

УДК: 534.23; 504:351.77

OECD: 01.03.AA

## Анализ влияния шума на операторов в литейном цехе

Дроздова Л.Ф.<sup>1</sup>, Манохин В.Я.<sup>2</sup>, Головина Е.И.<sup>3</sup>, Манохин М.В.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> К.т.н., профессор кафедры «Экология и производственная безопасность»,  
БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова, г. Санкт-Петербург, РФ

<sup>2</sup> Д.т.н., профессор, <sup>3</sup> К.т.н., зам. декана по уч. работе, ст. преподаватель, <sup>4</sup> К.т.н., доцент  
<sup>2,3,4</sup> Кафедра «Техносферная и пожарная безопасность», ФГБОУ ВО «Воронежский  
государственный технический университет», г. Воронеж, РФ

### Аннотация

Комплексная оценка воздействия шума в литейном цехе является основной целью работы.

По результатам анализа представлены основные неблагоприятные участки с превышением допустимого уровня шума – участки выбивных решеток и участки очистки литья. Предложены рекомендации по выбору технических мероприятий, включающих рациональное размещение оборудования, режим их работы, установку акустических экранов и звукоизолирующих перегородок у незащищенных рабочих мест, а также рациональный подбор эквивалентной площади звукопоглощения помещения цеха, которые позволят решить задачу создания безопасных условий производства.

Исследовано улучшение условий труда операторов литейного цеха за счет снижения шума на их рабочих местах: увеличение звукопоглощения в самом корпусе дробеструйной камеры и установка шумозащитных экранирующих конструкций для ограждения участков с наиболее интенсивным шумом.

**Ключевые слова:** шум, вибрация, литейное производство, дробеструйный участок, шумозащитные экранирующие конструкции, звукопоглощение.

## *Analysis of the impact of noise on the operators in the foundry*

*Drozдова L. F.<sup>1</sup>, Manokhin V. Ya.<sup>2</sup>, Golovina E. I.<sup>3</sup>, Manokhin M. V.<sup>4</sup>*

<sup>1</sup> *PhD, professor of the Department "Ecology and Industrial Safety", BSTU "VOENMEH"  
named after D. F. Ustinov, St. Petersburg, Russia*

<sup>2</sup> *DSc, professor, <sup>3</sup> PhD, deputy Dean for Academic Affairs, senior lecturer, <sup>4</sup> PhD, associate professor  
<sup>2,3,4</sup> The Department of Technosphere and Fire Safety, Voronezh State Technical University, Voronezh, Russia*

### **Abstract**

*A comprehensive assessment of the impact of noise in the foundry is the main goal of the work.*

*Based on the analysis results, the main unsuccessful areas with an excess of the permissible noise level are presented - areas of knock-out gratings and areas of casting cleaning. Recommendations are proposed for the selection of technical measures, including the rational placement of equipment, their mode of operation, the installation of acoustic screens and sound-insulating partitions at unprotected workplaces, as well as a rational selection of the equivalent sound absorption area of the workshop premises, which will solve the problem of creating safe production conditions.*

*The improvement of the working conditions of foundry shop operators by reducing noise at their workplaces is studied: an increase in sound absorption in the body of the shot blasting chamber itself and the installation of noise-proof shielding structures for fencing areas with the most intense noise.*

**Keywords:** *noise, vibration, foundry, shot blasting, noise protection shielding structures, sound absorption.*

## Введение

Работа посвящена комплексной оценке воздействия пыли, шума и вибрации на обслуживающий персонал литейного производства. Сложность технологии, наличие вредных факторов производства в рабочей зоне операторов негативно сказывается на качестве воздушной среды литейного цеха, что приводит к нарушению требований санитарно-гигиенических норм. Специальное оборудование, которое находится в литейном цехе, дополнительно выделяет в воздух рабочих зон большой объем тепла. Накопление излишков тепла в свою очередь приводит к изменениям микроклимата внутри производственных помещений литейных цехов.

Улучшение качества изделий литья, долговечность и надежность продукции производства в большей степени зависят от чистоты поверхностей. В промышленных процессах наиболее распространены такие способы обработки, как: дробеструйный, дробемётный и дробемётно-дробеструйный в дробеметных барабанах и камерах. Это оборудование относится к группе наиболее экологически неблагоприятного: большое количество выделяемой пыли, наличие дробы, подаваемой под давлением, которые сопровождаются высокими уровнями излучаемого шума и ростом вибрационной активности. Следует отметить, технически сложным являются приведение шума и вибрации до нормативных величин. Вредное воздействие шума и вибрации на организм человека проявляются в различном виде, это и шумовая (неврит слухового нерва) и вибрационная болезни, и повышение утомляемости, и снижение производительности и качества труда. А в настоящее время шумовая и вибрационная болезни в литейном производстве занимают второе и третье место в списке профессиональных заболеваний [1].

В литейном производстве причиной наибольшего числа профессиональных заболеваний является воздействие чрезмерного шума от используемого оборудования на операторов литейного цеха. Наиболее высокий коэффициент заболеваемости невритом слухового органа в литейных цехах приходится на профессии обрубщиков, формовщиков, стерженщиков, плавильщиков и чистильщиков литья, работающих с дробеструйным оборудованием.

### 1. Характеристики шума на участках литейных цехов

Одной из задач настоящего исследования является анализ экспериментальных характеристик шума в рабочей зоне литейного производства при выполнении различных операций.

Результаты исследований показали, что параметры шума основных видов литейного производства не соответствуют допустимым нормам шума на рабочих местах. Наибольшие превышения допустимых уровней звука [2] отмечаются на рабочих местах (по уровням звукового давления): стержневые и формовочные встряхивающие машины - на 12-23 дБ, выбивные решетки - на 17-26 дБ, обрубочно-очистное оборудование - на 16-27 дБ [3].

Спектры шума от основного оборудования литейного цеха, являются широкополосными. При этом звуковое поле в рабочих зонах цеха неоднородно в связи с тем, что основные источники шума имеют различные мощности и характеры спектра. Машины с ударным режимом работы излучают непостоянный шум с максимальным уровнем звуковой мощности в области средних и высоких частот, которые наиболее чувствительны и опасны для человека.

В таблице приведены значения индекса загрязнения по шумовому фактору Кш для различных участков литейного производства, полученные расчетным путем на основе эмпирических данных. Как видно из таблицы наибольшее воздействие от шумового

фактора отмечается на участках формовщиков, выбивальщиков форм, обрубщиков и чистильщиков литья [3].

Таблица 1

Значение индекса загрязнения по шумовому фактору на участках литейных цехов с различным характером производства

Участок цеха	Значения $K_{ш}$ по шумовому фактору в цехах с характером производства		
	Массовым	Серийным	Мелкосерийным
Шихтовый	0,22	0,16	0,11
Плавильно-заливочный	0,79	0,38	0,22
Смесеприготовительный	0,71	0,35	0,23
Стержневой	0,45	0,19	0,35
Формовочный	1,43	0,79	0,53
Выбивной	2,74	2,13	1,27
Обрубочно-очистной	2,67	2,46	1,66
Цветного литья	-	0,22	-
Литья гильз	-	0,47	-
Кокильный	-	-	0,82
Среднее значение по цеху	1,29	0,80	0,65

Небольшой уровень автоматизации и механизации процессов литейных цехов серийного производства позволяет выбрать более рациональное и, как правило, изолированное расположение оборудования, создающего повышенные уровни шума. Следует отметить, что в этих цехах работа оборудования происходит циклично и, соответственно, эквивалентные уровни шума будут иметь меньшие значения. Особенно это можно наблюдать в литейном цехе, работающем в ступенчатом режиме. Выбивные решетки работают в третью смену, когда происходит только выбивка отливок из форм. Поэтому актуальным является разработка рекомендаций по снижению шума в литейном цехе за счет обоснованного выбора технических мероприятий, включающих рациональное размещение оборудования, режим их работы, установку акустических экранов и звукоизолирующих перегородок у незащищенных рабочих мест, а также рациональный подбор эквивалентной площади звукопоглощения помещения цеха за счет увеличения площади звукопоглощающей облицовки стен цеха и применения штучных звукопоглотителей [4].

## 2. Источники шума дробеструйных камер и пути его снижения

Одной из основных задач настоящего исследования являлось выделение основных источников излучаемого шума на очитских участках, имеющих наибольший индекс загрязнения по шумовому фактору  $K_{ш}$ , в частности в дробеструйной камере.

Одним из самых распространенных методов обработки поверхности металлических деталей является дробеструйная или пескоструйная зачистка. Данная технологическая операция проводится в дробеструйной камере и позволяет качественно отшлифовать литье.

Комплексный подход по снижению уровня шума и пыли, излучаемых в процессе дробеструйной очистки, включающий: определение основных излучающих шум источников, оценку формирующегося звукового поля в камере, учет звукоизоляции

стенок камеры, выбор материалов, обеспечивающих снижение шума, а также установка шумозащитных конструкций позволяет последовательно решить задачу создания безопасных условий производства [5].

На рисунке 1 представлена разработанная авторами схема дробеструйной камеры в шумозаглушенном исполнении.

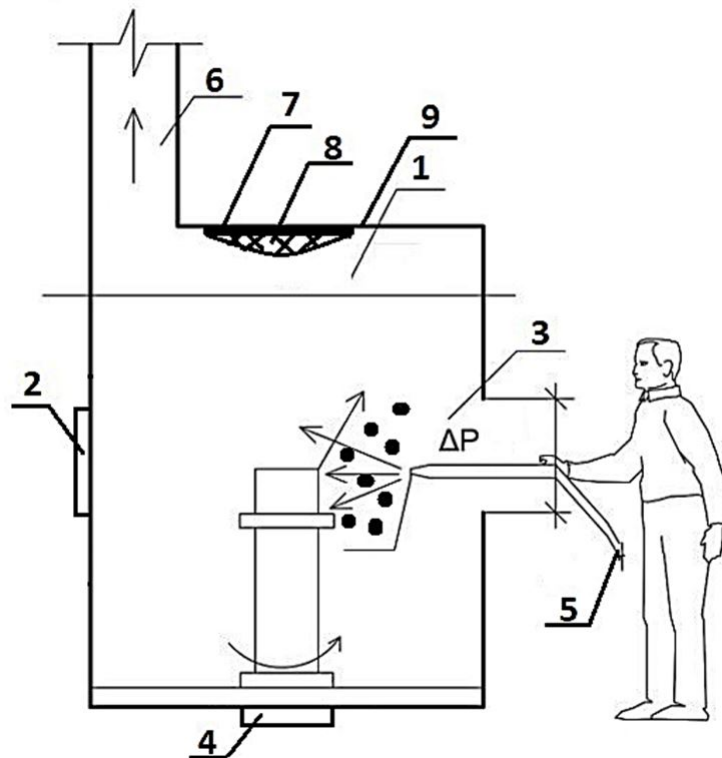


Рис. 1. Схема дробеструйной камеры литейного производства:

- 1 – дробеструйная камера; 2 – загрузочный сектор очищаемых деталей; 3 – окно подачи дробеструйного аппарата; 4 – технологическое отверстие для удаления дробы;
- 5 – магистраль сжатого воздуха; 6 – воздуховод с циклоном; 7 – ВДМ (вибродемфирующий материал); 8 – ЗПМ (звукопоглощающий материал); 9 – конструкционный материал.

Процесс дробеструйной очистки функционирует в односменном режиме с незначительными по времени технологическими перерывами. Дробеструйную очистку отливок производят в камерах, представляющих собой закрытую металлическую конструкцию размером 2000 x 2000 x 2500 мм, внутренняя обшивка камеры выполнена из стального листа толщиной 3 мм и покрыта ВДМ (резиной) толщиной 10 мм, на резину нанесен звукопоглощающий материал толщиной 30 мм. В верхней части камера подсоединяется посредством патрубка диаметром 630 мм к местной вытяжной вентиляции, которая содержит циклон ЦН-11 для удаления пыли [6].

Как показали исследования, дробь диаметром в среднем до 2 мм потоком сжатого воздуха со скоростью 30 м/с направляется через окно подачи на поверхность изделия. Принцип действия простого нагнетательного дробеструйного аппарата основан на работе герметически закрываемого резервуара, в котором находится дробь под давлением сжатого воздуха. Под действием силы тяжести и давления сжатого воздуха, дробь подается в камеру. При этом происходит излучение шума повышенной интенсивности.

Основное воздействие на формирование звукового поля в дробеструйной камере оказывает шумоизлучение струи подаваемого под давлением сжатого воздуха, то

есть аэродинамический шум. Для снижения аэродинамического шума используются различные звукопоглощающие элементы с криволинейными каналами. Снижение аэродинамического шума возможно также путем улучшения аэродинамических характеристик машин.

Авторами предложены технические мероприятия по снижению уровней шума за счет оптимального подбора звукоизолирующих и звукопоглощающих элементов корпусов дробеструйной установки. Перечисленные мероприятия обеспечивают снижение уровней шума внутри установки и снижают шум вне корпуса дробеструйной установки.

Экспериментальные исследования коэффициентов поглощения большого количества облицовочных материалов в октавных полосах спектра звуковых частот, представленные в работе [7], позволили создать базу данных, необходимых для проектирования камер дробе- и пескоструйной обработки. Методика инженерного расчета акустических характеристик литейного оборудования дала возможность создать систему автоматизированного проектирования дробе- и пескоструйных установок, минимизированных по уровню шума за счет подбора оптимального сочетания толщины стен и марок облицовочного материала.

Авторами предложено сохранить в обеструйной камере толщину конструкционного материала, равной 3 мм, имеющийся слой приклеенной резины толщиной 10 мм оставить, как дополнительную звукоизоляцию стенок камеры. Кроме того, резиновая прослойка будет выполнять роль вибродемпфирования. Дополнительно на внутреннюю поверхность камеры предлагалось нанести звукопоглощающий материал.

Эффективность применения звукопоглощающих материалов тесно связана с толщиной основного материала корпуса и тем, насколько он герметичен. Анализ коэффициентов звукопоглощения различных материалов показал, что наибольшей эффективностью обладают минеральные ваты и войлок (кроме низких частот). Было предложено использовать в качестве ЗПМ звукопоглощающие базальтовые маты (БЗМ) толщиной 30 мм, представляющие собой изделия, изготовленные из рыхлого слоя холстов базальтовых супертонких волокон в оболочке из стеклянной ткани. Коэффициент звукопоглощения таких материалов в средне-высокочастотном диапазоне колеблется от 0,5 до 0,88.

Проведенный предварительный расчет снижения шума на рабочем месте оператора при использовании предлагаемых мероприятий показал о невозможности ожидаемого шума достичь требований санитарных норм. В результате выполнения указанных выше мероприятий уровень шума на рабочем месте оператора дробеструйной обработки вне камеры может быть снижен не более, чем на 8-10 дБ в нормируемом диапазоне частот.

Для минимизации уровня шума необходимы правильные технологические мероприятия по внедрению дистанционного управления и работа по герметизации и изоляции оборудования, что позволяет сократить шумовое загрязнение сразу в источнике его образования [8].

Авторы также предлагают установить шумозащитные экранирующие конструкции и оградить участки рабочих мест с наиболее интенсивным шумом, что позволит увеличить диссипацию и сформировать звуковую защиту для более благоприятного акустического поля в литейном цехе, и в частности и на рабочем месте оператора дробеструйной камеры. [9]

Кроме того, уже отмечалось, что в литейных цехах цикличная работа оборудования влияет на значение эквивалентных уровней шума на рабочем месте оператора дробеструйного процесса, которые будут иметь меньшие значения.

Так как, несмотря на предложенные мероприятия достичь нормативных

значений по показателям имеющегося шума в настоящий момент без изменения конструкции дробеструйной камеры технически невозможно, то для оператора может быть предложено использование средства индивидуальной защиты – защитный шлем с противошумовыми наушниками [10].

### Заключение

В работе представлен анализ влияния шума на операторов литейного производства и исследовано улучшение условий труда операторов литейного цеха за счет снижения шума на их рабочих местах. Рассмотренная тема является важной социально-экономической, экологической и научно-технической проблемой. К основным результатам можно отнести следующие выводы:

1. Определены участки литейного производства с превышением допустимого уровня шума – участки выбивных решеток и участки очистки литья методом дробеструйной обработки.

2. Установлено превышение уровней шума на рабочих местах операторов камер пескоструйной и дробеструйной обработки по сравнению с нормативными значениями на 4-18 дБ.

3. Авторами предлагаются рекомендации по снижению шума на рабочем месте оператора дробеструйной камеры за счет снижения шума в самой камере и установки шумозащитных экранирующих конструкций для ограждения участков с наиболее интенсивным шумом.

### Список литературы

1. Орехова Л. И. Экологические проблемы литейного производства / А.И. Орехова // Экология производства. – 2005. – № 1. – С. 2–3.
2. 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах», раздела III «Шум на рабочих местах».
3. Лазаренко А.М., Хорева С.А., Мельниченко В.В. Оценка влияния шума на работающих в литейном производстве / Литье и металлургия. № 3(62), 201. С 194-195.
4. Капустянский А.М. Методы снижения шума при проектировании и эксплуатации дробеструйных и пескоструйных установок, дис. ... кандидата технических наук: 05.26.01 / Капустянский А.М. Ростов-на-Дону, 2001. – 181 с.
5. Пачурин Г. В. Влияние комплексного воздействия вредных факторов литейного производства на уровень профессионального риска / Г. В. Пачурин, А. А. Филиппов // XXI век. Техносферная безопасность. – 2017. – № 2 – С. 10–17.
6. Головина Е.И. Улучшение условий труда за счет снижения запыленности от дробеструйного участка литейного производства: дис. ... кандидата технических наук: 05.26.01 / Е.И. Головина. Ростов-на-Дону, 2020. – 111 с.
7. Дроздова Л.Ф., Чеботарева Е.Ю., Кудаев А.В. Обзор современных компрессорных установок и материалов для снижения их шума. NOISE Theory and Practice. Vol. 4, №2, 2018. с. 11-20.
8. Новиков В. П. Автоматизация литейного производства: в 2 ч. / В. П. Новиков. – М. : МГИУ, 2006. – Ч. 1 : Управление литейными процессами. – 292 с.
9. Трухов Ю. А. Технология литейного производства: литье в песчаные формы / А. П. Трухов, Ю. А. Сорокин, М. Ю. Ершов ; под ред. А. П. Трухова. – М. : Академия, 2005. – 524 с.

---

10. Соловьева О.С., Элькин Ю.И. Защита жилой застройки от шума стройплощадок NOISE Theory and Practice. Vol. 6, №3, 2020. с. 7-15.

### References

1. Orekhova LI Ecological problems of foundry production / AI Orekhova // Ecology of production. - 2005. - No. 1. - P. 2-3.
2. 2.2.4.3359-16 "Sanitary and Epidemiological Requirements for Physical Factors at Workplaces", Section III "Noise at Workplaces".
3. A.M. Lazarenko, S.A. Khoreva, V.V. Melnichenko Assessment of the impact of noise on workers in the foundry / Casting and metallurgy. No. 3 (62), 201. P 194-195.
4. Kapustyansky A.M. Methods for noise reduction in the design and operation of shot blasting and sandblasting installations, dis. ... candidate of technical sciences: 05.26.01 / Kapustyanskiy A.M. Rostov-on-Don, 2001. - 181 p.
5. Pachurin GV Influence of the complex impact of harmful factors of foundry production on the level of professional risk / GV Pachurin, AA Filippov // XXI century. Technosphere safety. - 2017. - No. 2 - P. 10-17.
6. Golovina E.I. Improving working conditions by reducing dust from the shot blasting section of the foundry: dis. ... candidate of technical sciences: 05.26.01 / E.I. Golovin. Rostov-on-Don, 2020. - 111 p.
7. Drozdova L.F., Chebotareva E.Yu., Kudaev A.V. An overview of modern compressor units and materials to reduce their noise. NOISE Theory and Practice. Vol. 4, No. 2, 2018. p. 11-20.
8. Novikov VP Automation of foundry production: in 2 hours / VP Novikov. - M.: MGIU, 2006. - Part 1: Management of foundry processes. - 292 p.
9. Trukhov Yu. A. Technology of foundry production: casting in sand forms / A. P. Trukhov, Yu. A. Sorokin, M. Yu. Ershov; ed. A.P. Trukhova. - M.: Academy, 2005. - 524 p.
10. Solovieva OS, Elkin Yu.I. Protecting residential buildings from construction site noise NOISE Theory and Practice. Vol. 6, No. 3, 2020. p. 7-15.