsii inzhenernogo oborudovaniya v zhilykh i obshchestvennykh zdaniyakh. Posobie k MGSN 2.04-97* [Design of noise and vibration protection for engineering equipment in residential and public buildings. Manual for MGSN 2.04-97], Moscow: Moscomarchitectura Publ., 1999, 27 p. (in Russ.).
5. *ODM 218.2.071-2016. Metodicheskie rekomendatsii po proektirovaniyu kol'tsevykh peresecheniy pri stroitel'stve i rekonstruktsii avtomobil'nykh dorog* [ODM 218.2.071-2016. Guidelines for designing ring intersections in the construction and reconstruction of highways], Moscow, 2019, 171 p. (in Russ.).
6. Pospelov P.I., Shevyakov A.P., Shchit B.A. [Methodological support for the design of ring intersections], in *Vestn. Moskovskogo avtomobilno-dorozhnogo Gos. Tekhn. Univ. (MADI)*, 2013, no. 1, pp. 101-111 (in Russ.).
7. Pospelov P.I., Shchit B.A. [Ecological aspect of designing ring intersections in one level], in *Sborn. dokladov V Vseros. nauch.-prakt. konf. s mezhd. uch. "Zashchita ot povyshennogo shuma i vibratsii"*, Ivanova N.I. (ed.), St. Petersburg: Aysing Publ., 2015, p. 117-124 (in Russ.).
8. *Яндекс-карты. Ижевск.* [Yandex-maps. Izhevsk], Available at: <https://yandex.ru/maps/44/izhevsk/> Viewed on 12.12.2019 (accessed: 01.02.2020) (in Russ.).

Received 13.03.2020

Gagarin S.A., Senior lecturer at Department of ecology and nature management

E-mail: 2002gsa@mail.ru

Gagarina O.V., Candidate of Geography, Associate Professor at Department of ecology and nature management

E-mail: olgagagarina@mail.ru

Al-Subari Omar Hazza Abdo Saleh, Undergraduate at Department ecology and environmental management

E-mail: alsubariorhl@yahoo.com

Udmurt State University

Universitetskaya st., 1/1, Izhevsk, Russia, 426034