

УДК: 534.83

OECD: 01.03.AA

Расчет шумозащитных ограждений для снижения шума операторов металлообрабатывающих станков

Шашурин А.Е.^{1*}, Курченко П.С.², Гогуадзе М.Г.³, Разаков Ж.П.⁴¹ Д.т.н., профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»^{2,3} Младший научный сотрудник, Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, РФ⁴ Соскатель^{1,4} БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

Аннотация

Улучшению условий труда на рабочих местах машиностроительных предприятий посвящено много работ. В статье показан подход к снижению уровней шума от металлообрабатывающих станков. Рассмотрены вопросы снижения уровней шума в соразмерных помещениях, где в одном помещении располагается станок и проанализирован вариант, где в цехе расположено n -ое кол-во оборудования. С учетом этого меняется характер шумообразования в цехе и расчеты ведутся с учетом вклада отраженного шума в звуковое поле на рабочем месте и с учетом множества оборудования. В статье рассмотрены расчеты эффективности мероприятий по снижению шума на участках профильно и координатно-шлифовальных станков, указаны их возможные компоновки, показаны результаты эксперимента. Показан расчет систем снижения шума системы «узел шлифования – шлифуемая заготовка». Показаны материалы, которые могут применяться для снижения звукопоглощения в цехах. Представлен расчет и проектирование акустического экрана зоны шлифования координатно-шлифовального станка.

Ключевые слова: звуковое давление, эффективность, шумозащитное ограждение, звуковое поле, дифракция, мощность, энергия.

Calculation of noise barriers to reduce the noise of operators of metalworking machines

Shashurin A.E.¹, Kurchenko P.S.², Gogvadze M.G.³, Razakov Zh.P.⁴¹ DSc, professor of the department of Ecology and Industrial Safety^{2,3} Junior researcher, Rostov State University of Railway Transport, Rostov-on-Don, Russia⁴ Applicant^{1,4} BSTU "VOENMEH" named after D. F. Ustinov, St. Petersburg, Russia

Abstract

Many works have been devoted to improving working conditions at the workplaces of machine-building enterprises. The article shows an approach to reducing noise levels from metalworking machines. The issues of reducing noise levels in commensurate rooms, where the machine is located in one room, are considered and the variant where the n th number of equipment is located in the workshop is analyzed. With this in mind, the nature of noise generation in the workshop is changing and calculations are carried out taking into account the contribution of reflected noise to the sound field at the workplace and taking into account a variety of equipment. The article considers the calculations of the effectiveness of noise reduction measures in the sections of profile

and coordinate grinding machines, their possible layouts are indicated, and the results of the experiment are shown. The calculation of noise reduction systems of the "grinding unit – the workpiece being ground" system is shown. Materials that can be used to reduce sound absorption in workshops are shown. The calculation and design of the acoustic screen of the grinding zone of the coordinate grinding machine is presented.

Keywords: sound pressure, efficiency, noise barrier, sound field, diffraction, power, energy.

Введение

Повышенные уровни шума зачастую являются основным вредным фактором на рабочих местах операторов металлообрабатывающих станков. Большое количество станков, устанавливаемых в машиностроительных цехах усиливают общий уровень шума в цехе. На практике используют разные подходы по снижению шума именно от станка. Снижение шума в самом источнике различными способами, снижении шума на пути распространения – различные шумозащитные ограждения и снижения шума в защищаемом объекте, в данном случае это беруши или наушники. В статье описаны первый и второй методы.

1. Эффективность мероприятий по снижению шума на участках профильно и координатно-шлифовальных станков.

Вследствие повышенной точности обработки деталей станки данных моделей в большинстве случаев располагаются в отдельных производственных помещениях, которые относятся к категории соразмерных. Поэтому расчеты акустических характеристик необходимо выполнять на основе схемы, приведенной на рис.1, поскольку в расчетах должны присутствовать параметры производственного помещения и одновременного излучения звуковой энергии нескольких станков, зачастую характеризующихся различными уровнями звукового давления.

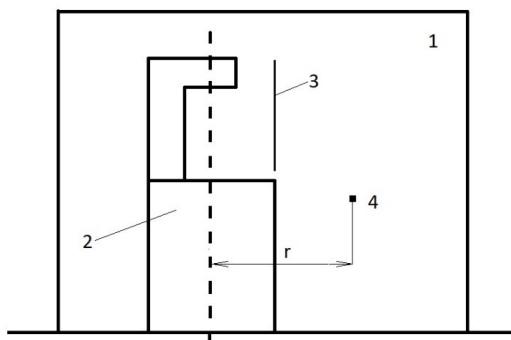


Рис. 1. Расчетная схема участка: 1 - соразмерное помещение; 2 - станок; 3 - акустический экран; 4 - рабочее место

Компоновка профильно и координатно-шлифовальных станков, а также условия эксплуатации практически полностью исключают использование различных ограждений зоны шлифования. Наличие же шумозащитного экрана технологически просто реализовать и не сохранить удобство в обслуживании при эксплуатации и обеспечить защиту оператора не только от акустического воздействия, но и травм, связанных с поломками тонких шлифовальных кругов, в особенности, при высоких

частотах вращения.

Для такой расчетной схемы с использованием данных работ [1,2] получено следующее выражение условий шума

$$L = L_{p\Sigma} - AЭ + 10 \lg \left(\frac{\chi_c \varphi_c}{2\pi r^2} + \frac{4\psi_{\Pi}}{B_{\Pi}} \right), \quad (1)$$

где $L_{p\Sigma}$ - октавные уровни звуковой мощности, дБ; $AЭ$ - акустическая эффективность экрана, дБ; χ_c - коэффициент искажения поля у станка; φ_c - коэффициент направленности станка; ψ_{Π} - коэффициент диффузности производственного помещения; B_{Π} - постоянная производственного помещения, m^2 .

$B_{\Pi} = \frac{\alpha_{\Pi} S_{\Pi}}{1 - \alpha_{\Pi}}$; S_{Π} - площадь производственного помещения, m^2 ; α_{Π} - частотно-зависимые коэффициенты звукопоглощения производственного помещения.

Для соразмерного помещения можно принять $\varphi_c = 1$. Поскольку превышения уровней шума зафиксированы в интервале частот 125 Гц и выше, то по данным работы [1] $\psi_c = 1$.

По данным этой же работы коэффициент диффузности определяется по формуле $\psi_{\Pi} = 1 - 0,3 \frac{B}{S_{\Pi}}$.

Тогда зависимость (1) примет вид

$$L = L_{p\Sigma} + 10 \lg \left(4 \cdot 10^{-4} + \frac{1 - 1,3\alpha_{\Pi}}{\alpha_{\Pi} S_{\Pi}} \right) + 6 - AЭ, \quad (2)$$

Следует отметить, что при наличии нескольких одновременно работающих станков на участке суммарные уровни шума определяются энергетическим суммированием $L_{p\Sigma} = 10 \lg \sum (10^{0,1L_1} + 10^{0,1L_2} + \dots + 10^{0,1L_{kc}})$, где L_i - уровни звуковой мощности каждого станка, дБ; kc - количество одновременно работающих станков.

Чтобы соблюсти уровни шума в нормируемом диапазоне на участке вышеуказанных станков предполагается, что у операторов каждого станка вклад от каждого источника шума должны быть уменьшены на 4-5 дБ.

Тогда зависимость (2) примет вид

$$L_c - (4 - 5) = L_{p\Sigma} + 10 \lg \left(4 \cdot 10^{-4} + \frac{1 - 1,3\alpha_{\Pi}}{\alpha_{\Pi} S_{\Pi}} \right) + 6 - AЭ. \quad (3)$$

2. Проектирование и расчет систем снижения шума системы «узел шлифования - шлифуемая заготовка»

Такие системы должны совмещать эффекты звукоизоляции и вибропоглощения. Следует отметить, что снижение уровней шума шлифовальных кругов и заготовок, обусловленных вибропоглощением, определяется по известной формуле

$\Delta L = 10 \lg \frac{\eta_{\Sigma}}{\eta_{\text{осн}}}$, где $\eta_{\text{осн}}$ - коэффициенты потерь колебательной энергии шлифовального круга. Эти данные задаются по уравнению регрессии, полученному по экспериментальным данным. Далее привести расчет по шлифовальному кругу.

Экспериментальные исследования показали, что максимальные уровни звука на рабочих местах достигают 95 дБА у профильно-шлифовальных и 103 дБА у координатно-шлифовальных. Таким образом, снижение уровней звукового давления должно составлять 20 дБА у профильно-шлифовальных и 23-29 дБА у координатно-шлифовальных. Однако пересчет уровней шума с учетом времени реализации технологических процессов показал, что системы шумозащиты должны иметь

акустическую эффективность 13 дБА и 18 дБА (соответственно). У профильно-шлифовального станка требуемая акустическая эффективность достигается системой звукоизоляции и вибропоглощения узла шлифования и шлифуемой заготовки в тисках. Система снижения шума и вибрации узла резания представлена на рис.2-а, а заготовки на рис.2-б.

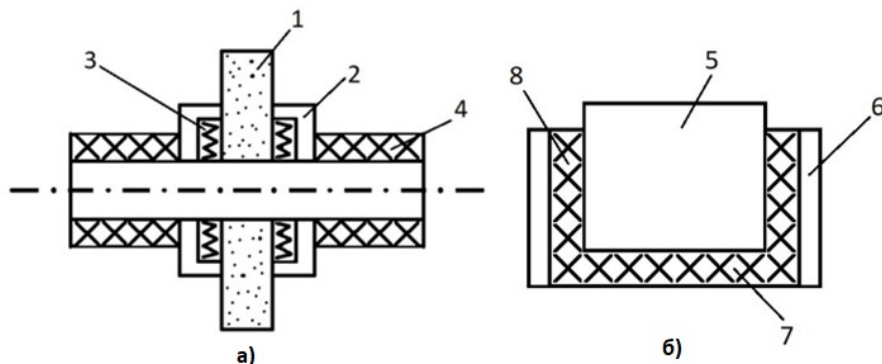


Рис. 2. Системы снижения шума узла резания и заготовки профильно-шлифовального станка: 1 - шлифовальный круг; 2 - корпус и стеклотекстолита (толщина 2-3 мм); 3 - вибропоглощающие элементы из магнитопласта толщиной 5-6 мм; 4 - резиновые шайбы (резина марки 1002 толщиной 8 мм на сторону), устанавливаемые на оправку шлифовального круга; 5 - шлифуемое изделие; 6 - губки тисков; 7 и 8 - пластины из стеклотекстолита толщиной 5-6 мм

Такие конструкции обеспечивают снижение шума за счет как частичной звукоизоляции площади, излучающей звук поверхности источника и эффекта вибропоглощения. Расчеты показали, что снижение уровней шума узла резания составляет: 7 дБ - за счет уменьшения площади излучения шлифовального круга; 3 дБ - за счет эффекта вибропоглощения шлифовального круга; 4 дБ - за счет вибропоглощения шлифуемого изделия. Фактически для профильно-шлифовальных станков экран целесообразен только для предотвращения травмирования станочников при поломках шлифовального круга.

Для координатно-шлифовальных станков система снижения уровней шума узлом шлифования не целесообразно вследствие вертикального расположения шпинделя. Однако подобная система для заготовок с эффективностью снижения шума может быть повышена до 5-6 дБ при использовании двухслойных пластинок и стеклотекстолита и материала «АГАТ» толщиной 2-3 мм и акустического экрана с акустической эффективностью 10-12 дБ. Кроме этого в местах расположения на станках производственного помещения звукопоглощающих панелей из базальтовых звукопоглощающих матов имеющих коэффициенты звукопоглощения 0,5-0,75 в диапазоне частот 1000-4000 Гц (рис.3) либо конструкций, разработанных для рабочих мест пультовщиков [3] (рис.4).

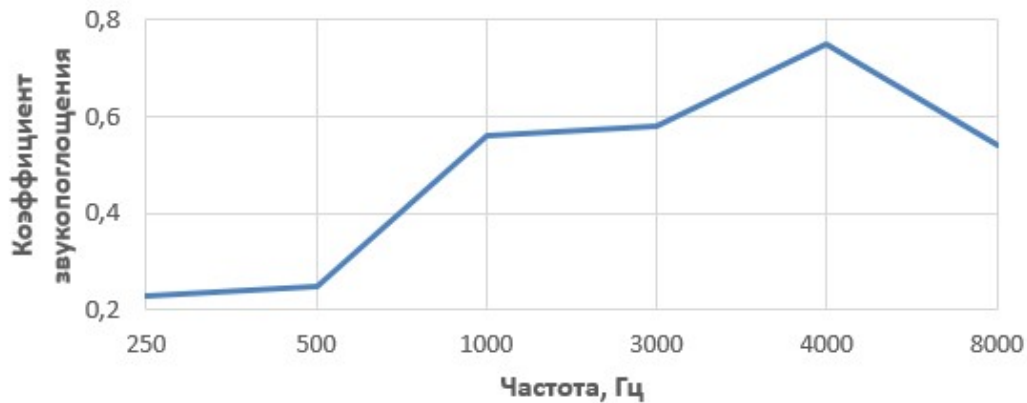


Рис. 3. Частотно-зависимые коэффициенты звукопоглощения базальтовых матов

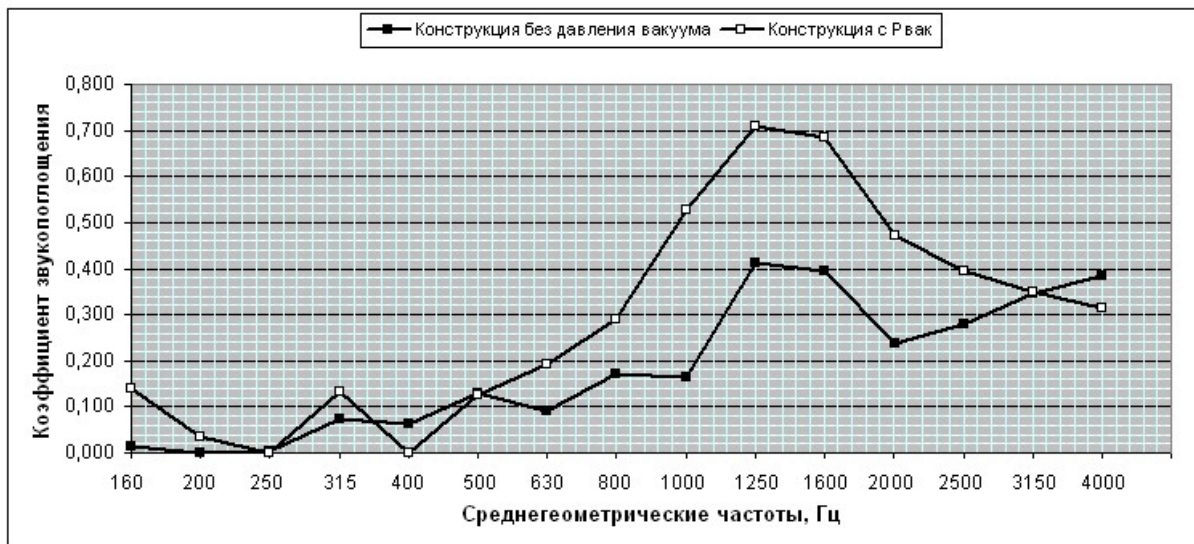


Рис. 4. Коэффициенты звукопоглощения типовых сотовых конструкции

3. Расчет и проектирование акустического экрана зоны шлифования координатно-шлифовального станка

Одним из надежных подходов уменьшения звукового давления на станках при работе с металлом являются доработка станка кожухами, перегородками, перекрывающими прямой звук от источников шума до рабочего места. Одним из наиболее предпочтительных средств снижения уровней звука в цехах предприятий у металлообрабатывающих станков считается применение различных перегородок, закрывающих зону обработки, возможно с раздвижными дверцами и др. [4]. Звукозащитные элементы таких конструкций изготавливаются из металла, служат для снижения прямого шума, попадания на работника эмульсий, пыли и пр. Зачастую в конструкции используют сэндвич панели, т.е. металл, между которым находится звукопоглощающий материал, который в свою очередь служит неким демпфером. Места прилегания конструкции к станку должны быть акустически. Для удобства работы и визуального осмотра делают комбинированную конструкцию сэндвич-монолитный поликарбонат, либо полиметиметаакрилат. Со стороны, обращенной к источнику шума добавляют звукопоглощающий материал, для снижения доли переотраженного шума.

Ниже проработан подход, позволяющий проводить выбор конструкции, учитывающий площади, геометрию и характеристики элементов шумозащиты.

Схематичное изображение экрана представлено на рисунке 5.

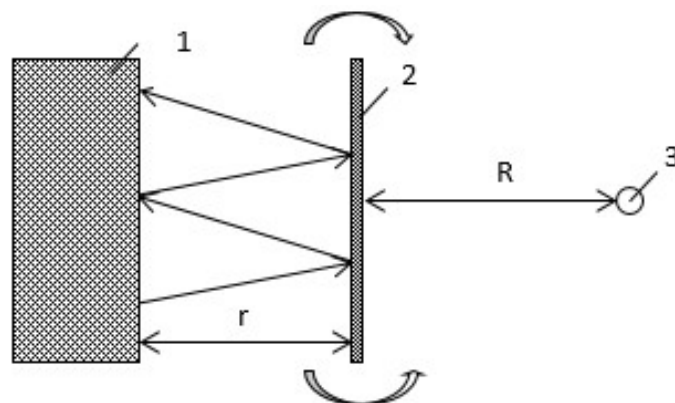


Рис. 5. Шумозащитное ограждение для уменьшения акустического воздействия на рабочих местах работников металлообрабатывающих: 1- источник шума (ИШ); 2 – шумозащитное ограждение (ШЗО); 3 – расчетная точка (РТ); → переотражения звука; \curvearrowright – дифракция звука

Снижением шума различными ограждениями занимались ученые Иванов Н.И., Шашурин А.Е. и др. [5]. Согласно обзору методик расчета предлагается использовать теорию, выдвинутую Шашуриным А.Е.

Для выполнения расчетов в нашем случае сделаем некоторые допущения, такие как: в РТ звук дифрагирует через все стороны ограждения (экрана); ИШ и свободные ребра ШЗО приняты линейными излучателями шума; ограждение является комбинированным, состоящим из звукоизолирующей панели с облицовкой и прозрачного звукоизолирующего пластика толщиной не менее 16 мм и звукоизоляцией порядка 34 дБА для того, чтобы шум через само ограждение не учитывать (рис.6).

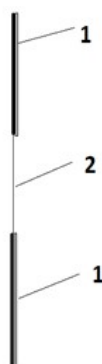


Рис. 6. Условная схема комбинированного шумозащитного ограждения: 1 - звукоизолирующий материал с облицовкой; 2 - прозрачный монолитный поликарбонат

В работе [6] дан расчет эффективности ограждения. На основе этого расчета, но с учетом звукового поля, которое образуется в ограниченном пространстве между источником шума и ограждающей конструкцией, выведены упрощенные формулы для расчета параметров конструкции.

Снижение шума ограждением определяют:

$$\Delta L_{\text{ШЗО}} = 10 \lg \frac{I_{PT}^{\text{Б/Ш}}}{I_{PT}^{\text{С/ШЗО}}}, \text{ дБ} \quad (4)$$

где: $I_{PT}^{\text{Б/Ш}}$ - интенсивность звука в РТ от ИШ без ШЗО; Вт/м². $I_{PT}^{\text{С/ШЗО}}$ - тоже с установленным ШЗО, Вт/м².

Интенсивность звука в РТ без ШЗО:

$$I_{PT}^{\text{Б/Ш}} = \frac{W_{\text{ист}}}{2\pi l_{\text{ист}}(R+r)} \arctg \frac{l_{\text{ист}}}{2(R+r)}, \quad (5)$$

где: $W_{\text{ист}}$ - акустическая мощность ИШ, Вт; $l_{\text{ист}}$ - длина ИШ, м; r - расстояние от ИШ до ШЗО, м; R - расстояние от ШЗО до РТ, м.

Звуковая энергия, падающая на ШЗО

$$I_{PT}^{\text{С/ШЗО}} = \frac{4W_{\text{ист}}(1 - \overline{\alpha_{\text{об}}})}{\varphi_{\text{пр}} A_{\text{пр}}} \quad (6)$$

где $\overline{\alpha_{\text{об}}}$ - средний коэффициент звукопоглощения в пространстве между ИШ и ШЗО; $\varphi_{\text{об}}$ - коэффициент неравномерности звукового поля; $A_{\text{об}}$ - эквивалентная площадь звукопоглощения;

$$A_{\text{пр}} = \alpha_{\text{ОТР}}^{\text{ШЗО}} l_{\text{ШЗО}} h_{\text{ОТР}} + \alpha_{\text{ПОГЛ}}^{\text{ШЗО}} l_{\text{ШЗО}} h_{\text{ПОГЛ}} + \alpha_{\text{ИСТ}} l_{\text{ИСТ}} h_{\text{ИСТ}} + 4l_{\text{ШЗО}}, \quad (7)$$

где: $\alpha_{\text{ОТР}}^{\text{ШЗО}}$ - коэффициент звукопоглощения отражающей части ШЗО; $h_{\text{ОТР}}$ - высота, м; $l_{\text{ШЗО}}$ - длина, м; $\alpha_{\text{ПОГЛ}}^{\text{ШЗО}}$ - коэффициент звукопоглощения поглощающей части ШЗО (ЗПМ); $h_{\text{ПОГЛ}}$ - высота поглощающей части, м; $\alpha_{\text{ИСТ}}$ - коэффициент звукопоглощения ИШ; $l_{\text{ИСТ}}$ - длина ИШ, м; $h_{\text{ИСТ}}$ - высота ИШ, м;

$$h_{\text{ШЗО}} = h_{\text{ОТР}} + h_{\text{ПОГЛ}}. \quad (8)$$

Для улучшения в последующих расчетах т.к. первый и третий члены в формуле (7) пренебрежимо малы ($\alpha = 0,01$) формула может быть преобразована: ($l_{\text{ИСТ}} \approx l_{\text{ШЗО}}$)

$$A_{\text{об}} = l_{\text{ШЗО}}(\alpha_{\text{ПОГЛ}} h_{\text{ПОГЛ}} + 4r), \quad (9)$$

$$\overline{\alpha_{\text{об}}} = \frac{A_{\text{об}}}{S_{\text{ИШ}} + 4S_{\text{св.об}} + S_{\text{ШЗО}}}, \quad (10)$$

где $S_{\text{ИШ}}$ - площади источника шума, м²; $S_{\text{св.об}}$ - площадь свободного пространства между источником шума и ШЗО, м²; $S_{\text{ШЗО}}$ - площадь шумозащитного ограждения, м².

Акустическая мощность на свободных ребрах ШЗО:

$$W_{\text{ШЗО}} = I_{\text{пад}}^{\text{С/ШЗО}} S_{\text{ШЗО}}, \quad (11)$$

где $S_{\text{ШЗО}}$ - площадь ИШ, м²;

$$S_{\text{ШЗО}} = l_{\text{ШЗО}}(h_{\text{отр}} + h_{\text{пад}}). \quad (12)$$

Интенсивность звука в РТ с ШЗО: принимая свободные ребра ШЗО линейными отраженными источниками звука (при этом свободных поверхностей).

$$I_{PT}^{C/ШЗО} = \frac{4W_{ШЗО}\beta_{дифр}}{2\pi l_{ШЗО}R} \operatorname{arctg} \frac{l_{экp}}{2R}, \quad (13)$$

где $\beta_{дифр}$ – коэффициент дифракции на свободном ребре (принимается одинаковое значение $\beta_{дифр} = \frac{1}{2\pi}$)

Подставляем в (13) формулы (6), (9), (11) и (12)

$$I_{PT}^{C/ШЗО} = \frac{4W_{ИСТ}(1 - \overline{\alpha_{об}})l_{ШЗО}(h_{отp} + h_{пад})4\beta_{дифр}}{\varphi_{об}l_{ШЗО}(\alpha_{погл}h_{погл} + 4r)} \operatorname{arctg} \frac{l_{экp}}{2R}. \quad (14)$$

После упрощений и приняв второе слагаемое А

$$I_{PT}^{C/ШЗО} = \frac{8W_{ИСТ}(1 - \overline{\alpha_{об}})(h_{отp} + h_{пад})4\beta_{дифр}}{\varphi_{пр}(\alpha_{погл}h_{погл} + 4r)l_{ШЗО}R\pi} A, \quad (15)$$

Подставим (5) и (15) в (4)

$$\Delta L_{ШЗО} = 10 \lg \frac{W_{ИСТ} - \varphi_{об}(\alpha_{погл}h_{погл} + 4r)l_{ШЗО}R\pi A}{2\pi l_{ИСТ}(R+r)8W_{ИСТ}(1 - \overline{\alpha_{об}})(h_{погл} + h_{отp})l_{ШЗО}R\pi\beta_{дифр}} \operatorname{arctg} \frac{l_{ИСТ}}{2(R+r)} \quad (16)$$

Примем $l_{ШЗО} \approx l_{ИСТ}$ и сделаем упрощения,

$$\Delta L_{ШЗО} = 10 \lg \frac{R}{(R+r)} + 10 \lg \varphi_{пр} + 10 \lg \frac{(\alpha_{погл}h_{погл} + 4r)}{(h_{погл} + h_{отp})} - 10 \lg(1 - \overline{\alpha_{об}}) - \\ - 10 \lg \frac{1}{\beta_{дифр}} + 10 \lg \left(\operatorname{arctg} \frac{l_{ШЗО}}{2R} \right) + 10 \lg \left(\operatorname{arctg} \frac{l_{ШЗО}}{2(R+r)} \right) - 10 \lg 16, \text{ дБ}. \quad (17)$$

Применяя данную схему расчета, инженер может подбирать параметры и конструктивные особенности материала звукоограждающей конструкции.

Согласно работе [7] при малых объемах звукового поля данные при расчетах арктангенсов меняют общую эффективность не более, чем 0,1-0,2 дБ, что меньше, чем погрешность прибора при проведении экспериментальной проверки, поэтому в данном случае для удобства инженерных расчетов ими предлагается пренебречь.

Таким образом эффективность ограждения определяется по формуле:

$$\Delta L_{ШЗО} = 10 \lg \frac{R}{(R+r)} + 10 \lg \varphi_{пр} + 10 \lg \frac{(\alpha_{погл}h_{погл} + 4r)}{(h_{погл} + h_{отp})} - 10 \lg(1 - \overline{\alpha_{об}}) - \\ - 10 \lg \frac{1}{\beta_{дифр}} - 12$$

Закключение

В статье представлены расчеты эффективности мероприятий по снижению шума на участках профильно и координатно-шлифовальных станков, указаны их возможные компоновки, даны формулы расчета и показаны результаты эксперимента.

Показан расчет систем снижения шума системы «узел шлифования – шлифуемая заготовка» предложены мероприятия, которые позволяют снизить уровни шума.

Показаны материалы, которые могут применяться для снижения звукопоглощения в цехах с акустическими характеристиками.

Представлен расчет и проектирование акустического экрана зоны шлифования координатно-шлифовального станка с упрощенным подходом, сочетающий в себе инженерные расчеты с учетом звукового поля между станком и ограждением.

Список литературы

1. Элькин Ю.И., Шашурин А.Е., Курченко П.С., Васильева В.К. Шумообразование на рабочих местах операторов специальных металлообрабатывающих станков. *Noise Theory and Practice*, 2021, №7 (2) с. 199-207
2. Nickolay Ivanov, Gennady Kurtsev, Aleksandr Shashurin. The method for sequential transformation of the sound fields. *AKUSTIKA Volume 39*, 2021, с. 141-147
3. Тюрин А.П. Проблемы улучшения условий труда в стрелковых тирах на предприятиях машиностроительного комплекса. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Санкт-Петербург, 2011. – 40 с.
4. Иванов Н.И., Шашурин А.Е., Гогоадзе М.Г. Расчет локального шумозащитного ограждения для снижения шума оператора металлообрабатывающего станка XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс.- 2020. - Т.9, № 1(49). С. 185-188
5. Иванов, Н. И. Защита от шума и вибрации: учебное пособие / Н. И. Иванов, А. Е. Шашурин. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Печатный Цех, 2019. – 282 с.
6. Гогоадзе М. Г. Снижение шума на рабочих местах операторов специальных расточных и осетокарных станков. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ростов-на-Дону, 2020. – 19 с.
7. Светлов, В.В. Снижение шума стационарных источников в жилой застройке технологическими шумозащитными экранами / В.В. Светлов (лва 40%), Н.И. Иванов, А.Е. Шашурин // Безопасность жизнедеятельности: научно-практический и учебно-методический журнал – М.: Изд-во «Новые технологии». – 2018. – №6. – С. 16-22.

References

1. Elkin Yu.I., Shashurin A.E., Kurchenko P.S., Vasilyeva V.K. Shumoobrazovaniye na rabochikh mestakh operatorov
2. Nickolay Ivanov, Gennady Kurtsev, Aleksandr Shashurin. The method for sequential transformation of the sound fields. *AKUSTIKA Volume 39*, 2021, p. 141-147
3. Tyurin A.P. Problemy uluchsheniya usloviy truda v strelkovykh tirakh na predpriyatiyakh mashinostroitelnogo kompleksa. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni doktora tekhnicheskikh nauk. Sankt-Peterburg. 2011. – 40 p.
4. Ivanov N.I., Shashurin A.E., Gogvadze M.G. Raschet lokalnogo shumozashchitnogo ograzhdeniya dlya snizheniya shuma operatora metalloobrabatyvayushchego stanka XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus.- 2020. - T.9. № 1(49). P. 185-188
5. Ivanov. N. I. Zashchita ot shuma i vibratsii: uchebnoye posobiye / N. I. Ivanov. A. E. Shashurin. - 2-e izd., pererab. i dop. - SPb.: Pечатnyy Tsekh. 2019. – 282 p.
6. Gogvadze M. G. Snizheniye shuma na rabochikh mestakh operatorov spetsialnykh rastochnykh i osetokarnykh stankovy. Avtoreferat dissertatsii na soiskaniye uchenoy stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. Rostov-na-Donu. 2020. – 19 p.
7. Svetlov. V.V. Snizheniye shuma statsionarnykh istochnikov v zhiloy zastroyke tekhnologicheskimi shumozashchitnymi ekranami / V.V. Svetlov (lva 40%). N.I. Ivanov. A.E. Shashurin // Bezopasnost zhiznedeyatel'nosti: nauchno-prakticheskiy i uchebno-metodicheskiy zhurnal – M.: Izd-vo «Novyye tekhnologii». – 2018. – №6. – P. 16-22