

УДК: 331.446.4  
OECD: 02.07.ZQ

## Разработка организационно-технических мероприятий, направленных на борьбу с шумовым воздействием на рабочем месте водителя погрузчика

Гусева А. А.

Студент, кафедра Безопасности производств, Санкт-Петербургский Горный университет,  
г. Санкт-Петербург, РФ

### Аннотация

При трудовом процессе производственные факторы не должны оказывать вредное воздействие на работающего. В представленной работе рассмотрено шумовое воздействие на рабочем месте водителя погрузчика. Если каждый день на человека воздействует интенсивный шум, то это может приводить, в том числе, к возникновению профессионального заболевания - тугоухости, симптомом которого является потеря слуха. Для снижения воздействия шума произведён выбор звукоизолирующего материала для обшивки кабины. После обшивки кабины транспортного средства выполнены расчеты эквивалентного уровня шума от источников: от работы двигателя, от выпуска. На основе расчета ожидаемого уровня звука в кабине погрузчика после обшивки звукоизоляционным материалом определен класс условий труда. Использована карта специальной оценки условий труда (далее – СОУТ) от организации, протокол оценки условий труда по показателям тяжести и напряженности трудового процесса.

**Ключевые слова:** вредные производственные факторы, шумовое воздействие, звукоизоляция, улучшение условий труда, расчет эквивалентного уровня шума, звукоизолирующий материал.

### *Development of organizational and technical measures aimed at combating noise exposure at the workplace of the loader driver*

Guseva A. A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Student, Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia

### Abstract

*During the labor process, production factors should not have a harmful effect on the worker. In the presented work, the noise impact at the workplace of the loader driver is considered. If an intense noise affects a person every day, then this can lead, among other things, to the occurrence of an occupational disease - hearing loss, the symptom of which is hearing loss. To reduce the impact of noise, a sound-proofing material was selected for the cabin cladding. After covering the cab of the vehicle, calculations of the equivalent noise level from sources were performed: from engine operation, from exhaust. Based on the calculation of the expected sound level in the loader cab after cladding with sound-proof material, the class of working conditions is determined. The map of the special assessment of working conditions from the organization, the protocol of assessment of working conditions on indicators of severity and intensity of the labor process was used.*

**Keywords:** harmful production factors, noise exposure, sound insulation, improvement of working conditions, calculation of the equivalent noise level, sound insulation material.

## Введение

При трудовом процессе производственные факторы не должны оказывать вредное воздействие на работающего. Для обеспечения достойных и безопасных условий труда сотрудников необходимо снижать воздействие вредных производственных факторов на человека, т.к. их воздействие повышает затраты производства [1].

Третьим по распространенности заболеванием в мире среди взрослых людей является потеря слуха [2]. Целями работы являются снижение воздействия уровня шума и его расчет после обшивки кабины транспортного средства звукоизолирующими материалами.

Согласно протоколу проведения исследований и измерений шума, при проведении СОУТ, эквивалентный уровень звука при продолжительности воздействия 7,2 часа составляет 82 дБА (продолжительность воздействия 7,2 часа указана в карте СОУТ). Результаты превышают предельно-допустимый уровень (далее – ПДУ) согласно таблице 4 «Классы условий труда в зависимости от уровней шума, локальной, общей вибрации, инфра- и ультразвука на рабочем месте» Руководства по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда [3], поэтому класс условий труда (к.у.т.) 3.1 (вредный).

Так как в кабине погрузчика DFG-430 источником шума является двигатель S4S, то наиболее целесообразным будет понижать шум непосредственно в самой кабине погрузчика. Произведем расчет снижения шумового воздействия путем обшивки кабины материалом СГМ-изол И8 в 2 слоя (SGM-izol I, толщина 20 мм).

Звукоизолирующий материал СГМ-изол И8 изготавливается по ТУ 2254-002-26120078-2014 [4] и не подлежит обязательному подтверждению соответствия требованиям части 4 статьи 145 Федерального закона от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [5] и применяется для обеспечения акустического комфорта при эксплуатации автомобильного и других видов транспорта, машин и механизмов. Скорость горения СГМ-изол И8 составляет менее 100 мм в минуту.

Минимальное рабочее пространство вокруг оператора в спецодежде для работы в положении сидя, ограниченное внутренними размерами кабины, установленное в соответствии с ГОСТ 12.2.011-2012 «ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные» [6] и ГОСТ Р ИСО 3411-99 «Машины землеройные. Антропометрические данные операторов и минимальное рабочее пространство вокруг оператора» [7], должно быть не менее 920 мм. При облицовке кабины погрузчика DFG-430 звукоизолирующим материалом СГМ-изол И8 в 2 слоя ширина кабины (свободное пространство) уменьшится до 1216 мм, что соответствует эргономическим требованиям, предъявляемым к рабочему пространству вокруг оператора [8].

Для расчета уровня шума на рабочем месте будут использоваться методики, предложенные Ивановым Н.И. [9].

### 1. Исходные данные

Исходные данные:

1. Геометрические размеры кабины. Данные из технического паспорта.
2. Характеристику источника шума и выпуска принимаем по табл. 1 (данные взяты из технического паспорта).
3. Все ограждения в кабине принимаем выполненными из стали, обшитыми выбранным звукоизолирующим материалом. Звукоизоляцию (SI), дБ принимаем согласно табл. 2 (данные взяты из технического паспорта).

Таблица 1

Уровни звуковой мощности для двигателя  $L_{wD}$  и выпуска  $L_{wExh}$ , дБ

	Октавная полоса со среднегеометрической частотой, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$L_{wD}$	97	97	99	101	98	100	99	99
$L_{wExh}$	62	67	72	77	77	74	68	64

Таблица 2

Звукоизоляция стального ограждения и стального ограждения, обшитого звукоизолирующим материалом, дБ [10]

Ограждение	Октавная полоса со среднегеометрической частотой, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Сталь	19	20	22	25	30	31	30	32
Сталь + 2-х сл. СГМ-изол И8	30	31	35	35	40	41	38	39

Двигатель размещается в моторном отсеке, шум от дизельного двигателя ( $L_{Dwall}^{cab}$ ) проходит через перегородку между кабиной и моторным отсеком, далее через ограждения капота и затем через панели кабины, исключая пол, перегородку ( $L_{Dhood}^{cab}$ ) [11]. Шум выпуска ( $L_{Exh}^{cab}$ ) проникает в кабину через все ограждения, за исключением перегородки, через которую проходит шум от двигателя внутреннего сгорания и пола (рис.1) [8].



Рис. 1. Схема распространения звука от источников в кабину

## 2. Расчет ожидаемого уровня шумового воздействия

Расчет ожидаемого уровня в кабине погрузчика состоит из 4-х частей:

1. Расчет шума от работы двигателя через перегородку между двигателем и кабиной на частоте 63 Гц:

$$C_1(\omega) = 10 \cdot \lg\left(\frac{x_{hood}}{4\pi r_D^2} + \frac{4\psi_{hood}}{B_{hood}}\right) = 10 \cdot \lg\left(\frac{1,5}{4 \cdot 3,14 \cdot 1,1^2} + \frac{4 \cdot 0,9}{0,4}\right) = 7,1 \text{ дБ}; \quad (1)$$

$$B_{hood} = \frac{A_{hood}}{1 - \alpha_{hood}} = \frac{\alpha_{hood} \cdot S_{hood}}{1 - \alpha_{hood}} = \frac{0,19 \cdot 1,8}{1 - 0,19} = 0,4 \text{ м}^2; \quad (2)$$

$$b_1 = 10 \cdot \lg \frac{S_{wall}}{S_{hood}} = 10 \cdot \lg \frac{0,9}{1,8} = -3,0, \quad (3)$$

где  $x_{hood}$  - коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля;  $r_D^2$  - расстояние от двигателя до панели капота, м;  $\psi_{hood}$  - коэффициент, учитывающий нарушение диффузности звукового поля под капотом;  $C_1(\omega)$  - показатель для расчета;  $B_{hood}$  - постоянная капота, м<sup>2</sup>;  $A_{hood}$  - звукопоглощение капота, м<sup>2</sup>;  $\alpha_{hood}$  - средний коэффициент звукопоглощения под капотом;  $S_{hood}$  - общая площадь капота м<sup>2</sup>;  $S_{wall}$  - площадь перегородки м<sup>2</sup>,  $b_1$  - параметр введен для упрощения расчёта.

Площадь кабины  $A_{cab}$ :

$$A_{cab} = \alpha_{cab} \cdot S_{cab} = 0,3 \cdot 12,5 = 3,8 \text{ м}^2 \quad (4)$$

где  $S_{cab}$  - общая площадь панелей ограждения кабины м<sup>2</sup>;  $\alpha_{cab}$  - средний коэффициент звукопоглощения в кабине.

Значение для площади перегородки высчитываем:

$$A_3(\omega) = 10 \cdot \lg \frac{S_{wall}}{A_{cab}} = 10 \cdot \lg \frac{0,9}{3,8} = -6,2 \text{ дБ} \quad (5)$$

$\overline{SI}_{wall}$  - приведенная звукоизоляция перегородки, дБ. Приведенная звукоизоляция перегородки будет равна звукоизоляции перегородки  $SI_{wall}$ , так как перегородка состоит из одной панели:

$$\overline{SI}_{wall} = SI_{wall}. \quad (6)$$

Шум от двигателя  $L_{Dwall}^{cab}$  через перегородку между моторным отсеком и кабиной на частоте 63 Гц, дБ:

$$\begin{aligned} L_{Dwall}^{cab} &= L_{wD} + C_1(\omega) + b_1 + A_3(\omega) - \overline{SI}_{wall} + 6 = \\ &= 103 + 7,1 - 3,0 - 6,2 - 30 + 6 = 76,9 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (7)$$

2. Расчет шума от двигателя, который проходит через ограждения капота, затем через панели кабины, исключая пол, перегородку  $L_{Dhood}^{cab}$  на частоте 63 Гц:

$$b_3 = 10 \cdot \lg \frac{S_{hood}}{S_{hood}} = 0 \text{ дБ}, \quad (8)$$

$$A_1(\omega) = 10 \cdot \lg \frac{\sum_{i=1}^n S_{cab.i}}{A_{cab}} = 10 \cdot \lg \frac{12,7}{3,8} = 5,2 \text{ дБ} \quad (9)$$

Где  $S_{cab.i}$  площадь i-го ограждения кабины, м<sup>2</sup>;  $A_1(\omega)$  - значение для всей кабины без перегородки и пола;  $b_3$  - параметр введен для упрощения расчёта.

Площадь кабины  $A_{cab2}$  считаем как общую площадь кабины, полученную в предыдущей части расчетов за вычетом площади пола и перегородки:

$$A_{cab2} = \alpha_{cab} \cdot S_{cab2} = 0,3 \cdot 12,7 = 3,8 \text{ м}^2 \quad (10)$$

Звукоизоляция кабины  $\overline{SI}_{cab}$ :

$$\overline{SI}_{cab} = 10lg \left( \frac{\sum_{i=1}^n S_{cab.i}}{\sum_{i=1}^n S_{cab.i} \cdot 10^{-0,1(SI_{cab.i} + t_{cab.i})}} \right) = 10lg \frac{12,7}{12,7 \cdot 10^{-0,1(19+5)}} = 24 \text{ дБ} \quad (11)$$

где  $SI_{cab.i}$  - звукоизоляция  $i$ -го элемента кабины, дБ;  $t_{cab.i}$  - добавка к звукоизоляции ограждения в зависимости от расположения панели, дБ.

Звукоизоляция капота  $\overline{SI}_{hood}$ :

$$\overline{SI}_{hood} = 10lg \left( \frac{S_{hood}}{S_{hood} \cdot 10^{-0,1(SI_{hood.i} + t_{hood.i})}} \right) = 10lg \frac{1,8}{1,8 \cdot 10^{-0,1(19+5)}} = 24 \text{ дБ} \quad (12)$$

где  $SI_{hood.i}$  - звукоизоляция  $i$ -го элемента капота, дБ;  $t_{hood.i}$  - добавка к звукоизоляции ограждения в зависимости от расположения панели, дБ.

Шум от двигателя  $L_{Dhood}^{cab}$  ограждения капота и далее через панели кабины, исключая перегородку и пол на частоте 63 Гц, дБ:

$$\begin{aligned} L_{Dhood}^{cab} &= L_{wD} + C_1(\omega) + b_3 + A_1(\omega) - \overline{SI}_{cab} - \overline{SI}_{hood} + 6 = \\ &= 103 + 7,1 + 0 + 5,2 - 24 - 24 + 6 = 73,3 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (13)$$

3. Расчет шума от выпуска  $L_{Exh}^{cab}$ , проникающего в кабину через все ограждения, за исключением перегородки, через которую проходит шум от двигателя и пола на частоте 63 Гц:

$$a_1 = 20lg \frac{R_{Exh}}{r_{Exh}} = 20lg \frac{1,6}{0,25} = 16,1; \quad (14)$$

$$\begin{aligned} L_{Exh}^{cab} &= L_{wExh} - a_1 - \overline{ZI}_{cab} + A_3(\omega) + D - \beta_{Exh} + 6 = \\ &= 62 - 16,1 - 24 - 6,12 - 4 + 8 + 6 = 13,7 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (15)$$

где  $R_{Exh}$  - расстояние от среза выпускной трубы до рабочего места, м;  $r_{Exh}$  - постоянная для расчета шума от выпуска;  $D$  - показатель направленности выпуска;  $\beta_{Exh}$  - добавка, учитывающая расположение выпускной трубы.

4. Расчет эквивалентного уровня звука от всех источников на рабочем месте погрузчика на частоте 63 Гц:

$$\begin{aligned} L_{cab} &= 10lg(10^{0,1 \cdot L_{Dwall}^{cab}} + 10^{0,1 \cdot L_{Dhood}^{cab}} + 10^{0,1 \cdot L_{Exh}^{cab}}) = \\ &= 10lg(10^{0,1 \cdot 76,9} + 10^{0,1 \cdot 73,3} + 10^{0,1 \cdot 13,7}) = 78,5 \text{ дБ}. \end{aligned} \quad (16)$$

Результаты расчетов представлены в табл. 3.

Таким образом, общий ожидаемый уровень звука в кабине погрузчика после обшивки кабины звукоизолирующим материалом СГМ-изол И8 в 2 слоя рассчитывается по формуле:

Таблица 3

Результаты расчетов ожидаемых параметров шума в кабине

	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$C_1(\omega)$	7,1	6,4	5,7	5,3	4,8	4,6	4,	3,9
$B_{hood}$	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9	1,0
$A_3(\omega)$ , дБ	-6,2	-8,4	-6,2	-6,2	-6,2	-6,2	-6,2	-9,2
$A_{cab}, M^2$	3,8	6,3	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	7,5
$b_1$	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0	-3,0
$SI_{wall}$ , дБ	30,0	31,0	35,0	35,0	40,0	41,0	38,0	39,0
$L_{Dwall}^{cab}$ , дБ	76,9	71,9	67,5	68,1	61,5	60,4	62,0	56,7
$b_3$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$A_1(\omega)$ , дБ	5,2	3,0	5,2	5,2	5,2	5,2	5,2	2,2
$A_{cab2}, M^2$	3,0	5,1	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	6,1
$SI_{hood}$ , дБ	24,0	25,0	27,0	30,0	35,0	36,0	35,0	37,0
$SI_{cab}$ , дБ	24,0	25,0	27,0	30,0	35,0	36,0	35,0	37,0
$L_{Dhood}^{cab}$ , дБ	73,3	67,4	62,9	57,5	45,9	43,8	44,5	36,1
$a_1$	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1	16,1
$L_{Exh}^{cab}$ , дБ	13,7	15,5	20,7	22,7	17,7	13,7	8,7	-0,3
$L^{cab}$ , дБ	78,5	73,2	68,8	68,5	61,7	60,5	62,1	56,7

$$L_{full}^{cab} = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m 10^{0,1L_i^{cab} + k_i} \right) = 75,5 \text{ дБА.} \quad (17)$$

где  $m$  – число среднегеометрических частот октавных полос;  $k_i$  – поправочный коэффициент, соответствующий частотной характеристике А шумомера для  $i$ -й октавной полосы, дБ (табл. 4).

Таким образом, определено снижение шума с 82 дБА до 75,5 дБА.

Таблица 4

Значения поправочного коэффициента  $k_i$ , соответствующего частотной характеристике А шумомера для октавных полос

	Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$k_i$ , дБ	-26,0	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	-1,1

### Заключение

В результате расчета был определен ожидаемый уровень звука в кабине погрузчика после обшивки кабины звукоизолирующим материалом СГМ-изол И8 в 2 слоя, который равен 75,5 дБА. Данный метод улучшения условий труда позволяет снизить класс условий труда по шуму с с вредного 3.2 до допустимого 2.

Таким образом цель расчетов считается достигнутой, а метод обшивки кабины погрузчика можно считать эффективным, так как данное мероприятие позволит снизить негативное воздействие шума на работников, создать для них лучшие условия труда.

### Список литературы

1. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Решения актуальных проблем виброзащиты на автопогрузчиках // Сборник статей II Международной научно-технической конференции «Проблемы исследования проектирования машин». - Пенза, 2006, - 194с.
2. Айрбабамян С.А., Бангоян Э.Г. Снижение шума автопогрузчиков // Сборник материалов Второй Всероссийской студенческой научно-технической конференции «Экология и безопасность». - Тула: Изд-во ТулГУ, 2006, - 120с. - Текст : непосредственный.
3. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда.
4. ТУ 2254-002-26120078-2014.
5. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
6. ГОСТ 12.2.011-2012 «ССБТ. Машины строительные, дорожные и землеройные».
7. ГОСТ Р ИСО 3411-99 «Машины землеройные. Антропометрические данные операторов и минимальное рабочее пространство вокруг оператора».
8. Юдин Е.Я., Никольский В.Н. Справочник проектировщика. Защита от шума. - М.: Стройиздат, 1974. - 134 с.
9. Иванов Н.И. Инженерная акустика. Теория и практика борьбы с шумом. Учебник. - М.: Университетская книга, Логос, 2008. - 424 с. - ISBN 978-5-9870-286-0. - Текст : непосредственный.
10. Поспелов П.И. Проблемы акустического обоснования при проектировании шумозащитных экранов // Наука и техника в дор. отрасли. - 2001. - № 4. - С. 12-14. - Текст : непосредственный.
11. Юдина Т.В. Борьба с шумом на производстве. - М.: Просвещение, 2004г.

### References

1. Ayrbabamyan S.A., Bangoyan E.G. Solutions to actual problems of vibration protection on forklifts // Collection of articles of the II International Scientific and Technical Conference "Problems of research of machine design". - Penza, 2006, - p.194 (rus).
2. Ayrbabamyan S.A., Bangoyan E.G. Noise reduction of forklifts // Collection of materials of the Second All-Russian Student Scientific and Technical Conference "Ecology and safety". - Tula: TulSU Publishing House, 2006, -p. 120 - Text: direct (rus).
3. R 2.2.2006-05. 2.2. Labor hygiene. Guidelines for the hygienic assessment of factors of the working environment and the labor process. Criteria and classification of working conditions.
4. TU 2254-002-26120078-2014.
5. Federal Law No. 123-FZ of 22.07.2008 "Technical Regulations on fire safety requirements".
6. GOST 12.2.011-2012 "SSBT. Construction, road and earthmoving machines".
7. GOST R ISO 3411-99 "Earthmoving machines. Anthropometric data of operators and the minimum working space around the operator".
8. Yudin E.Y., Nikolsky V.N. Designer's Handbook. Protection from noise. - M.: Sroyizdat, 1974. - 134 p.
9. Ivanov N.I. Engineering acoustics. Theory and practice of noise control. Textbook. - M.: University Book, Logos, 2008. - 424 p. - ISBN 978-5-9870-286-0. - Text : direct(rus).

10. Pospelov P.I. Problems of acoustic justification in the design of noise-proof screens // Science and technology in dor. industries. - 2001. - No. 4. - pp. 12-14. - Text : direct (rus).
11. Yudina T.V. The fight against noise in production. - M.: Enlightenment, 2004.