

А.Н. Скворцов

(Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва;
e-mail: squortsow.sasha@yandex.ru)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ АКУСТИЧЕСКОГО ЭКРАНА ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Проведена оценка эффективности звукозащитного экрана для предприятий пищевой промышленности.

Ключевые слова: шум, акустический экран, охрана труда.

A.N. Skvorcov

EVALUATING OF EFFICIENCY OF THE ACOUSTIC SCREEN FOR THE FOOD INDUSTRY

Evaluation of efficiency of the sound protective screen for the food industry was carried out.

Key words: noise, acoustic screen, labor protection.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 30 июля 2015 г.

Пищевая промышленность включает свыше 20 отраслей, связанных с переработкой сельскохозяйственного сырья и получением различных продуктов питания. В пищевой промышленности трудятся свыше 11 % всего персонала, работающего в промышленности России. По валовому производству данный вид промышленности находится на 3-м месте, лишь немногим уступая машиностроению и топливной промышленности. Развитие данной отрасли позволяет ликвидировать различия в снабжении населения продовольствием, которые связанные с неоднородными климатическими условиями районов. Создавая продукты питания, человек в то же время негативно воздействует на среду обитания. Одним из таких факторов является производственный шум.

До настоящего времени многое было решено в акустике, но ряд вопросов, касающихся защиты персонала пищевой промышленности, остаётся нерешённым. В данной статье речь идёт об оценке эффективности сложной конструкции предлагаемого *акустического экрана (АЭ)*, используемого в производственном помещении. Данное устройство позволит уменьшить процент персонала, страдающего заболеваниями, вызываемыми повышенным шумом.

Отличительной особенностью производственного АЭ является его расположение в замкнутом пространстве, где, помимо прямого звука, имеется множество отражённых звуковых полей. Источники шума, находящиеся в помещении, обычно характеризуются небольшими размерами, поэтому их можно считать точечными источниками сферических звуковых волн. Эффективность АЭ, применяемых в замкнутых пространствах, резко снижается. На рабочих местах,

защищаемых производственными АЭ, наблюдается не только дифрагированный звук, огибающий свободные рёбра экрана, но также многократные отражения от стен, предметов, находящихся в помещении. Поэтому достигнуть наибольшего эффекта от акустического экрана данного типа возможно лишь при максимально близкой установке экрана к источнику шума. Однако, при этом, в случае недостаточной звукоизоляции АЭ, звук проходит через экран.

Схема расположения производственного АЭ представлена на рис. 1. Данная схема учитывает близкое расположение АЭ к источнику шума. В математической модели учтены акустические свойства экрана, расположенного в производственном помещении [5].

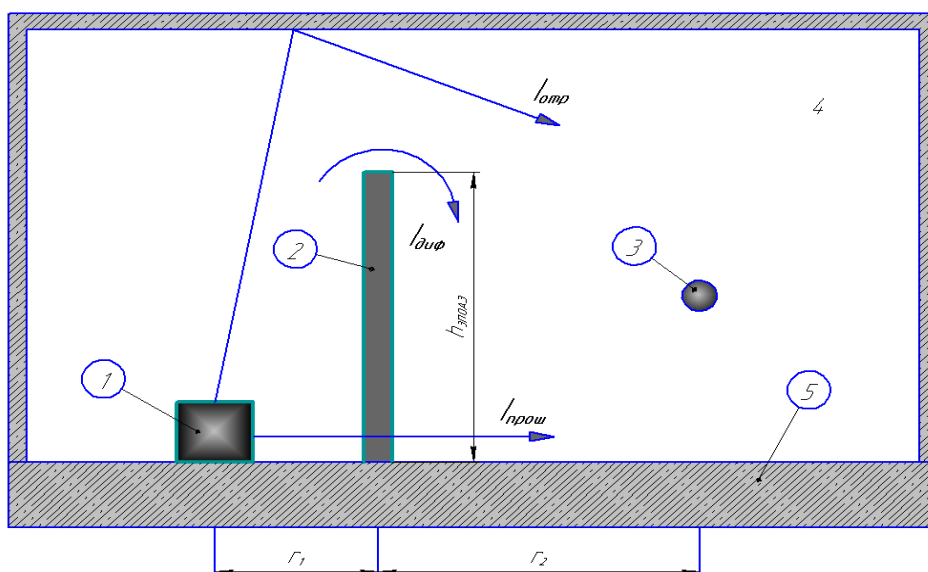


Рис. 1. Схема расположения акустического экрана в производственном помещении:
1 – источник шума; 2 – акустический экран; 3 – рабочая точка;
4 – помещение; 5 – опорная поверхность

Эффективность АЭ рассчитаем по формуле, полученной Тюриной Н.В. [5]:

$$\Delta L_{\text{АЭ}}^{\text{пом}} = 10 \lg \left(\frac{x_{\text{ист}}}{2\pi(r_1+r_2)^2} + \frac{4}{B_{\text{пом}} \cdot \Psi_{\text{пом}}} \right) - 10 \lg \left[\frac{4}{B_{\text{пом}} \cdot \Psi_{\text{пом}}} + \frac{x_{\text{ист}}(1-\alpha_{\text{экр}}) \cdot \tau_{\text{экр}}}{2\pi^2 r_1^2} \cdot \arctg \frac{h_{\text{экр}} \cdot b_{\text{экр}}}{2\pi^2 r_2 \sqrt{4r_2^2 + h_{\text{экр}}^2 + b_{\text{экр}}^2}} + \frac{x_{\text{ист}} \beta_{\text{дифр}} (1-\alpha_{\text{экр}}) \lambda}{2\pi^3 r_1^2 h_{\text{экр}} r_2} \cdot \arctg \frac{b_{\text{экр}}}{2h_{\text{экр}}} \cdot \arctg \frac{b_{\text{экр}}}{2r_2} \right], \quad (1)$$

где $x_{\text{ист}}$ – коэффициент, учитывающий размеры источника шума;
 $\tau_{\text{экр}}$ – коэффициент звукопроводности АЭ;

$B_{\text{пом}}$ – акустическая постоянная помещения, м^2 ;

$\Psi_{\text{пом}}$ – коэффициент, учитывающий неравномерность звукового поля в помещении;

$b_{\text{экр}}$ – ширина АЭ, м ;

$\beta_{\text{дифр}}$ – коэффициент дифракции АЭ, рассчитывается по формуле (2) [3].

$$\beta_{\text{дифр}} = \frac{I_{\text{дифр}}}{I_{\text{пад}}}, \quad (2)$$

где $I_{\text{дифр}}$ – интенсивность звука, дифрагирующего на свободном ребре;

$I_{\text{пад}}^{\text{экр}}$ – интенсивность звука, падающего на поверхность АЭ.

Коэффициент звукопроводности АЭ рассчитывается по формуле [1]:

$$\tau_{\text{АЭ}} = \tau^4 \cdot (1 - \varepsilon)^4, \quad (3)$$

где $\tau = \frac{\ln(1 + Q^2)}{Q^2}$ – при диффузном падении звуковой волны применяем преобразованную формулу Пэриса [4];

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} - \text{коэффициент звукопоглощения, учитывающий}$$

потери энергии, пропорциональной теоретическому количеству прошедшей энергии [4].

Коэффициент звукопоглощения вычисляем, пользуясь формулой [2]:

$$\alpha = \left[\left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{\ln(1 + Q^2)}{Q^2} \right)^2 - \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} + 1 \right) \cdot \left(\frac{\ln(1 + Q^2)}{Q^2} \right)^4 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} - 1 \right) \cdot \left(\frac{\ln(1 + Q^2)}{Q^2} \right)^3 + \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1}{\left(\frac{4}{3}\alpha + \frac{2}{3}Q\right)^2}}} - 1 \right) \cdot \frac{\ln(1 + Q^2)}{Q^2} + 1, \quad (4)$$

где $Q = \frac{m_p \cdot f}{\rho \cdot c}$ – безразмерный комплекс;

m_p – поверхностная плотность листового материала, $\text{кг}/\text{м}^2$;

ρ – плотность воздуха, $\text{кг}/\text{м}^3$;

c – скорость звука в воздухе, $\text{м}/\text{с}$;

α – коэффициент звукопоглощения материала.

Подставляя данные в формулы 1, 2, 3, находим коэффициент звукопоглощения, коэффициент звукопроводности, а также эффективность акустического экрана в производственном помещении. Полученные данные сводим в табл. 1 и отражаем на рис. 2.

Таблица 1

Эффективность акустического экрана в производственном помещении

Частота, Гц	500	1000	2000	4000
Материал	$\Delta L_{\text{ЗПОАЭ}}^{\text{пом}} (\text{дБ})$			
Полистирол	48	93	134	178
Бумага	18	39	70	108

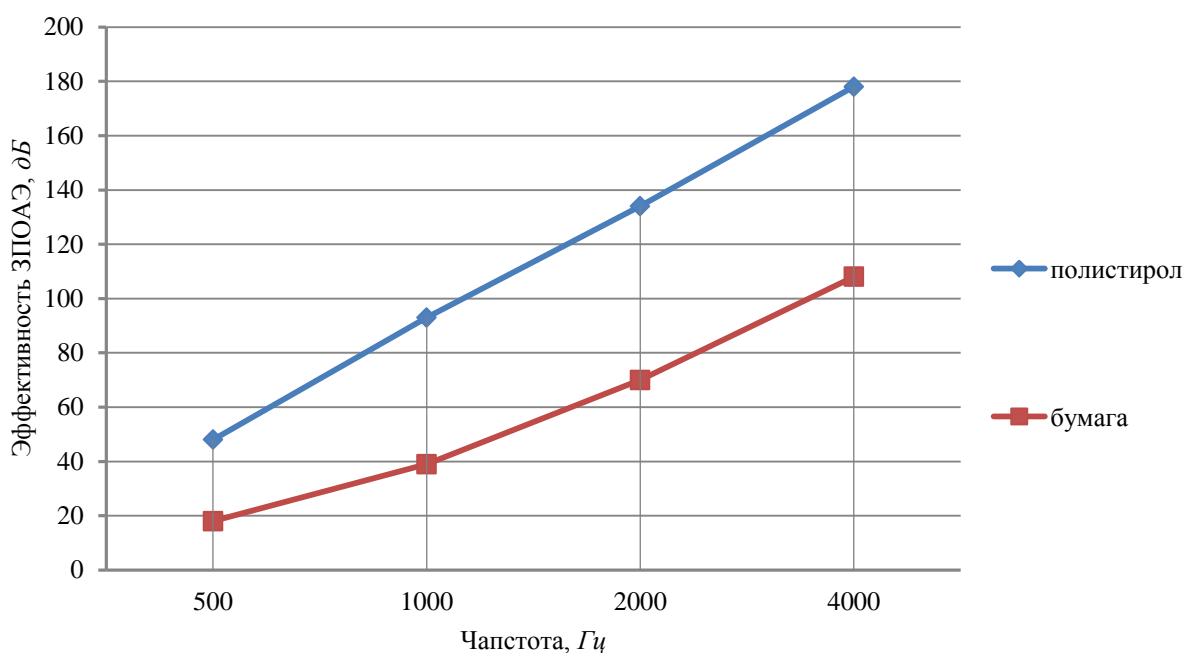


Рис. 2. Эффективность АЭ

Литература

1. *Савельев А.П., Скворцов А.Н.* Звукоподавляющий облегчённый акустический экран // Охрана и экономика труда. 2015. № 2 (19). С. 56-61.
2. *Савельев А.П., Скворцов А.Н.* Расчёт коэффициента звукопоглощения сложной конструкции звукоподавляющего акустического экрана (ЗПАЭ) // Охрана и экономика труда. 2015. № 3 (20). С. 56-61.
3. *Иванов Н.И.* Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. М., Логос, 2008. 422 с.
4. *Мурзинов П.В.* Выбор листового материала для звукоизолирующих облегченных структурированных панелей // Экология. Риск. Безопасность: матер. междунар. науч.-практ. конф. Курган: Курганский гос. ун-т, 2010. С. 149-150.
5. *Тюрина Н.В.* Исследование акустических экранов // XXVII сессия Российского акустического общества, посвящённая памяти учёных-акустиков ФГУП "Крыловский государственный научный центр" А.В. Смольякова и В.И. Попкова: Санкт-Петербург, 16-18 апреля 2014 г.