

УДК 628.517.2

DOI 10.22213/2410-9304-2018-3-28-34

РАЗРАБОТКА ШУМОЗАЩИТНОЙ КАБИНЫ ДЛЯ МАЛОГАБАРИТНОГО ТОКАРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. П. Тюрин, доктор технических наук, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

В статье представлен проект по разработке шумозащитной кабины применительно к малогабаритному токарному оборудованию для металлообработки. В качестве такого оборудования использован токарный станок MML 1830 V, предназначенный для использования в условиях малых мастерских. Разработка средств коллективной защиты в виде шумозащитных кабин для такого класса оборудования является актуальной проблемой в связи со смежностью жилых помещений при организации рабочего пространства на стадии пусконаладочных работ или работ, связанных с модернизацией. Одной из задач являлось уменьшение издержек на изготовление и используемые материалы в режиме поиска оптимальной по сложности конструкции для достижения достаточных значений уровней звука в октавных полосах частот, предусмотренных санитарными требованиями. Концепция звукоизоляции реализована на примере простейшей звукоизоляционной кабины, изготовленной из материала Изолон® и системы Joker. Шумоизмерительным средством для целей пилотного исследования являлось программное обеспечение SPL Meter. Определение разницы уровней звукового давления в октавных полосах частот проводилось при различных частотах вращения токарного патрона станка на холостом ходу. Установлено, что с увеличением частоты вращения увеличивается и уровень звука, дБА, однако разность звуковых давлений внутри и снаружи кабины остается практически одинаковой со среднегеометрическим значением в 7,6 дБА. Достигнутый максимальный уровень звука вне шумозащитной кабины в 75,6 дБА ниже нормативного значения в 80 дБА.

Ключевые слова: шум, уровень звукового давления, токарный станок, шумозащитная кабина.

Обозначение проблемы

В связи с развивающимся рынком металло- и деревообрабатывающего оборудования малых габаритных размеров возникает задача снижения шума от них. Особенно актуально это становится в случае установки оборудования по соседству с жилыми помещениями. Тогда снижение шума производственного оборудования становится важной задачей не столько для самого работника, но и для окружающего его персо-

нала, коллег. В соответствии с Санитарными нормами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», а также ГОСТ 12.1.036-81 (СТ СЭВ 2834-80) «Шум. Допустимые уровни в жилых и общественных зданиях» устанавливаются предельно допустимые уровни шумового воздействия, указанные в табл. 1 и 2.

Таблица 1. Предельно допустимые уровни шумового воздействия на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятий

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Таблица 2. Допустимые уровни звукового давления, уровни звука, эквивалентные и максимальные уровни звука проникающего шума в помещениях жилых и общественных зданий и шума на территории жилой застройки

Жилые комнаты квартир	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА	Максимальные уровни звука L_{dmax} , дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Днем	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55

Обзор существующих решений

Одним из простейших средств снижения шумового воздействия в помещении, а следовательно, и в смежных с ним при невозможности

модернизации конструкции оборудования является установка шумозащитной кабины. Шумозащитные кабины используются в различных условиях и применительно к различным объек-

там, различаются конструктивными особенностями. Основными областями использования принципа звукопоглощения и звукоизоляции с помощью шумозащитных кабин можно указать следующие:

1) снижение шума от станочного оборудования, например, станков с числовым программным управлением [1–5];

2) обеспечение специальных шумозащищенных условий при проведении аудиометрических исследований в аудиометрических камерах [6];

3) защита от повышенного шума водителей в кабинах строительной техники (экскаваторов, тракторов, лифтового оборудования) от проникающего шума работающего двигателя [7–10];

4) создание бесшумного пространства в заглушенных камерах, предназначенных для исследования шумозащитных свойств материалов [11];

5) проектирование кабин летательных аппаратов, как правило, вертолетов [12];

6) изготовление и эксплуатация телефонных будок [13].

Рассмотрим ключевые варианты реализации исследуемого средства коллективной защиты. Комплексный подход в проектировании шумопоглощающих кабин для целей аудиометрии реализован в проекте [04]. Стенки кабины, содержащей окно и шумопоглощающую дверь, выполнены из специализированных шумозащитных панелей толщиной 53 мм, пол покрыт антистатическим покрытием.

Вариант изготовления кабины по источнику [15] предполагает использование цельносварного металлического каркаса из профильной трубы с последующей обшивкой тела кабины металлическими листами толщиной 2 мм. Кабина предназначена для использования на открытом воздухе при температурах окружающей среды от -40 до $+50$ °С и защищена от воздействия атмосферных осадков. Шумоизоляция кабины в 28 дБ по ГОСТ 31299–2005 достигнута использованием стеклопакетов из многослойного ударопрочного стекла толщиной 25 мм. Дополнительно в теле кабины применен специальный шумопоглощающий материал. Габаритные размеры кабины 1100×1100×2000 мм.

Отдельные устройства предназначены одновременно для снижения шума и вибрации. К такому классу кабин, например, относится устройство, изготовленное по патенту на полезную модель [16]. Для снижения шума используются принципы звукоизоляции за счет многослойных звукопоглощающих материалов, а для снижения вибрации используется виброгашение с помо-

щью амортизационных устройств. Принцип звукоизоляции за счет использования многослойных облицовок реализован также в полезной модели «Portable port crane cab» по патенту [0]. Устройство может быть использовано в качестве кабины-прицепа для проведения активного отдыха.

Некоторые конструкции кабин предполагают использование инновационных материалов, которые в сочетании с известными принципами звукоизоляции приводят к хорошему положительному эффекту. Например, в кабине лифта, изготовленного по патенту «Elevator car sound-insulating structure» [0], используется материал Celotex®. Структура акустической перегородки, используемой в устройстве, включает три слоя шумопоглощающего материала Celotex®.

Устройством, для проектирования и изготовления которого ставились задачи, аналогичные настоящему проекту, можно считать малогабаритную акустическую камеру объемом $1,12 \text{ м}^3$ для проведения испытаний образцов площадью в $0,3 \text{ м}^2$ [0]. Одной из задач являлось уменьшение издержек на производство и используемые материалы в режиме поиска оптимального объема камеры для получения надежных значений измеряемых величин в камере на высоких и средних частотах. Сравнительные исследования измерений в изготовленной малогабаритной камере и акустической камере стандартного размера показали удовлетворительную сходимость результатов.

Реализация

Настоящее исследование выполнено в рамках программы улучшения условий труда токаря малогабаритного станочного оборудования и фокусируется на снижении шумового воздействия от него в окружающее пространство жилых помещений, примыкающих к мастерской. Концепция звукоизоляции реализована на примере простейшей звукоизоляционной кабины, изготовленной из материала Изолон® и системы Joker. Задача работы заключалась в выборе таких материалов для звукоизоляции и каркаса всей конструкции, затраты на которые при ограниченном бюджете являются минимальными, а требуемый уровень снижения шума в октавных полосах частот достиг бы величины, сравнимой со значениями, указанными в санитарных нормах в качестве допустимых. В минималистическом варианте в условиях ограниченного бюджета величина снижения шума должна быть достаточной для субъективного ощущения достаточности принятых мер.

Известно, что изолон используется в основном для целей теплоизоляции, а шумоизоляционные его свойства не велики по сравнению, например, с материалами, служащими для обеспечения акустического комфорта в автомобилях. Но в конкретном случае этот материал яв-

ляется наиболее подходящим для достижения цели. Он не пылит, не выделяет вредные вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые. Коэффициенты звукоизоляции изолона приведены в [20] и на рис. 1.

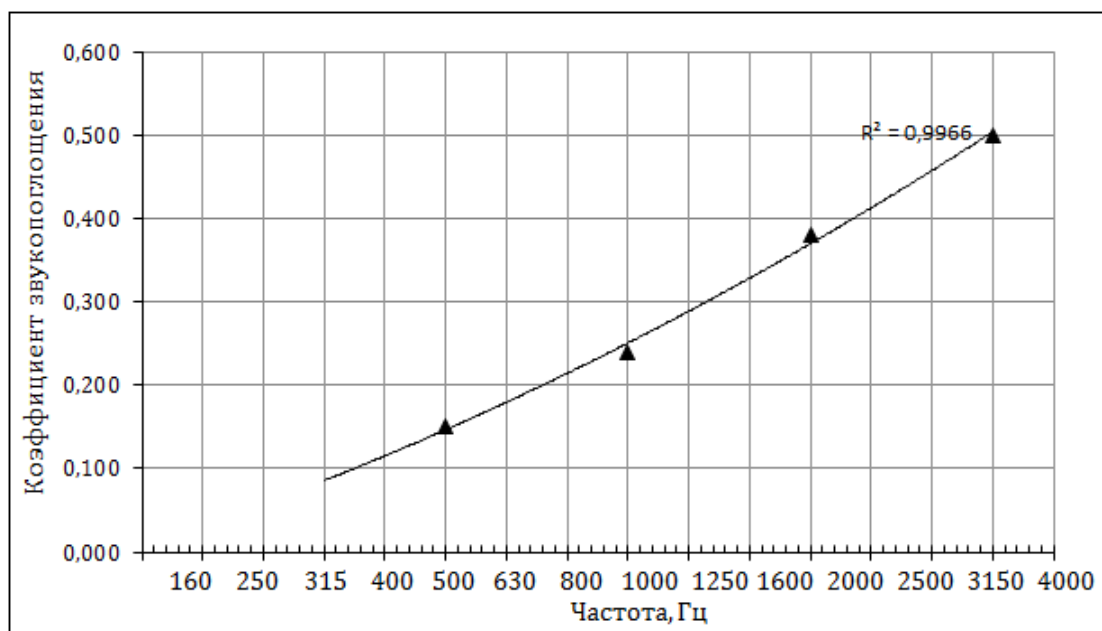


Рис. 1. Звукопоглощение изолона (кратность вспенивания 30, кажущаяся плотность 33 кг/м³)

Система Joker является совокупностью хромированных труб и крепежных элементов, позволяющих проектировать и быстро собирать прочные каркасы. Такая система успешно используется для оформления интерьера в торговых организациях. Для сборки каркаса с габаритными размерами 1600×1600×2500 мм в рамках настоящего проекта были использованы комплектующие, указанные в табл. 3.

Таблица 3. Комплектующие для сборки шумозащитной кабины

№ п/п	Наименование	Кол-во
1	Труба хромированная 0,7, D=25	18 м
2	Заглушки для трубы	4 шт.
3	Соединитель 3 труб угловой, Upo-04	8 шт.
4	Изолон фольгированный, S = 10 мм	12 м ²

Крепление изолона к каркасу кабины выполнялось с помощью пластиковых кабельных стяжек.

Готовая конструкция изображена на рис. 2,3.

Для оценки эффективности шумоизоляции кабины могут быть использованы профессиональные шумомеры, например, двухканального типа SV 102, но наиболее доступным средством для целей пилотного исследования было выбрано программное обеспечение SPL Meter (ссылка на сайт: <http://keuwl.com>). Определение разницы уровней звукового давления в октавных полосах частот проводилось при различных частотах вращения токарного патрона станка на холостом ходу.



Рис. 2. Общий вид шумозащитной кабины



Рис. 3. Вид на угловую часть шумозащитной кабины изнутри

Результаты и обсуждение

На рис. 4 показаны уровни звукового давления в октавных полосах частот для частоты вращения в 2000 об./мин. Характерной особенностью оказалось то, что на всех частотах вращения лучшая звукоизоляция достигается в октавных полосах частот со среднегеометрическими в 1000, 2000, 4000, 8000 Гц.

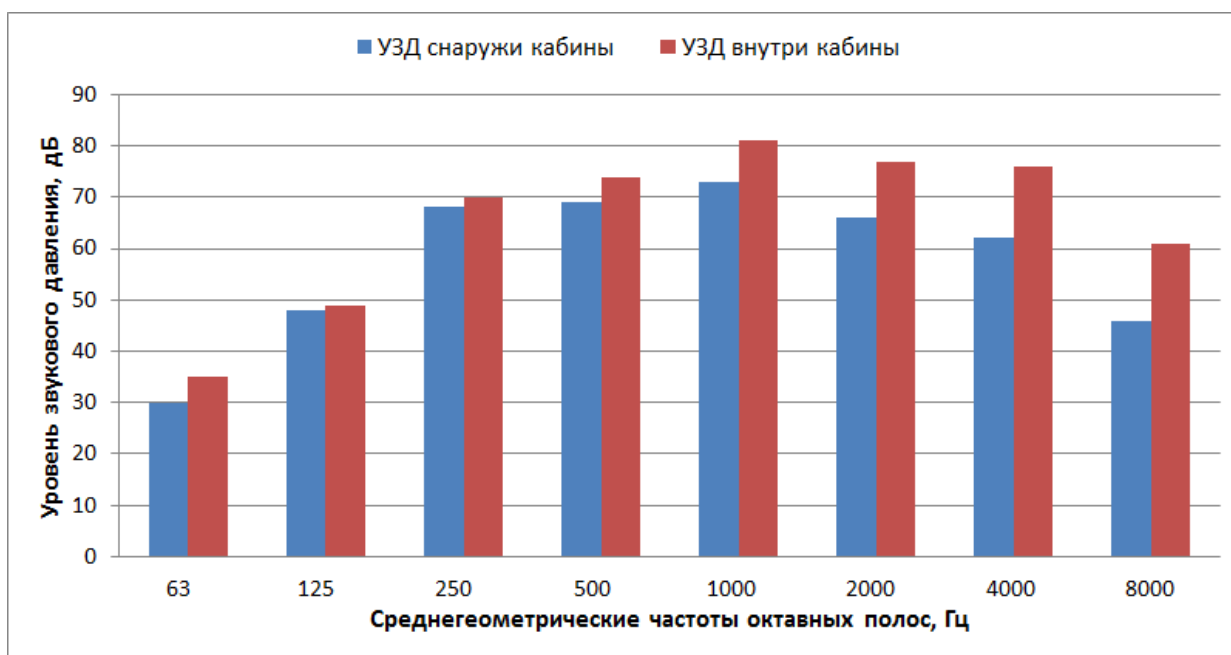


Рис. 4. Уровни звукового давления снаружи и внутри кабины на частоте в 2000 об./мин.

На рис. 5 представлены измеренные скорректированные по шкале А шумомера уровни звука внутри и снаружи кабины, а также их разница в зависимости от всего исследованного диапазона частот вращения токарного патрона. На рис. 5 видно, что с увеличением частоты вращения увеличивается и уровень звука, дБА, однако

разность звуковых давлений внутри и снаружи кабины остается примерно одинаковой со среднегеометрическим значением в 7,6 дБА. В табл. 4 представлены числовые значения измерений, полученных в рамках реализации проекта. Общая погрешность при измерении отдельных уровней звукового давления составляла ± 1 дБ.

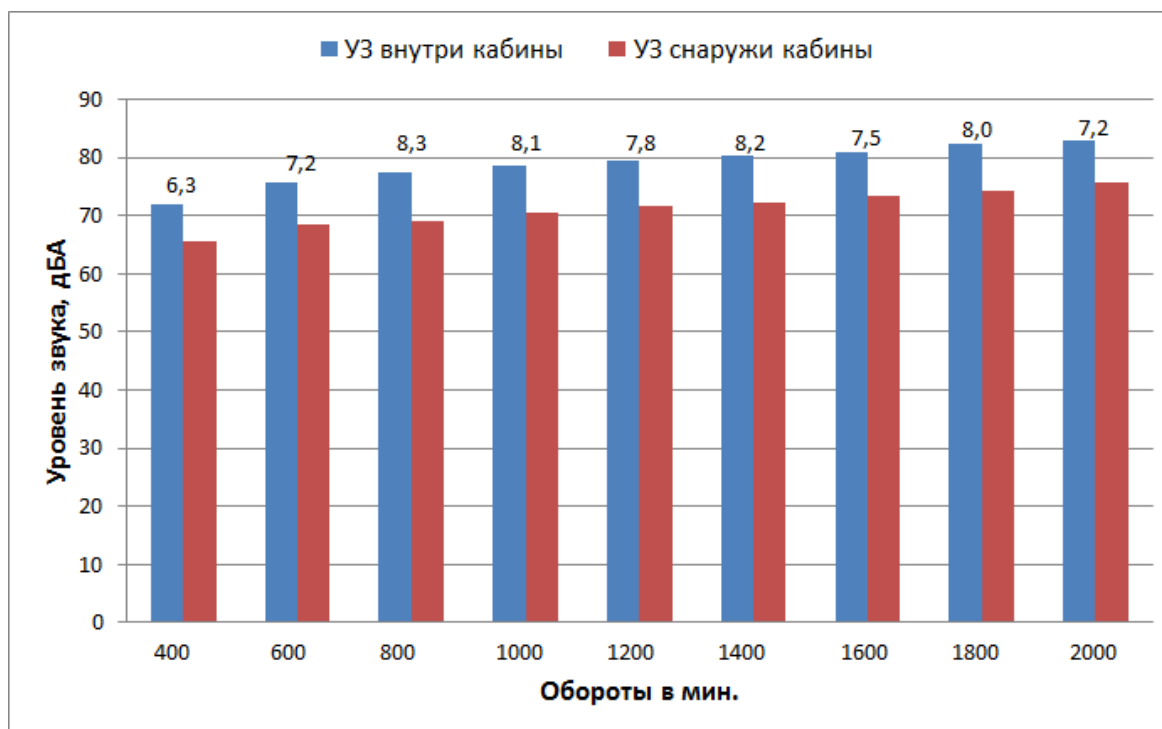


Рис. 5. Корректированные уровни звука внутри и снаружи шумозащитной кабины в зависимости от частоты вращения и разница между ними

Таблица 4. Уровни звукового давления при различных режимах работы оборудования

Частота вращения, об./мин	Уровень звукового давления в октавных полосах частот, Гц (внутри и снаружи кабины, соответственно)								Корректированный уровень звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
400	25	44	65	67	69	62	54	38	72,0
	25	41	60	58	63	54	48	35	65,7
600	30	44	67	67	77	68	64	47	75,7
	25	42	61	61	67	58	51	37	68,5
800	29	44	67	68	77	70	68	50	77,5
	25	41	62	60	67	60	54	38	69,2
1000	28	45	69	69	77	75	74	52	78,5
	24	41	62	62	68	61	56	38	70,4
1200	32	45	66	69	78	74	70	55	79,4
	26	43	63	63	70	62	59	40	71,6
1400	30	46	68	71	78	74	72	57	80,4
	29	44	62	62	70	64	59	41	72,2
1600	36	48	68	72	78	75	73	58	81,0
	30	44	65	66	72	64	60	43	73,5
1800	30	49	68	73	80	78	76	59	82,3
	29	48	66	66	72	66	61	46	74,3
2000	35	49	70	74	81	77	76	61	82,8
	30	48	68	69	73	66	62	46	75,6

Заключение

Достигнутый максимальный уровень звука вне шумозащитной кабины в 75,6 дБА ниже нормативного значения в 80 дБА. Субъективно, снижение уровня звука в октавных полосах частот при разных скоростях вращения токарного патрона является достаточным для обеспечения приемлемого уровня «тишины» в смежных жи-

лых помещениях. Использование изолонa в качестве шумоизоляционного материала позволяет снижать шум высокой частоты, от 1000 Гц. Для сравнения, достигнутая шумность совпадает с величиной шума при работе бытовых пылесосов стандартного класса моделей, уровень звука которых колеблется в диапазоне 75–80 дБА. Для обеспечения требований санитарного

законодательства по шуму рекомендуется использовать более эффективные, а следовательно, и дорогие шумозащитные материалы.

Разработка шумозащитной кабины, выполненной из доступных подручных материалов, позволяет организовать рабочее пространство для выполнения пусконаладочных работ токарного оборудования с его дальнейшей модернизацией в оборудование, например, с числовым программным управлением.

Библиографические ссылки

1. Гофропроизводство // Сайт компании. URL: <http://karton.pro/files/kabina.pdf> (дата посещения: 05.05.2018).

2. Шумоизоляционная кабина для станка С-25 (2018) // Запись на Авито: 6 мая в 15:08. URL: https://www.avito.ru/perm/oborudovanie_dlya_biznesa/s_humoizolyatsionnaya_kabina_dlya_stanka_s-25_1178844896 (дата посещения: 08.05.2018).

3. Звукоизоляционные и звукопоглощающие кабины и экраны (2018). URL: http://www.archiproducts.com/ru/продукты/silte/звукоизоляционная-и-звукопоглощающая-кабина-и-экран-flexifon_4349 (дата посещения: 10.05.2018).

4. Protocorner (2018) Sound Proof Box for CNC - Machine. Making Of // YouTube. 30.01.2014. URL: (https://www.youtube.com/watch?v=Yxa8HH3t_Ds). (дата посещения: 10.05.2018).

5. Токарный станок с ЧПУ ТК36 (2018) // Сайт компании ООО «СтанкоМашСтрой». URL: <http://16k20.ru/catalog/tokarnye-stanki-s-chpu/TK36/> (дата посещения: 10.05.2018).

6. Шумоизоляционная кабина (2018) // Сайт компании Компания «Аркадис Медикал Групп». URL: <http://arcadis.mg/lor/audiometriya/shumoizoljacionnye-kabiny> (дата посещения: 05.05.2018).

7. Yu Yuan; Yu Na. Patent CN206654101(U) Shock absorbing and noise reducing cab. 21.11.2017.

8. Gao Jianfeng; Wang Hui; Qiu Guoqiang; Ji Shulou; Zhang Lei Patent CN205011268 (U) Portable port crane cab. 03.0.2.2016.

9. Huang Zhixiong; Hu Zhifeng; Xiao Jianhui Patent CN204737557 (U) Elevator car sound -insulating structure. 04.11.2015.

10. Kimura Yasumasa; Mitsuda Masahiko; Nakajima Hajime; Watanabe Hirofumi Patent JP2000008419 (A) Soundproof structure for construction machine. 11.01.2000.

11. del Rey R., Alba J., Bertó L., Gregori A. Small-sized reverberation chamber for the measurement of sound absorption // *Materiales de Construcción*. Vol. 67, № 328, 2017. URL: <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07316>.

12. Julien Caillet, Franck Marrot, Yannick Unia. Pierre-Antoine Aubourg Comprehensive approach for noise reduction in helicopter cabins // *Aerospace Science and Technology*. Vol. 23, Issue 1, December 2012, Pages 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2012.03.004>

13. Кабина телефонная КТ МАК 20-11 (2018) // Сайт компании ООО «Завод МАК». URL: <http://zavodmak.ru/cat-prod/31-kabin-cat/28-kab-tel> (дата посещения: 10.05.2018).

14. Шумоизоляционная кабина (2018) // Сайт компании Компания «Аркадис Медикал Групп». URL: <http://arcadis.mg/lor/audiometriya/shumoizoljacionnye-kabiny> (дата посещения: 05.05.2018).

15. Кабина телефонная КТ МАК 20-11 (2018) // Сайт компании ООО «Завод МАК». URL: <http://zavodmak.ru/cat-prod/31-kabin-cat/28-kab-tel> (дата посещения: 10.05.2018).

16. Yu Yuan; Yu Na. Patent CN206654101(U) Shock absorbing and noise reducing cab. 21.11.2017.

17. Gao Jianfeng; Wang Hui; Qiu Guoqiang; Ji Shulou; Zhang Lei Patent CN205011268 (U) Portable port crane cab. 03.0.2.2016.

18. Huang Zhixiong; Hu Zhifeng; Xiao Jianhui Patent CN204737557 (U) Elevator car sound -insulating structure. 04.11.2015.

19. del Rey R., Alba J., Bertó L., Gregori A. Small-sized reverberation chamber for the measurement of sound absorption // *Materiales de Construcción*. Vol. 67, № 328, 2017. URL: <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07316>.

20. Методы определения характеристик звукопоглощения материалов / А. П. Тюрин, Б. В. Севастьянов, Д. В. Парахин // *Безопасность в техносфере*. 2011. № 2. С. 6–11.

References

1. Corrugated porous [Gofproizvodstvo], Гофропроизводство // available at <http://karton.pro/files/kabina.pdf> (accessed May 05, 2018) (in Russ.).

2. Sound-proof cab for lathe C-25 // available at https://www.avito.ru/perm/oborudovanie_dlya_biznesa/s_humoizolyatsionnaya_kabina_dlya_stanka_s-25_1178844896 (accessed May 08, 2018) (in Russ.).

3. Sound-proof and sound-absorbing cabins and screens [Zvukoizolyatsionnye i zvukopogloshchayushchie kabiny i ekrany], available at http://www.archiproducts.com/ru/продукты/silte/звукоизоляционная-и-звукопоглощающая-кабина-и-экран-flexifon_4349 (accessed May 10, 2018) (in Russ.).

4. Sound Proof Box for CNC-Machine. Making Of, available at https://www.youtube.com/watch?v=Yxa8HH3t_Ds (accessed May 10, 2018).

5. CNC Lathe [Tokarnyy stanok s ChPU TK36], available at <http://16k20.ru/catalog/tokarnye-stanki-s-chpu/TK36/> (accessed May 10, 2018) (in Russ.).

6. Sound-proof cab [Shumoizolyatsionnaya kabina], available at <http://arcadis.mg/lor/audiometriya/shumoizoljacionnye-kabiny> (accessed May 05, 2018) (in Russ.).

7. Yu Yuan; Yu Na. Patent CN206654101(U) Shock absorbing and noise reducing cab. 21.11.2017.

8. Gao Jianfeng; Wang Hui; Qiu Guoqiang; Ji Shulou; Zhang Lei Patent CN205011268 (U) Portable port crane cab. 03.0.2.2016.

9. Huang Zhixiong; Hu Zhifeng; Xiao Jianhui Patent CN204737557 (U) Elevator car sound -insulating structure. 04.11.2015.

10. Kimura Yasumasa; Mitsuda Masahiko; Nakajima Hajime; Watanabe Hirofumi Patent JP2000008419 (A) Soundproof structure for construction machine. 11.01.2000.

11. del Rey R., Alba J., Bertó L., Gregori A. (2017) *Small-sized reverberation chamber for the measurement of sound absorption*. Proceedings of the *Materiales de Construcción*. Vol. 67, no. 328, 2017. Available at <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07316>.

12. Julien Caillet, Franck Marrot, Yannick Unia. Pierre-Antoine Aubourg Comprehensive approach for noise reduction in helicopter cabins. In *Aerospace Science and Technology*. Vol. 23, Issue 1, December 2012, pp. 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.ast.2012.03.004>

13. Telephone booth KT MAK 20-11[Kabina telefonnaya], available at <http://zavodmak.ru/cat-prod/31-kabin-cat/28-kab-tel> (accessed May 10, 2018) (in Russ.).

14. Sound-proof cab [Shumoizolyatsionnaya kabina], available at <http://arcadis.mg/lor/audiometriya/shumoizolyatsionnye-kabiny> (accessed May 05, 2018) (in Russ.).

15. Telephone booth KT MAK 20-11[Kabina telefonnaya], available at <http://zavodmak.ru/cat-prod/31-kabin-cat/28-kab-tel> (accessed May 10, 2018) (in Russ.).

16. Yu Yuan; Yu Na. Patent CN206654101(U) Shock absorbing and noise reducing cab. 21.11.2017.

17. Gao Jianfeng; Wang Hui; Qiu Guoqiang; Ji Shulou; Zhang Lei Patent CN205011268 (U) Portable port crane cab. 03.0.2.2016.

18. Huang Zhixiong; Hu Zhifeng; Xiao Jianhui Patent CN204737557 (U) Elevator car sound -insulating structure. 04.11.2015.

19. del Rey R., Alba J., Bertó L., Gregori A. (2017) *Small-sized reverberation chamber for the measurement of sound absorption*. Proceedings of the *Materiales de Construcción*. Vol. 67, no. 328, 2017. Available at <https://doi.org/10.3989/mc.2017.07316>.

20. Tyurin A. P., Sevast'yanov, B. V., Parahin D. V. *Metody opredeleniya kharakteristik zvukopogloshcheniya materialov* [Methods for determining the sound absorption characteristics of materials]. *Bezopasnost' v tehnosfere* [Safety in Technosphere], 2011, no. 2, pp. 6-11 (in Russ.).

Development of a noise-proof cab for small-sized turning equipment

A. P. Tyurin, DSc in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov ISTU

The paper considers a project for the development of a noise-proof cab for small-sized turning equipment for metalworking. The lathe MML 1830 V was selected as such an equipment, designed for use in small workshops. The development of collective protection equipment in the form of a noise-proof cab for this class of equipment is an actual problem. It is important owing to the fact of contiguity with dwelling unit in the organization of the working space at the stage of commissioning or works related to modernization. One of the tasks was to reduce the manufacturing costs and materials used in the search for the optimal design complexity to achieve sufficient sound levels in the octave frequency bands stipulated by the sanitary requirements. The concept of soundproofing is realized by the example of the simplest soundproof cabin made of Izolon® material and the Joker system. A noise measuring tool for the purposes of the pilot study was the SPL Meter software. The difference in sound pressure levels in octave bands was determined at different speeds of the lathe chuck at idle. It is established that with increasing rotation speed, the sound level, dBA, also increases, but the difference in sound pressures inside and outside the cabin remains almost the same with the average geometric value of 7.6 dBA. The reached maximum sound level outside the noise-proof cab is 75.6 dBA below the standard value of 80 dBA.

Keywords: noise, sound pressure level, lathe, soundproof cabin.

Получено: 02.08.18