

Методические основы выполнения эколого-экономической оценки акустического воздействия на городскую среду

В.И.Беспалов, Н.С.Самарская, Е.П.Лысова

Ростовский государственный строительный университет

Аннотация: В статье авторы предлагают методику выполнения эколого-экономической оценки акустического воздействия на городскую среду. Предлагаемая методика позволяет оценить годовой ущерб в рублях от акустического воздействия в условиях городской среды от различных «регулируемых» источников шума. При этом под «регулируемым» источником шума авторы подразумевают любой источник, вклад которого в совокупный уровень акустического воздействия уменьшается в результате реализации оцениваемого мероприятия. Предлагаемая авторами методика выполнения эколого-экономической оценки от акустического воздействия на городскую среду может быть использована при городском проектировании, при обосновании выбора мероприятий по борьбе с акустическим воздействием в сложившейся застройке, при выборе оптимальных вариантов новой техники, способной снижать акустическое воздействие на жилые помещения и др.

Ключевые слова: акустическое воздействие, городская среда, экологический ущерб, эколого-экономическая оценка, шумовая нагрузка, снижение акустического воздействия.

Из всех видов негативного воздействия, оказываемого на окружающую среду городских территорий, с позиции наносимого ими экологического ущерба, более 35% приходится на долю акустического воздействия. Более 80% городского населения России проживает в условиях сверхнормативной акустической нагрузки [1,2]. При этом основными источниками акустического воздействия для большинства городских территорий являются - рельсовый и воздушный транспорт, автотранспорт, промышленные предприятия [3, 4].

На стадии разработки проектов по снижению акустического воздействия городской среды, как правило, возникает необходимость проведения эколого-экономической оценки для обоснования реализации шумозащитных мероприятий. Предлагаемая нами методика проведения эколого-экономической оценки позволяет оценить ущерб от акустического воздействия в условиях городской среды от «регулируемых» источников шума. При этом под «регулируемым» источником шума подразумеваем любой источник, вклад которого в совокупный уровень акустического

воздействия уменьшается в результате реализации оцениваемого мероприятия. Оценку ущерба от действия «регулируемых» источников шума на население проводят с целью:

- обоснования выбора мероприятий по борьбе с акустическим воздействием в сложившейся застройке,
- для учета шумового фактора при проектировании нового жилья,
- для выбора оптимальных вариантов новой техники, способной снижать акустическое воздействие на жилые помещения.

Проведем эколого-экономическую оценку акустического воздействия на городскую среду.

На территории городской застройки экономическая оценка годового ущерба, причиняемого населению воздействием внешней акустической среды, равна сумме:

$$Y^{ШЗВС} = Y_{внешн}^{жил} + Y^{ул}. \quad (1)$$

где $Y_{внешн}^{жил}$ - годовой ущерб от негативного акустического воздействия на городское население в условиях жилых помещений; $Y^{ул}$ – годовой ущерб от негативного акустического воздействия на городское население, поступающего от внешней акустической среды.

Считаем, что экономическая оценка годового ущерба, причиняемого городскому населению акустическим воздействием совокупности источников в условиях жилых помещений, равна:

$$Y_{общ} = Y_{н.общ} + Y_{д.общ} \quad (2)$$

причем,

$$Y_{н.общ} = \gamma \sum_{L_n=25}^{L_n^{\max}} A(L_n) \cdot N_n(L_n), \quad (3)$$

$$Y_{д.общ} = \gamma \sum_{L_d=25}^{L_d^{\max}} B(L_d) \cdot N_d(L_d), \quad (4)$$

где $Y_{н.общ}$ - экономическая оценка годового ущерба, причиняемого городскому населению акустическим воздействием в ночное время в жилых помещениях, руб./год; $Y_{д.общ}$ - то же в дневное время, руб./год; $N_n(L_n)$ - количество человек, проживающих на рассматриваемой территории в комнатах, в которых совокупный эквивалентный уровень звука (от всех источников) при осреднении за годовое ночное время имеет в ДБА значение $L_{A_{экв.н.общ}}$, равное (после округления до ближайшего целого) целому числу L_n ; $N_d(L_d)$ - то же при осреднении за годовое дневное время, чел.; $A(L_n)$, $B(L_d)$ - безразмерные коэффициенты, определяемые по зависимостям:

$$A(L_n) = 0,5 \cdot 2^{0,15L_n} - 6,1 \cdot 10^{0,045155L_n - 0,301} - 6,1, \quad (5)$$

$$A(L_d) = 2^{0,1L_d} - 5,3 \cdot 10^{0,0301L_d} - 5,3. \quad (6)$$

где γ - множитель, руб./чел.год; рекомендовано принимать $\gamma = 1,0$.

В случае отсутствия точных данных о численности городского населения, проживающего в жилых комнатах с различными уровнями звукового давления, проводим расчеты в предположении, что на одного человека приходится 10 м^2 площади жилых комнат или 15 м^2 общей жилой площади.

Экономическая оценка годового ущерба, причиняемого городскому населению «регулируемым» источником шума (или группой источников шума) J , определяем по формулам:

$$Y_J = Y_{н.J} + Y_{д.J}, \quad (7)$$

где,

$$Y_{н.J} = Y_{н.общ} + Y_{н(общ/J)}, \quad (8)$$

$$U_{\partial,J} = U_{\partial,общ} + U_{\partial(общ/J)}. \quad (9)$$

Индексы «д» и «н» соответственно обозначают дневное и ночное время. Годовое дневное расчетное время (дневное время) – это время от 7 ч 00 мин до 23 ч 00 мин согласно местному времени в течение всего года; годовое ночное расчетное время (ночное время) – это время от 23 ч 00 мин до 7 ч 00 мин согласно местному времени в течение года.

Параметр $U_{н,общ}$ следует определять по формуле (3), при этом предполагаем, что $L_n = L_{н,общ}$; величину $U_{н(общ/J)}$ вычисляем также по формуле (3), при этом следует полагать $L_n = L_{н(общ/J)}$. Параметры $U_{\partial,общ}$ и $U_{\partial(общ/J)}$ определяем аналогично по зависимости (4).

Проведем экономическую оценку годового ущерба, причиняемого городскому населению «проникающими» шумами. «Проникающими» шумами принято считать поступающие в жилые дома извне звуки, возникающие от источников, находящихся вне жилого дома. К числу таких источников акустического воздействия относятся, например, транспортные средства, шумящее технологическое оборудование промышленных предприятий, территории школ и спортивных площадок, а также звуки, проникающие в жилой дом от источников, которые находятся в том же здании (звуки лифтов и другого инженерного оборудования здания; шумы, проникающие от соседних квартир).

Предположим, что J – «регулируемый» источник «проникающих» шумов (или совокупность таких источников). Тогда значение U_J определяем по зависимостям (7) - (9). Если значения параметров $L_{н(общ/J)}$ и $L_{\partial(общ/J)}$ в жилом помещении неизвестны, то принимаем допущения о значениях этих параметров.

Если J - совокупность всех источников «проникающих» шумов. Тогда:

$$L_{n(\partial)(общ/ J)} = L_{n(\partial)(общ/ проник)} = L_{n(\partial)(внутр)}. \quad (10)$$

Если значения параметра $L_{n(\partial)(внутр)}$ невозможно определить путем измерений и расчетов, а значения параметра $L_{n(\partial)(общ/ проник)}$ можно определить, то нами рекомендуется принимать следующее (при отсутствии выраженных внутренних источников ночных шумов):

$$L_{n.внутр} \leq 20 \text{ дБА}. \quad (11)$$

Из зависимости (11), правила суммирования уровней звука, а также приведенных выше зависимостей для расчета ущерба нами использованы зависимости (12)- (13):

$$L_{n.общ} \cong L_{n.проник}; \quad (12)$$

$$Y_{n.(общ/ проник)} = Y_{n.внутр} = 0; \quad (13)$$

$$Y_{n.проник} \cong Y_{n.проник} = \gamma \sum_{L_n=25}^{L_n^{\max}} A(L_n) \cdot N_n(L_n), \quad (14)$$

причем в формуле (14) $L_{n.} = L_{n.проник}$ (значения $L_{n.проник}$ предварительно округляем до ближайшего целого числа). Для дневных шумов при отсутствии специфических источников внутридомовых шумов, принадлежащих к третьей группе источников акустического воздействия в жилых помещениях, рекомендуем принимать следующее:

$$L_{\partial.внутр} = 24 \text{ дБА}, \quad (15)$$

и тогда:

$$L_{\partial(общ)} = 10 \lg(10^{0,1L_{\partial.проник}} + 10^{0,1L_{\partial.внутр}}) = 10 \lg(10^{0,1L_{\partial.проник}} + 251); \quad (16)$$

$$Y_{\partial.внутр} \cong 0; \quad (17)$$

$$Y_{\partial.проник} = \gamma \sum_{L_{\partial}=25}^{L_{\partial}^{\max}} B(L_{\partial}) \cdot N_{\partial}(L_{\partial}), \quad (18)$$

Причем в формуле (18) $L_d = L_{d.общ}$; значение $L_{d.общ}$ вычисляем по формуле (16).

Если «регулируемый» источник акустического воздействия - сумма всех источников внешних акустических воздействий и в рассматриваемом жилом доме нет специфических внутридомовых акустических источников, то нами рекомендуется использовать зависимости (11)÷(18), принимая «проникающий» шум как внешний шум. В соответствующих зависимостях индекс «*проник*» заменяем на «*внешн*».

Если при этом внешние шумы создаются практически исключительно транспортом, то допускается использование формул (11)÷(18) для получения экономических оценок годового ущерба, причиняемого городскому населению транспортными шумами в условиях жилых помещений.

Так, в случае возведения шумозащитной конструкции вдоль одной из магистралей при акустическом расчете значений $L_{n(d)трансп}$, производимом для анализа эффективности сооружаемой конструкции, учитываем вклад в значения этих параметров транспортных нерегулируемых источников шума, т.е. вклада автомобильных и железнодорожных магистралей, самолетов и в источники городского транспортного фона (гула).

Уровень транспортного фона в городской среде может быть оценен приблизительно путем прямых измерений в жилых помещениях, удаленных от автомобильных магистралей.

Если в рассматриваемом жилом помещении используют оконные проемы обычной (нешумозащитной) конструкции, то (если нет точных данных) нами рекомендуется принимать, что:

$$L_{n(d)внешн}^{жил} \cong L_{n(d)}^{наружн} - 10\delta\text{БА}, \quad (19)$$

где $L_{n(\partial)}^{наружн}$ - эквивалентный уровень звука по шкале «А» стандартного шумомера вне жилого помещения на расстоянии 2 метра от оконных проемов, при осреднении годового ночного (дневного) расчетного время.

Если преобладающим источником акустического воздействия на рассматриваемой территории является городской автотранспорт, то применяем следующее приближенное равенство:

$$L_{n(\partial)}^{ул} \cong L_{n(\partial)}^{ул\max} - 5\text{дБА}, \quad (20)$$

где $L_{n(\partial)}^{ул\max}$, дБА - эквивалентный уровень звука при условии осреднении за наиболее шумные 30 минут (ночного и дневного времени суток) в будний день при замерах уровня звука в любой точке на открытых городских территориях; $L_{n(\partial)}^{ул}$ - средний уровень звука в той же точке за годовое (ночное или дневное) время. Если точка измерения расположена в 2 м от оконных проемов, то $L_{n(\partial)}^{ул} = L_{n(\partial)}^{наружн}$ (формула (19)).

Расчет величины $U^{шзвз}$ проводим по формуле (1). Рекомендуем принять, что:

$$U^{ул} \cong 0,3U_{д.внешн}^{жил} \quad (21)$$

где $0,3U_{д.внешн}^{жил}$ - экономическая оценка годового ущерба, причиняемого городскому населению внешним акустическим воздействием в дневное время в жилых помещениях на всей рассматриваемой территории, и соответственно $U^{шзвз}$ определим по формуле:

$$U^{ШЭВС} \cong U_{н.внешн}^{жил} + 1,3U_{д.внешн}^{жил} \quad (22)$$

Параметры $U_{н.внешн}^{жил}$ и $U_{д.внешн}^{жил}$ в зависимости (22) следует определять для совокупности всех жилых помещений на рассматриваемой городской территории.

Расчетный анализ ущерба от акустического воздействия проектируемых источников, которые предназначены для серийного выпуска, рекомендуем проводить для осредненных условий функционирования источника и его акустического воздействия на население. Технические акустические параметры осредненных условий определяют, как правило, на начальных стадиях проектирования, то есть до этапа сравнения вариантов проектных решений.

Использование жилых домов (помещений) со значениями осредненного за годовое дневное расчетное время уровня звука «проникающих» шумов $L_{д.проник}^{жил}$, которые превышают 70 дБА, или со значениями $L_{н.проник}^{жил}$ 60 дБА необходимо считать недопустимым по социальным соображениям, а жилье со значениями уровней звука свыше указанных, необходимо считать акустически аварийным, в плановом порядке подлежащим переназначению (либо сносу). Отнесение жилых помещений к непригодным для жилья из-за высокого уровня акустического воздействия выполняется соответствующими местными органами. После чего городские органы власти разрабатывают планы по переназначению указанной части жилого фонда в течение года после поступления информации.

При уровнях звука, которые создают «регулируемые» источники акустического воздействия, а также из определения понятия «уровень звука» следует, что справедливо неравенство:

$$L_{(J_1, J_2)} \leq L_{J_1} + L_{J_2}. \quad (23)$$

Из данного неравенства (23) следует, что если некоторый уровень звука $L_{общ}$ создает совокупность нескольких источников акустического воздействия, включающая в себя источник J , то:

$$L_{общ} \leq L_{J^*} + L_{(общ/J)^*}. \quad (24)$$

При этом:

$$L_{\text{общ}} = L_J + L_{(\text{общ}/J)^*}. \quad (25)$$

Сравнивая (24) и (25), получим, что на практике всегда:

$$L_J \leq L_{J^*}. \quad (27)$$

При определении ущерба $Y_{n(\partial)}$ по нашей методике оценка ущерба обладает аналогичным с зависимостью (23) свойством:

$$Y_{(J_1, J_2)} \leq Y_{J_1} + Y_{J_2}. \quad (28)$$

Из неравенства (23) и общей формулы (25), аналогично из формул (24), (25) и (26) следует, что всегда:

$$Y_{\text{общ}} \leq Y_{J^*} + Y_{(\text{общ}/J)^*}; \quad (29)$$

$$Y_{\text{общ}} \leq Y_J + Y_{(\text{общ}/J)^*}, \quad (30)$$

а также всегда:

$$Y_J \leq Y_{J^*}. \quad (31)$$

Из «правила суммирования уровней звука» следует, что если уровень звука создают несколько источников, в том числе и J , то при любых изменениях индивидуального уровня звука L_{J^*} значение $L_{\text{общ}}$ меняется меньше, чем L_{J^*} :

$$|\Delta L_{\text{общ}}| \leq |\Delta L_{J^*}|. \quad (32)$$

В случае, если в после определенного мероприятия значение L_{J^*} снижается на Δ дБА, то значение $L_{\text{общ}}$ снижается менее чем на Δ дБА.

В случае если источник J является «регулируемым», то:

$$|\Delta L_{\text{общ}}| \leq |\Delta L_{\text{РИШ}^*}|. \quad (33)$$

Равенства в формулах (31) и (32) можно достичь только в том случае, если отсутствуют существенные источники акустического воздействия, кроме J в зависимости (31) и «регулируемых» источников акустического воздействия в зависимости (32) соответственно.

Из зависимости (25) следует, что если «регулируемый» источник акустического воздействия является совокупностью всех регулируемых, а «нерегулируемый» источник акустического воздействия является совокупностью всех «нерегулируемых» источников, то:

$$L_{РИШ} = L_{общ} - L_{(общ/РИШ)^*} = L_{общ} - L_{НИШ}^* . \quad (34)$$

Поскольку при проведении мероприятия по снижению шума величины $L_{НИШ}^*$ и $U_{НИШ}^*$ сохраняют свое значение, из (33) следует, что всегда:

$$\Delta L_{общ} = \Delta L_{РИШ} . \quad (35)$$

Символ « Δ » в формулах (33) и (35) означает изменение величины в результате реализации мероприятия.

Сравним формулы (33) и (35), получим, что:

$$|\Delta L_{РИШ}| \leq |\Delta L_{РИШ}^*| , \quad (36)$$

т.е. изменение вклада регулируемого источника шума в значение $L_{общ}$ меньше, чем изменение индивидуального уровня звука $L_{РИШ}$, создаваемого регулируемым источником шума при его изолированном воздействии. Равенство в формуле (36) достигается только в случае, если нерегулируемые источники шума практически отсутствуют.

Аналогичные свойства уровня звука L , имеет ущерб U , определяемый по изложенной выше последовательности, т.е. всегда:

$$|\Delta U_{общ}| \leq |\Delta U_{J^*}| ; \quad (37)$$

$$|\Delta U_{общ}| \leq |\Delta U_{РИШ}^*| . \quad (38)$$

Аналогично справедливы также:

$$\Delta U_{\text{общ}} = \Delta U_{\text{РИШ}}; \quad (39)$$

$$|\Delta U_{\text{РИШ}}| \leq |\Delta U_{\text{РИШ}^*}|.$$

(40)

Точные равенства в формулах (37) и (39) можно достичь при условии, что никакие существенные «нерегулируемые» источники шума не действуют.

Таким образом, из формул (38) и (40) следует, что при расчетах экономического эффекта конкретных мероприятий по снижению акустического воздействия учитывается вклад нерегулируемых источников шума как в совокупные значения уровней звука, так и в значения ущерба от акустического воздействия на городское население. В том случае если этот вклад проигнорировать (или занижить), в результате расчетов получатся завышенные по сравнению с корректно проведенными расчетами оценки снижения ущерба и, как следствие, завышенные оценки эффекта мероприятий по снижению акустического воздействия.

Литература

1. Щербинская И.П. и др. Влияние шума и вибрации на здоровье населения // *Здравоохранение*, 2012, №6. С. 48-51.
2. Харламов А.П., Татянюк Т.К. Влияние транспортного шума на здоровье населения крупного промышленного центра. // *Санитарный врач*, 2012, № 12. С. 022-026.
3. Беспалов В.И., Беспалова А.В. Анализ условий образования шума на территориях городской застройки // *Материалы международной НПК «Строительство-2010»*. Ростов н/Д: изд-во РГСУ, 2010. С.97-98.



4. Беспалов В.И., Гурова О.С., Самарская Н.С. Исследование процесса акустического загрязнения воздушной среды городской застройки// сборник научных трудов «Современные направления теоретических и прикладных исследований 2014», т.3. г.Одесса. С.10-15.
5. Санжапов Б. Х., Мурадов А. А., Санжапов Р. Б. Оценка экологической безопасности автотранспортной системы города // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая, 2013. Вып. 2(27). С.1-5.
6. Магомадова Х.А. Проблемы социально-эколого-экономической эффективности взаимодействия общества и природы // Инженерный вестник Дона, 2012, № 1 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/666
7. Карпова Н.В. Экологическая оценка улучшения городских территорий// Инженерный вестник Дона, 2011, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/482.
8. Манжина С.А., Денисова И.А., Популиди К.К. Экономические аспекты диверсификации тепловой энергетики с учетом экологических требований// Инженерный вестник Дона, 2014, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2260.
9. Anne Vernez Moudon. Real Noise from the Urban Environment//American journal of Preventive Medicine, 2009. Pp.167-171. URL: [ajpmonline.org/article/S0749-3797\(09\)00295-5/pdf](http://ajpmonline.org/article/S0749-3797(09)00295-5/pdf).
10. Stephen Stansfeld, Mary Haines, Bernadette Brown. Noise and Health in the Urban Environment// Reviews on Environmental Health, 2011. Pp. 43-82. [002freveh.2000.15.1-2.43\\$002freveh.2000.15.1-2.43.xml](http://002freveh.2000.15.1-2.43$002freveh.2000.15.1-2.43.xml).

References

1. Shherbinskaya I.P. i dr. Zdravoohranenie. 2012. №6.p.48-51.
2. Harlamov A.P., Tatyanyuk T. K. Sanitarnyy vrach. 2012. № 12. pp. 022-026.



3. Bepalov V. I., Bepalova A. V. Materialy mezhdunarodnoy npk stroitelstvo-2010, Rostov-na-dony, izd-vo rgsu, 2010. pp.97-98.
4. Bepalov V.I., Gurova O.S., Samarskaja N.S. Sbornik nauchnyh trudov «Sovremennye napravlenija teoreticheskikh i prikladnyh issledovanij 2014», t.3. g.Odessa. pp.10-15.
5. Sanzhapov B. H., Muradov A. A., Sanzhapov R. B. Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Politematicheskaja, 2013. Vyp. 2(27). pp.1-5.
6. Magomadova H.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2012, № 1.
URL: ivdon.ru/magazine/archive/n1y2012/666.
7. Karpova N.V. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2011, № 3.
URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2011/482.
8. Manzhina S.A., Denisova I.A., Populidi K.K. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2014/2260.
9. Anne Vernez Moudon. American journal of Preventive Medicine, 2009. pp.167-171. URL: [ajpmonline.org/article/S0749-3797\(09\)00295-5/pdf](http://ajpmonline.org/article/S0749-3797(09)00295-5/pdf).
10. Stephen Stansfeld, Mary Haines, Bernadette Brown. Reviews on Environmental Health, 2011. pp. 43-82.
URL: <http://www.degruyter.com/view/j/reveh.2000.15.1-2/reveh.2000.15.1-2.43/reveh.2000.15.1-2.43.xml>.