

УДК: 05.26.01
OECD: 05.26.01

Снижение уровня шума при дробеструйной обработке крупногабаритных деталей

Соловьева О.С.¹, Элькин Ю.И.²

¹ Магистрант, ² Профессор, доктор технических наук
^{1,2} Московский автомобильно-дорожный государственный
технический университет (МАДИ), г. Москва, РФ

Аннотация

В данной статье рассматривается проблема снижения шума в камере дробеструйной обработки крупногабаритных деталей на ЗАО «Экспериментальный механический завод». Для этого были произведены замеры «фоновой» уровня шума (подача только сжатого воздуха, без дроби), которые показали его превышение, как по уровню звука, так и по спектру над нормативными показателями. Предложен метод по снижению уровня шума в дробеструйной камере, а именно: увеличение эквивалентной площади звукопоглощения (ЗП) путем облицовки стен камеры плоскостными ЗП конструкциями. Проведен акустический расчет уровней шума на рабочем месте оператора после внедрения шумозащитных мероприятий. Благодаря этому класс условий труда на рабочем месте оператора дробеструйной обработки по фактору шума снизится с 3.4 до 3.3.

Ключевые слова: уровень звука, уровни звукового давления, эквивалентная площадь звукопоглощения, постоянная помещения, класс условий труда на рабочих местах.

Reducing the level of noise during shot peening of large parts

Solovieva O.S.¹, Elkin Y.I.²

¹ Undergraduate ² Professor, doctor of technical Sciences
^{1,2} Moscow Automobile and Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

Abstract

In this article, there is the problem of noise reduction in the shot blast cabinet of large-sized parts at CJSC Experimental Mechanical Plant. For this, a “background” noise level was obtained (supplied only with compressed air, without a fraction), which showed its excess both in sound level and in spectrum over standard indicators. The proposed method of reducing the noise level in a shot blast cabinet, namely: increasing the equivalent sound absorption (SA) area by lining the cabinet walls with planar SA structures. Acoustic calculation of noise levels at the operator’s workplace after the introduction of noise protection measures was carried out. Thanks to the proposed measures, it was possible to reduce the level of working conditions at the workplace of the shot blasting operator by noise factor from 3.4 to 3.3.

Keywords: sound level, sound pressure level, equivalent sound absorption area, room constant, class of working conditions in the workplace.

Введение

Чистота поверхности промышленной продукции (обрабатываемой и не обрабатываемой) непосредственно связана с качеством, надежностью и долговечностью продукции. При улучшении качества большое значение имеет подготовка поверхности продукции и ее чистота. Так, достаточно большое распространение получила обработка поверхностей в дробеструйной камере. По воздействию на окружающую среду данная установка является достаточно экологичной, но по воздействию на рабочем месте оператора – неблагоприятной, так как в результате обработки поверхностей образуется много кварцевой и металлической пыли (большая запыленность помещения) и создается высокий уровень шума. Наиболее сложно добиться нормативных показателей по уровню шума, создаваемого при работе дробеструйного аппарата.

В настоящее время хорошо известно неблагоприятное воздействие шума на организм человека, работающего в условиях с повышенным уровнем шума. Шумовая и вибрационные болезни занимают второе и третье место в списке профессиональных заболеваний и составляют 1/3 общего их числа [1].

Целью настоящей работы является снижение шума установок дробеструйной обработки за счет звукопоглощающих элементов конструкции.

1. Объект исследования

Предприятие ЗАО «Экспериментальный механический завод (ЭМЗ)» специализируется на проектировании и изготовлении подъемных и рефрижераторных систем, тентованных и изотермических кузовов (прицепов и полуприцепов), а также последующим их монтаже на шасси заказчиков.

В процессе эксплуатации детали автомобилей изнашиваются, ржавеют, на них появляются устаревшие слои краски и окарины все это требует обработки и регенерации конструкций. Поэтому перед нанесением на детали автомобиля защитного антикоррозионного лакокрасочного покрытия они проходят специальную обработку.

Для устранения недостатков, образующихся на поверхности материала в процессе эксплуатации, используется дробеструйная камера с ручной обработкой. На ЗАО «ЭМЗ» используется абразивоструйная установка типа «DSG», которая позволяет удалить с поверхностей деталей следы износа, лишние наслоения и старую краску. Установка состоит из металлического сосуда высокого давления (бак), объем которого составляет 200 л.

В процессе дробеструйной обработки напорный бак герметично закрыт быстродействующим затвором, таким образом, в баке дробеструйной установки создается высокое давление, при помощи которого абразив поступает через дозировочный вентиль в поток сжатого воздуха, и через дробеструйный шланг в сопло[2]. Для управления установкой на конце дробеструйного шланга рядом с соплодержателем предусмотрена специальная клавиша, которая позволяет останавливать процесс подачи дроби. Конструкция клавиши дистанционного управления предотвращает производственные травмы при неумышленном падении шланга в процессе дробеструйной обработки.

2. Результаты исследования

Были проведены замеры «фоновой» (подача только сжатого воздуха, без дроби) уровня шума в камере, которые показали следующее. Уровень звука (УЗ) внутри установки на рабочем месте оператора составляет 111,5 дБА, а снаружи установки - 90 дБА. Уровни шума на рабочем месте (РМ) оператора согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96

«Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки»[3] превышают предельно-допустимые в интервале частот 63 - 8000 Гц на 10-35 дБ. Уровни звукового давления (УЗД) в октавных полосах частот внутри камеры дробеструйной обработки на рабочем месте оператора представлены на рисунке 1.

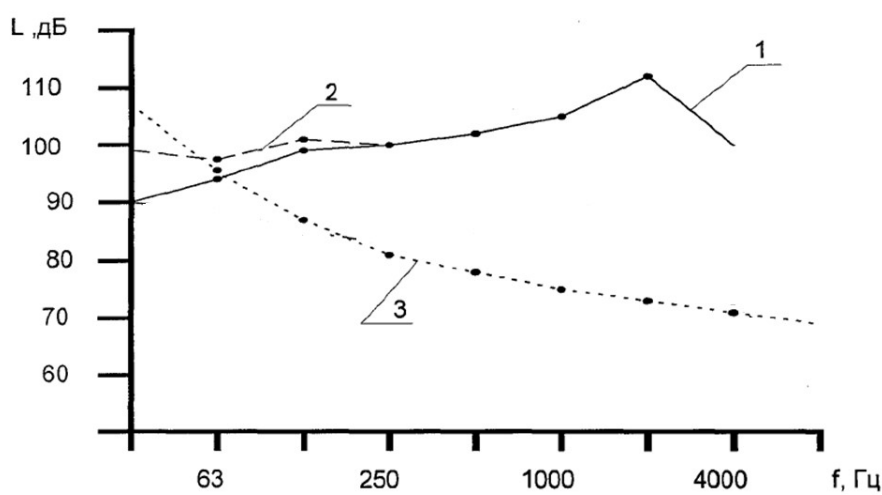


Рис. 1. Спектры шума внутри камеры на РМ оператора: «фоновый» УЗД (подача только сжатого воздуха, без дробы), 2 – УЗД рабочего процесса (с дробью)[1], 3 – норматив шума по СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96

Как видно из представленных данных, основное влияние на формирование акустического поля внутри камеры оказывает шумоизлучение сжатого воздуха, то есть аэродинамический шум.

Спектры шума внутри камеры в разных ее точках представлены на рисунке 2.

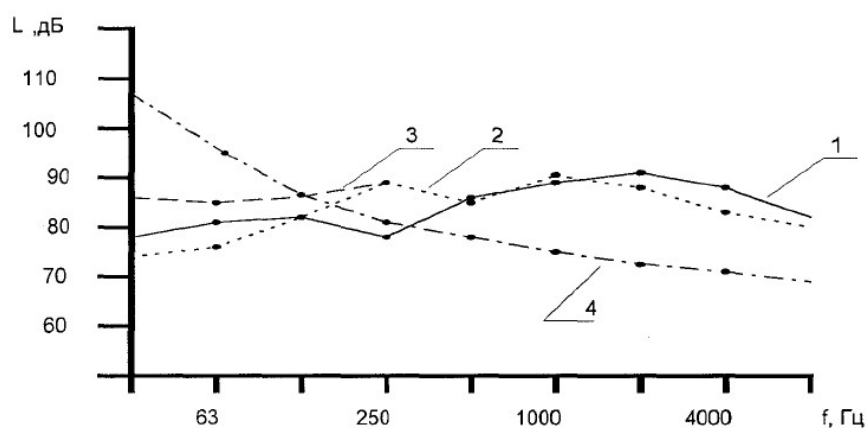


Рис. 2. Спектры шума внутри камеры: 1 –УЗД около двери; 2 –УЗД справа от двери; 3 –УЗД при подаче дробы; 4 - норматив шума по СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96

Из графика видно, что в интервале частот от 250 Гц до 8000 Гц уровни шума, превышают нормативно-допустимые значения на 8 – 20 дБ. Около дверей установки наблюдаются максимальные уровни шума. Это связано с тем, что в нижней части двери, для ввода троса тележки, имеется отверстие. Уровень шума значительно снижается справа от двери на 5 – 7 дБ в интервале частот от 1000 Гц до 4000 Гц. Рабочий процесс также приводит к увеличению уровней шума только в низкочастотной части спектра до 125 Гц.

Для снижения уровня шума на РМ оператора нами предложен метод увеличения эквивалентной площади звукопоглощения A , м^2 , дробеструйной камеры (и, как следствие, увеличение ее постоянной помещения B , м^2) путем облицовки ограждающих конструкций камеры плоскостными ЗП поглотителями. Для этого был проведен представленный ниже акустический расчет возможного снижения УЗД и УЗ на РМ оператора при использовании вышеуказанного метода [4, 5].

Площадь ограждающих перегородок камеры находится по формуле (1):

$$S_{\text{огр}} = 2 \cdot (L \cdot D \cdot H + H \cdot D), \text{ м}^2 \quad (1)$$

$$S_{\text{огр}} = 2 \cdot (16 \cdot 4 + 16 \cdot 4,5 + 4 \cdot 4,5) = 308 \text{ м}^2,$$

где L — длина помещения, м;

D — ширина помещения, м;

H — высота помещения, м.

Средний коэффициент звукопоглощения до (α) и после (α_1) установки звукопоглотителей находятся по формулам (2) и (3):

$$\alpha = \frac{B}{B + S_{\text{огр}}}, \quad (2)$$

$$\alpha_1 = (A_1 + \Delta A) S_{\text{огр}}, \quad (3)$$

где B — постоянная помещения, м^2 ;

A_1 — эквивалентная площадь звукопоглощения поверхностями, не занятыми звукопоглощающей облицовкой, м^2 ;

ΔA — звукопоглощение, вносимого звукопоглотителями, м^2 .

Значение дополнительного звукопоглощения, вносимого звукопоглотителями, рассчитывается по формуле (4):

$$\Delta A = \alpha_{\text{обл}} \cdot S_{\text{обл}} + A_{\text{шт}} \cdot n_{\text{шт}}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{обл}}$ — реверберационный коэффициент звукопоглощения, в октавных полосах частот, дополнительной звукопоглощающей облицовки;

$S_{\text{обл}}$ — площадь облицовки, м^2 ;

$A_{\text{шт}}$ — эквивалентная площадь звукопоглощения в октавных полосах частот одного штучного звукопоглотителя, м^2 ;

$n_{\text{шт}}$ — количество звукопоглотителей, шт.

Значение звукопоглощения необлицованных ограждающих поверхностей рассчитывается по формуле (5):

$$A_1 = \alpha (S_{\text{огр}} - S_{\text{обл}}), \quad (5)$$

где α — средний коэффициент звукопоглощения помещения до установки звукопоглощающей конструкции;

Постоянные помещения до (B) и после (B_1) установки звукопоглотителей можно определить по формулам (6) и (7):

$$B = B_{1000} \cdot \mu, \quad (6)$$

$$B_1 = (A_1 + \Delta A)/(1 - \alpha_1), \quad (7)$$

где B_{1000} — постоянная помещения на среднегеометрической частоте 1000 Гц, м²;
 μ — частотный множитель.

Максимальное снижение УЗД в расчетной точке, расположенной в зоне отраженного звука, при установке звукопоглощающей конструкции рассчитывается по формуле (8):

$$\Delta L = 10 \lg(B_1/B), \text{ дБ}. \quad (8)$$

В результате расчетов была выбрана конструкция облицовки, состоящая из:

- супертонкого базальтового волокна;
- стеклоткани типа Э-0,1 (ГОСТ 19907 – 2015)[6];
- просечно-вытяжного листа толщиной 2 мм, коэффициент перфорации 54%.

Средняя плотность звукопоглощающего материала = 15 кг/м³. Диаметр отверстия – 3 мм. Воздушный промежуток - 0 м. Форма звукопоглощающих облицовок - параллелепипед с размерами 4000*1000*100 мм.

Следовательно, в дробеструйную камеру с размерами 16*4*4,5 м можно установить 20 звукопоглощающих облицовок по периметру стен на высоте 2,5 метра от пола.

Расчетные данные со звукопоглощающей облицовкой и без нее приведены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные данные звукопоглощения в дробеструйной камере с облицовкой и без нее

Расчитанные параметры	Среднегеометрические частоты, Гц, октавных полос							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постоянная помещения, (В, м ²), до/после установки звукопоглощ. конструкции	9,36 / 23,00	8,93 / 62,2	9,22 / 164,7	10,81 / 176,6	14,40 / 178,6	21,60 / 185,8	64,56 / 194,4	60,48 / 215,6
Средний коэффициент звукопоглощения, α , до/после установки звукопоглощ. конструкции	0,029 / 0,069	0,028 / 0,176	0,029 / 0,329	0,034 / 0,364	0,045 / 0,367	0,066 / 0,376	0,100 / 0,387	0,164 / 0,412
Экв. площадь звукопоглощения при необлицованных ограждающих поверхностях, A_1 , м ²	6,612	6,384	6,612	7,752	10,26	15,05	22,80	37,40
Значение дополнительного звукопоглощения, вносимого звукопоглотителями, ΔA , м ²	14,8	45,4	95,0	104,6	101,5	101,0	96,4	89,4

Таблица 1 (Продолжение)

Максимальное снижение УЗД в расчетной точке, расположенной в зоне отраженного звука, при установке ЗП облицовок, ΔL , дБ	3,9	6,4	12,5	12,1	10,9	9,3	7,5	5,5
--	-----	-----	------	------	------	-----	-----	-----

Для расчета уровня звука на рабочем месте оператора после проведения указанных шумозащитных мероприятий необходимо использовать справочные корректирующие поправки (ΔL_i , дБ) в i -ой октаве согласно шкале частотной коррекции А. Так как УЗ является одночисловой характеристикой шума, то данные поправки позволяют учесть неравномерность субъективного восприятия шума человеком в зависимости от частоты, а именно: значительную «тугоухость» слухового анализатора на низких частотах и сравнительно небольшую – на высоких. Величины скорректированных (по шкале А) октавных УЗД (L_i , дБ) определяются по формуле (9):

$$L_i = L_{2i} - \Delta L_i, \text{ дБ}, \quad (9)$$

где L_{2i} – УЗД (дБ) в i -той октаве после внедрения звукопоглощающих конструкций, дБ.

Расчетные значения октавных УЗД после внедрения звукопоглощающих облицовок (с учетом корректирующих поправок по шкале А) приведены в таблице 2.

Таблица 2
Значения УЗД

Среднегеометрические частоты, Гц, октавных полос	«Фоновый» УЗД после внедрения звукопоглощающих облицовок (L_{2i}), дБ	Поправка для частотной коррекции по шкале А (ΔL_i), дБ	Корректированный по шкале А уровень звукового давления после внедрения звукопоглощающих облицовок (L_i), дБ
63	91,1	26,3	64,8
125	91,6	16,1	75,5
250	89,5	8,6	80,9
500	90,9	3,2	87,7
1000	94,1	0	94,1
2000	101,5	-1,2	102,7
4000	93,5	-1	94,5
8000	84,5	1,1	83,4

Следовательно, уровень звука (L_A , дБА) после внедрения шумозащитных мероприятий, рассчитывается по формуле (10):

$$L = 10 \lg(\sum 10^{0,1 \cdot L_{Ai}}) = 104,0, \text{ дБА.} \quad (10)$$

Предложенные шумозащитные мероприятия значительно снизят как «фоновый» уровень шума в дробеструйной камере, так и уровень шума при рабочем процессе. Уровни шума до и после установки звукооглощающих конструкций изображены на рисунке 3.

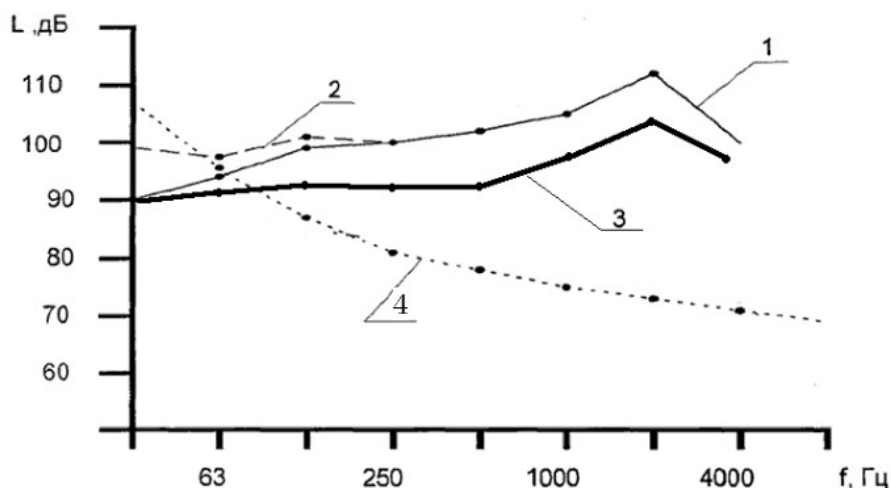


Рис. 3. «Фоновый» УЗД (подача только сжатого воздуха), 2 – УЗД рабочего процесса (до установки ЗП облицовки), 3 – УЗД рабочего процесса (после установки ЗП облицовки), 4 – норматив шума по СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96

В связи с проведением шумозащитных мероприятий уровень звука снизится на $111,5 - 104,0 = 7,5$ дБА, благодаря чему понизится класс условий труда на РМ оператора по фактору шума (без учета длительности работы дробеструйщика в смену) с 3.4 до 3.3.

В качестве средства индивидуальной защиты оператора от шума на рабочем месте нами предложено оснастить защитный шлем дробеструйщика противошумовыми наушниками (рисунок 4), что позволит еще более снизить класс условий труда по фактору шума.



Рис. 4. Шлем дробеструйщика с противошумовыми наушниками

Заключение

В данной статье рассмотрен процесс дробеструйной обработки крупногабаритных деталей на ЗАО «Экспериментальный механический завод». На основе инженерного исследования процесса дробеструйной обработки выявлено значительное превышение уровня шума в дробеструйной камере над нормативными значениями (фактор выявлен вследствие измерения условного «фонового» уровня шума).

В ходе работы были предложены методы по снижению уровня шума в дробеструйной камере, а именно: подобраны и спроектированы средства коллективной шумозащиты (установка 20-ти ЗП облицовок), проведен акустический расчет уровней шума на рабочем месте оператора после внедрения шумозащитных мероприятий, а также предложено оснащение защитного шлема дробеструйщика противошумовыми наушниками. Благодаря этому снижен класс условий труда операторов дробеструйной обработки по фактору шуму от 3.4 до 3.3.

Список литературы

1. Капустянский А. М. Методы снижения шума при проектировании и эксплуатации дробеструйных и пескоструйных установок: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Донской государственный технический университет. – Ростов-на-Дону. – 2001.
2. Оборудование для антикоррозионных работ // BlastServis. [электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://blastservis.ru/kat/drobestruynaya-kamera-linii-drobeochistki/kamera-drobestruynoi-obrabotki/ochistka-metalla> (дата обращения 28.01.2020).
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – 1996.
4. И.Г. Трунова, А.Б. Элькин, В.М. Смирнова, Выбор и расчет средств защиты от шума и вибрации. – Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. – Нижний Новгород. – 2012 г.
5. Гудков П.А., Элькин Ю.И. Снижение уровней шума на рабочих местах на базе филиала службы пути ГУП «Мосгортранс» // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 4-5. – С. 732-733.
6. ГОСТ 19907 – 2015 Ткани электроизоляционные из стеклянных крученых комплексных нитей. Технические условия. - 2015.

References

1. Kapustyansky A.M. Methods of noise reduction in the design and operation of shot blasting and sandblasting plants: a dissertation for the degree of candidate of technical sciences. - Don State Technical University. - Rostov-on-Don. - 2001.
2. Equipment for anticorrosion work // BlastServis. [electronic resource] - Access mode. - URL: <http://blastservis.ru/kat/drobestruynaya-kamera-linii-drobeochistki/kamera-drobestruynoi-obrabotki/ochistka-metalla> (accessed 01.01.2020).
3. SN 2.2.4 / 2.1.8.562-96 Noise at workplaces, in premises of residential, public buildings and in residential areas. - 1996.

-
4. I.G. Trunova, A.B. Elkin, V.M. Smirnova, Selection and calculation of protection against noise and vibration. - Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva. - Nizhny Novgorod. – 2012.
 5. Gudkov P.A., Elkin Yu.I. Decrease in noise levels at workplaces on the basis of the branch service of the State Unitary Enterprise Mosgortrans // International Student Scientific Herald. - 2017. - № 4-5. – P.P 732-733.
 6. GOST 19907 - 2015 Dielectric fabrics made of glass twisted complex threads. Specifications. – 2015.