

УДК 628.517.2.003.13

Е.В. Коновалова

## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ ШУМА В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ АЭРОПОРТА

*Рассмотрены основные принципы экономической оценки мероприятий по снижению авиационного шума в рабочей зоне аэропорта, метод определения стоимости содержания производственной среды из условий шума и проблемы определения и оценки эффективности корректирования акустики производственной среды.*

Шум является одним из наиболее важных и одним из многих элементов, составляющих рабочую среду человека.

Задача: спроектировать или реконструировать рабочую зону аэропорта из условий авиационного шума (АШ) с учетом минимизации требуемых финансовых ресурсов.

Для решения задачи необходимо оценить экономическую эффективность мероприятий по снижению АШ.

Производственная среда состоит из множества различных элементов ( $c_1, c_2 \dots c_n$ ) и шум является одним из них. Снижая шум, мы влияем на многие другие элементы (параметры рабочей среды).

*Предположение 1.* Единицей измерения качества акустической среды является только шум, действующий на рабочих, который может быть определен, например, как фактор  $c_{20}$ . Коррекция акустики производственной среды предполагает снижение шума, но, однако, может привести к изменению других параметров, например, пыльности и др.

*Предположение 2.* При корректировании акустики производственной среды должна быть тенденция к улучшению других параметров рабочей среды. Отсюда корректирование акустики предполагает следующий набор параметров:

– для базового параметра  $c_{20}$  достигается параметр  $c'_{20}$ , который гораздо лучше параметра  $c_{20}$ ;

– для других параметров  $j, k, 1 \dots$  (не равным 20):  $c'_j, c'_k, c'_1 \dots$  также лучше, чем  $c_j, c_k, c_1 \dots$ ;

– для других параметров  $c'_i = c_i$ , тогда как  $i$  не равно 20 и  $j, k, 1 \dots$

*Предположение 3.* Оценка эффективности мероприятий по улучшению акустики производственной среды содержит только анализ параметра  $c_{20}$ . Улучшение других параметров может быть рассмотрено отдельным анализом.

*Предположение 4.* Должна использоваться идея, предложенная в нижеследующих формулах, предполагающая возможность определить количество людей, по отношению к которым снижен уровень шума.

### Основные принципы оценки экономической эффективности мероприятий по снижению уровня авиационного шума

Определение экономической эффективности мероприятий по снижению уровня авиационного шума (АШ) производится путем установления общей и сравнительной экономической эффективности и чистого экономического эффекта.

Показатель *общей экономической эффективности* мероприятий по снижению уровня авиационного шума определяется на стадиях планирования и разработки мероприятий по уменьшению воздействия АШ.

Показатель *сравнительной экономической эффективности* определяется в тех случаях, когда необходимо выбрать такой вариант мероприятия, который обеспечивает достижение требуемого уровня АШ на местности с минимальными затратами.

Показатель *чистого экономического эффекта* является критерием выбора варианта в тех случаях, когда мероприятия не сопоставимы по достигаемым уровням АШ на местности.

При внедрении мероприятий по снижению АШ отмечается предотвращение потерь чистой продукции, сокращение суммы выплат населению из фонда социального страхования, сокращение затрат в отрасли здравоохранения и возрастание ценности территорий в зонах, прилегающих к аэропортам.

Годовой объем *полного экономического эффекта*  $\mathcal{E}$  представляет собой суммарную экономию от предотвращения потерь чистой продукции, сокращение суммы выплат населению из фонда социального страхования, сокращение затрат в отрасли здравоохранения и возрастание ценности территорий в зонах, прилегающих к аэропортам:

$$\mathcal{E} = \sum \sum \mathcal{E}_{ij},$$

где  $\mathcal{E}_{ij}$  – полный экономический эффект  $i$ -го вида ( $i = 1, 2, 3 \dots n$ ) от предотвращения (уменьшения) потерь на  $j$ -м объекте ( $j = 1, 2, 3 \dots m$ ), находящемся в зоне улучшенного состояния окружающей среды.

Показателем *общей (абсолютной) экономической эффективности мероприятий по снижению АШ*  $\mathcal{E}_3$ , является отношение годового объема полного экономического эффекта  $\mathcal{E}$  к сумме вызвавших этот эффект эксплуатационных расходов и капитальных вложений  $Z$ , приведенных к одинаковой размерности в соответствии с нормативом эффективности:

$$\mathcal{E}_3 = \mathcal{E} / Z = \sum \sum \mathcal{E}_{ij} / (C_n + E_n * K_n).$$

где  $C_n$  – годовые эксплуатационные расходы на обслуживание и содержание мероприятия;  $K_n$  – капитальные вложения в строительство или внедрение мероприятия;  $E_n$  – нормативный коэффициент сравнительной эффективности капитальных вложений.

Показатель *сравнительной экономической эффективности мероприятий по снижению АШ* определяется величиной минимально необходимых совокупных эксплуатационных расходов и капитальных вложений, приведенных к годовой размерности затрат, определяемых по формуле:

$$Z = C_n + E_n * K_n$$

Годовой экономический эффект мероприятий по снижению АШ равен чистому экономическому эффекту, определяемому как разность между приведенными к годовой размерности полным экономическим эффектом этого мероприятия  $\mathcal{E}$  и затратами на его осуществление  $Z$ :

$$R = \mathcal{E} - Z.$$

Полный экономический эффект

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{чп}} + \mathcal{E}_{\text{св}} + \mathcal{E}_3.$$

Эффект от предотвращения потерь чистой продукции

$$\mathcal{E}_{\text{чп}} = N P (P_2 - P_1) + (B_1 P_1 n_1 - B_2 P_2 n_2),$$

где  $N$  – количество трудящихся;  $P$  – количество рабочих дней в году;  $P_2, P_1$  – средняя величина чистой продукции, приходящаяся на один отработанный человеко-день, до и после проведения мероприятий;  $B_1, B_2$  – среднегодовое количество рабочих дней нетрудоспособности одного рабочего, отвлеченного из производства по причине АШ, до и после проведения мероприятий;  $n_1, n_2$  – количество рабочих, отвлеченных из производства по причине АШ, до и после проведения мероприятий;

Эффект от сокращения выплат персоналу из фонда социального страхования за период временной нетрудоспособности, вызванной АШ:

$$\mathcal{E}_{\text{св}} = V_n (B_1 n_1 - B_2 n_2),$$

где  $B_n$  – средний размер пособия по нетрудоспособности, приходящийся на один рабочий день нетрудоспособности.

Эффект от сокращения затрат в отрасли здравоохранения на лечение персонала от болезней, вызванных АШ:

$$\Delta_3 = (m_1 - m_2)(aB_a + cB_c),$$

где  $m_1, m_2$  – количество персонала, лечившегося в амбулаторных и стационарных условиях, до и после проведения мероприятий;  $B_a, B_c$  – среднее количество дней лечения соответственно в амбулаторных и стационарных условиях, приходящееся на одного заболевшего в год;  $a$  и  $c$  – средние затраты в сфере здравоохранения для соответствующего лечения.

Борьба с шумом – это метод уменьшения стоимости содержания производственной среды, которая определяется из условий шума.

Для рабочей зоны необходимо различать следующие части анализируемого пространства:

– (Т) элементы — блоки, узлы и устройства, которые являются частью анализируемого оборудования, машин и производственного помещения, и используются только для выполнения производственных задач (технологический компонент, Т);

– (А) элементы — оборудование и устройства, не служащие непосредственно производственным задачам, существование которых определяется наличием персонала (антропотехнологический компонент, А).

Вышесказанное позволяет ввести понятие *стоимость содержания производственной среды* – стоимость создания и содержания компонента А. Важно отметить, что для анализа влияния изменений шумового режима на рабочих местах на стоимость содержания производственной среды стоимость использования мероприятий по снижению шума пренебрежительно мала по сравнению со стоимостью их реализации. Экономический результат  $\Delta\mathcal{E}$ , являющийся результатом работы в условиях понижения шума, выражается главным образом количественным увеличением эффективности труда. Этот эффект усиливается во времени, начиная с момента реализации мероприятий по снижению шума. Это позволяет оценить время Т окупаемости расходов на борьбу с шумом.

Предварительное время возврата (окупаемости) расходов на борьбу с шумом равно отношению стоимости реализации мероприятий по снижению шума  $\Delta\mathcal{C}$  к экономическому результату  $\Delta\mathcal{E}$

$$T = \Delta\mathcal{C} / \Delta\mathcal{E}.$$

Для каждого мероприятия известны следующие параметры:

– стоимость снижения уровня шума  $\Delta\mathcal{C}$ ;

– количество людей  $M$  для которых внедрение данного мероприятия позволяет снизить уровень шума;

– результат снижения уровня шума  $\Delta L$ .

Эффективность мероприятия по снижению уровня шума для группы рабочих мест

$$E = M \Delta L / \Delta\mathcal{C}.$$

Для того, чтобы учесть инфляцию денежной единицы, необходимо ввести условное понятие среднего показателя сп как единицу измерения стоимости. Тогда эффективность можно выразить в величине дБА \* человек / сп.

Для целей дальнейшего анализа понятия эффективности затрат на мероприятия по снижению шума введем формулу:

$$\text{Эффективность проекта} = \frac{\text{Эффект осуществления проекта}}{\text{Затраты на осуществление проекта}}$$

или  $E = M \Delta L / \Delta\mathcal{C} .$

В данной формуле под эффектом от осуществления проекта понимается произведение количества людей ( $M$ ), по отношению к которым был снижен шум и снижение уровня шума ( $\Delta L$ ), тогда как  $\Delta C$  – фиксированная стоимость его осуществления.

Расширим понятия эффективности.

Если защита работающего персонала от шума предполагает инвестирование коррекции акустической среды, то это инвестирование должно быть проанализировано на различных уровнях.

*Уровень 0.* Оптимизация ограничения шума от элементарных источников.

*Уровень 1.* Оптимизация выбора мероприятий, снижающих шум от устройства.

*Уровень 2.* Оптимизация акустических параметров помещения, оборудования и классификация рабочих мест.

*Уровень 3.* Оптимизация выбора мероприятий по снижению шума в акустически изолированной производственной структуре, определяющей оптимальный порядок реализации мероприятий, которые экономически оправданы.

*Уровень 4.* Оптимизация последовательности работ по снижению шума относительно всего проекта (составление плана-графика работ и последовательности реализации мероприятий).

Для определения различных типов эффективности предложены следующие формулы:

– эффективность мероприятий для элементарного источника шума (без определения количества людей, связанных с источником):

$$e_q = \Delta L / \Sigma C_i, \text{ где } i=1 \dots n,$$

где  $e_q$  – эффективность снижения акустической мощности, дБ/сп;  $\Delta L$  – эффект снижения уровня акустической мощности, дБ;  $\Sigma C_i$  – сумма стоимости отдельных этапов снижения уровня акустической мощности, где  $i$  номер этапа;

– эффективность индустриального мероприятия (не рассматривая рабочие места):

$$e = \Delta L / \Sigma C_i, \text{ где } i=1 \dots n,$$

где  $e$  – примерная эффективность снижения акустической мощности элементарных источников, образующих промышленный источник шума, дБ/сп;  $\Delta L$  – примерный эффект снижения уровня акустической мощности, дБ;  $\Sigma C_i$  – сумма стоимости мероприятия для отдельных источников, сп;

– эффективность индустриального мероприятия для источника шума (с учетом рабочих мест, связанных с источником):

$$e^{(j)} = m \Delta L^{(j)} / \Sigma C_i,$$

где  $e^{(j)}$  – эффективность мероприятия для источника шума относительно ( $j$ ) рабочих мест, связанных с источником, дБ \* раб. мест / сп;  $m$  – число рабочих мест, относящихся к источнику, для которого предназначено мероприятие;  $\Delta L^{(j)}$  – эффект снижения шума, дБ на  $j$ -м рабочем месте;  $\Sigma C_i$  – сумма стоимости отнесенной к процессу реализации мероприятия для  $i$  элементарных источников, формирующих индустриальный источник шума, сп.

– эффективность улучшения индустриальной структуры (учитывая отдельную рабочую смену):

$$E_i = M_i \Delta L_i / \Delta C,$$

где  $E_i$  – эффективность улучшения индустриальной структуры для отдельной рабочей смены, дБ \* раб.мест / сп;  $M_i$  – количество рабочего персонала в первой рабочей смене после реали-

зации мероприятия;  $\Delta L_i$  – примерный эффект снижения шума индустриальной структуры в первой рабочей смене, дБ;  $\Delta C$  – общая стоимость реализации мероприятия для индустриальной структуры, сп;

– эффективность улучшения индустриальной структуры (с учетом труда в несколько рабочих смен):

$$E = M \Delta L / \Delta C,$$

где  $E$  – эффективность улучшения индустриальной структуры для каждой рабочей смены, дБ \* раб. мест/сп;  $M$  – количество рабочего персонала для каждой рабочей смены, связанной с реализацией мероприятия;  $\Delta L$  – примерный эффект снижения шума для индустриальной структуры, которой, например, может быть целое предприятие, дБ.

Производственные испытания показывают, что представленные формулы могут быть использованы при оценке реальных величин различных типов эффективности. Возможные ошибки могут возникать при оценке акустических эффектов мероприятия (включая количество рабочего персонала, связанного с процессом улучшения акустической среды).

#### Список литературы

1. *Инструкция* по оценке экономической эффективности мероприятий по снижению авиационного шума. МГА ГосНИИГА. – М.: 1983. – 25с.
2. *Методика* определения экономической эффективности мероприятий по снижению вредного воздействия шума, вибраций, ультразвуковых колебаний и СВЧ излучений. –М.: РИИГА, 1979. – 47 с.
3. *Blaszczyk S., Krajewsky K., Rybarczyk W.* Noise Control as a Method of Minimizing Cost of Maintaining Working Environment/Symposium “Noise Control-98”.– Krynica, Poland, 1998. – P. 533–538.
4. *Blaszczyk S., Krajewsky K., Rybarczyk W.* Effectiveness of Reduction of Noise Level Affecting Workers/Symposium “Noise Control-98”.– Krynica, Poland, 1998.–P.539–544.
5. *Dabek D.* Problems in defining and Evaluating Effectiveness Encountered While Correcting Acoustic Working Environment/Symposium “Noise Control-98”.– Krynica, Poland, 1998. –P. 551–556.
6. *Kowal E.* The Cost of a Permanent Lowering of a Level of Noise at Work Stations. / Symposium “Noise Control-98”.– Krynica, Poland, 1998.– P. 557–560.
7. *Kowal E.* Dependence of productivity and number of accidents on the Level of Noise/ Symposium “Noise Control-98”. –Krynica, Poland, 1998. – P. 561–566
8. *Rybarczyk W.* Non-acoustic Bases for Noise Control in Labour Environment/Symposium “Noise Control-98”. –Krynica, Poland, 1998. – P. 567–572.

Стаття надійшла до редакції 10 жовтня 1999 року