

Журнал «Металлург» переводится на английский язык фирмой SPRINGER/www.springeronline.com

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

## УЧРЕДИТЕЛИ:

ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П.Бардина», Центральный Совет Горно-металлургического профсоюза России, Профцентр «Союзметалл», Ассоциация промышленников горно-металлургического комплекса России (АМРОС)

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

- С.З. Афонин** – Председатель Ассоциации сталеплавильщиков, Президент Союза экспортеров металлопродукции
- А.А. Бродов** – Директор Института экономики ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»
- Н.Н. Гугис** – Президент ООО «Корпорация производителей черных металлов»
- Ал.Д. Дейнеко** – директор Фонда развития трубной промышленности
- А.В. Пинчук** – заместитель директора Департамента базовых отраслей промышленности Минпромторга России
- Ю.Н. Райков** – Генеральный директор ОАО «Цветметобработка»
- А.Г. Романов** – Президент Российского Союза поставщиков металлопродукции
- Б.А. Сивак** – Первый заместитель генерального директора ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. академика А.И. Целикова»
- Г.В. Скопов** – заместитель технического директора по металлургии ООО «УГМК-Холдинг».
- М.В. Тарасенко** – Председатель Горно-металлургического профсоюза России
- Е.Х. Шахпазов** – Генеральный директор ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина»

## РЕДАКЦИЯ:

- О.Н. Новоселова** – главный редактор
- Е.Х. Иванова** – заместитель главного редактора
- И.Я. Паршина** – научный редактор
- Е.Л. Гавриченко** – ответственный секретарь
- А.В. Архипова** – менеджер по рекламе
- З.В. Барыкова** – менеджер по распространению
- И.М. Мартынова** – корректор

Издание зарегистрировано в Комитете РФ по печати 15.04.1997 г. Регистрационный номер 015957

Номер подписан в печать 24.03.2011 г.  
Формат 60×88 1/8. Печать офсетная. Тираж 1700 экз.

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- В.Ж. Аренс** – вице-президент РАЕН, проф., д-р техн. наук
- И.Н. Белоглазов** – зав. кафедрой автоматизации технологических процессов и производств Санкт-Петербургского государственного горного института (технического университета), проф., д-р техн. наук
- С.М. Горбатюк**, зав. кафедрой «Инжиниринг технологического оборудования» МИСиС, проф., д-р техн. наук
- А.И. Зайцев** – директор Центра физической химии, материаловедения, биметаллов и специальных видов коррозии (ЦФМК) ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д-р физ.-мат. наук
- Б.Ф. Зинько** – зав. сектором технологии выплавки сталей для труб и сварных конструкций ЦТСК ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- Я.А. Кац** – зам. начальника отдела ОАО АХК «ВНИИМЕТМАШ им. акад. А.И. Целикова», канд. техн. наук
- Г.В. Кашакашвили** – вице-президент Международного союза металлургов (Председатель Грузинского отделения), проф. Грузинского технического университета, д-р техн. наук
- Л.А. Кондратов** – консультант Департамента базовых отраслей промышленности Минпромторга России
- Н.А. Коротченко** – директор информационно-аналитического центра МИСиС
- А.Н. Крестьянинов** – зам. генерального секретаря Профцентра «Союзметалл», д-р социологич. наук, проф.
- И.Ф. Курунов** – главный доменщик ОАО НЛМК, проф. МИСиС, д-р техн. наук
- Л.П. Макаров** – зам. директора Института экономики черной металлургии ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П. Бардина», канд. экон. наук
- Б.С. Мастрюков** – зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности» МИСиС, проф.
- Ю.Д. Морозов** – директор ЦТСК ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П.Бардина», канд. техн. наук
- А.М. Неменов** – главный инженер проекта ООО «МОСГИПРОМЕЗ», канд. техн. наук
- А.Н. Никулин** – старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИчермет им.И.П.Бардина», д-р техн. наук
- А.М. Окуньков** – исполнительный директор Ассоциации промышленников горно-металлургического комплекса России
- А.А. Ослопов** – директор Дирекции по персоналу ООО «Корпорация производителей черных металлов»
- И.Ю. Пышминцев** – генеральный директор ОАО «РосНИТИ», д-р техн. наук
- В.В. Тиняков** – старший научный сотрудник ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», канд. техн. наук
- Г.А. Филиппов** – директор Института качественных сталей ФГУП «ЦНИИчермет им. И.П. Бардина», д-р техн. наук, проф.
- Ал.Г. Шалимов** – старший научный сотрудник ИМЕТ им. А.А. Байкова РАН, д-р техн. наук
- Р.Л. Шаталов** – зав. кафедрой МиОМД Московского государственного открытого университета, д-р техн. наук
- Л.И. Эфрон** – научный руководитель Инженерно-технологического центра ЗАО ОМК, д-р техн. наук
- Г.Н. Юнин** – зам. начальника технологического департамента ООО «Евраз Холдинг»

Перепечатка материалов журнала «Металлург» допускается только с письменного разрешения редакции. При цитировании ссылка обязательна.

Адрес редакции журнала «Металлург»: 105005 Москва, 2-я Бауманская ул., д. 9/23, офис 468.

Тел.: +7 (495) 777-9561. Тел./факс: +7 (495) 777-9524, +7 (495) 926-3881

E-mail: metallurg\_izd@mtu-net.ru, info@metallurgizdat.com, www.metallurgizdat.com

УДК 628.517:621.733

## СНИЖЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА ПНЕВМАТИЧЕСКИХ СОПЕЛ В МЕХАНИЗМАХ КУЗНЕЧНО-ПРЕССОВЫХ МАШИН

© **Иванов Юрий Васильевич**, канд. техн. наук

НПО «Средства охраны труда». Россия, г. Ижевск. E-mail: ivsot@mail.ru

Статья поступила 18.11.2009 г.

Приведены результаты экспериментального исследования аэродинамического шума пневматических сопел в механизмах кузнечно-прессовых машин. На основе теории газовой динамики предложены конструкции пневматических сопел со сниженным уровнем шума в устройствах сдувки окалины, деталей и смазки штампов в кузнечных цехах, при этом улучшаются условия труда на рабочих местах.

**Ключевые слова:** шум; пневмомеханизм; кузнечно-прессовые машины.

Кузнечно-штамповочное производство – основа заготовительного производства в машиностроении. Широкий спектр воспроизводимых работ, выполняемых на стадии заготовительного производства, многочисленное разнообразие оборудования требуют использования энергии сжатого воздуха от различных пневмомеханизмов как в составе базовых конструкций, так и при использовании средств механизации и автоматизации. Многочисленные системы пневмоприводов при импульсном истечении сжатого воздуха в атмосферу создают предпосылки для возникновения аэродинамического шума.

В работе пневмомеханизмов в импульсных системах сдувки окалины и смазки штампов в кузнечных цехах применяются различные пневматические сопла, через которые в атмосферу направляются струи сжатого воздуха, генерируя при этом аэродинамический шум до 96–108 дБА. Это создает негативные условия труда на рабочих местах и ведет к повышению травматичности персонала.

При анализе источников аэродинамического шума кузнечно-прессовых машин кроме методов технической акустики следует использовать теорию газовой динамики, которая позволяет более точно определить структуру и поведение струи газа в акустическом тракте глушителя.

Указанный подход реализован при разработке гаммы пневматических сопел для пневмомеханизмов кузнечно-прессовых машин. Как показали исследования, максимальный уровень спектральных составляющих шума пневматического сопла при сдуве окалины приходится на частоты более 1 кГц, т.е. область наибольшей чувствительности человеческого уха (рис. 1). Результаты замеров показали, что в кузнечных цехах устройства для сдува окалины генерируют шум высокой интенсивности. Работа этих устройств осуществляется в регулярном, периодическом режиме, что значительно повышает уровень шума в кузнечном цехе. При этом, как показывает анализ<sup>1</sup>, возникает аэродинамический шум, инициируемый истекающей

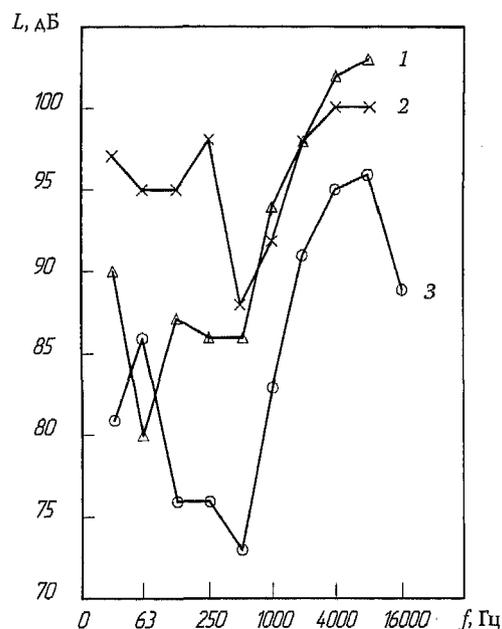


Рис. 1. Спектр шума, создаваемый устройством сдува окалины и технологической смазки:

1 – сдув окалины на прессе; 2 – устройство подачи смазки; 3 – сдув окалины на молоте

газовой струей, параметры которой в зависимости от соотношения давления потока и скорости газовой струи достигают скорости звука и создают шум. Скорость истекающей струи может быть как дозвуковой, так и звуковой. Шум струи обусловлен вихреобразованием в результате перемешивания частиц газа, имеющих большую скорость истечения, с частицами неподвижного окружающего воздуха и создающих турбулентные пульсации давления.

Снижение шума от устройства сдува окалины рекомендуется проводить следующими путями: использованием сопел с оптимальными геометрическими параметрами; установкой на трубопровод подачи сжатого воздуха регулятора давления; установкой клапана на магистраль сжатого воздуха.

<sup>1</sup> Иванов, Ю.В., Коган, М.С. Анализ шумообразования при работе механических прессов и опыт снижения акустической активности пневмомеханизма системы управления // Вестник ИжГТУ. – 2006. – № 2. – С. 49–52.

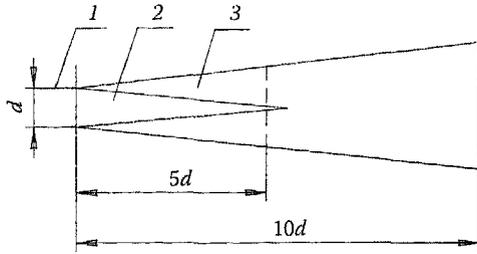


Рис. 2. Схема образования шума в струе:  
1 – сопло; 2 – ядро струи; 3 – область смешения струи с окружающим воздухом

Исследования показали, что в существующих конструкциях устройств сдува окалины повышение давления воздуха от 0,2 до 0,35 МПа увеличивает уровень шума с 85 до 98 дБА. В ряде случаев можно снизить давление подаваемого воздуха без потери технологического эффекта. Необходимое минимальное давление воздуха может быть получено путем установки регулятора давления (например, типа В-57-14).

Кроме того, для уменьшения времени воздействия на работающих шума струи от сдува окалины необходимо устанавливать электропневмоклапан на магистраль подвода сжатого воздуха. Устройство срабатывает после нажатия кузнецом на педаль включения молота, после этого на 0,5–1 с включается устройство для сдува окалины. Продолжительность подачи сжатого воздуха устанавливается кузнецом и поддерживается автоматически при технологической операции.

Для профилирования геометрии пневматических сопел следует использовать положения газовой динамики из теории взаимодействия газовых струй. Как известно, в структуре газовой струи при истечении из отверстия различают явно выраженные участки (рис. 2). Область струи, содержащая ядро постоянной скорости протяженностью около пяти калибров, называется начальным участком струи. В этой части потока при удалении от среза сопла происходят сужение ядра постоянной скорости и нарастание толщины пограничного слоя. Далее на участке струи протяженностью еще пять калибров, где полностью исчезает след ядра постоянной скорости, начинается интенсивное падение скорости струи по оси. Этот участок струи называется переходным. При дальнейшем удалении от среза сопла (на участке длиной более десяти калибров) наряду с уменьшением осевой скорости продолжает также увеличиваться ширина струи. В этой зоне пограничный слой струи заполняет все поперечные сечения, и этот участок струи называется основным, или областью полностью развитого потока. После выхода струи из сопла между движущимся потоком и окружающей средой образуется кольцевая зона смешения, где образуются турбулентные вихри, определяющие шумовые характеристики струи. По мере удаления точки измерения от среза сопла или от оси струи в спектре турбулентности возрастает доля низкочастотных со-



Рис. 3. Распределение акустической мощности, излучаемой струей, истекающей из сопла диаметром  $D$

ставляющих шума. Увеличение скорости истечения струи приводит к возрастанию высокочастотных составляющих шума.

Теоретическими положениями газовой динамики установлено, что звук возникает в так называемой зоне смешения, т.е. на расстоянии нескольких размеров диаметра сопла за его выходным отверстием. Если в ядре постоянной скорости струи и в зоне смешения отсутствуют какие-либо турбулизаторы, то спектр создаваемого шума широкополосен и не содержит выделяющихся резонирующих частот. Если в потенциальном ядре струи находится турбулизатор, то в спектральном составе шума возникают четко выраженные дискретные тона, повышающие звуковую мощность на 10–20 дБ.

Схема распределения акустической мощности объема струи протяженностью от среза сопла до произвольного сечения представлена на рис. 3, откуда следует, что на начальном участке акустическая мощность струи не зависит от расположения относительно среза сопла. На переходном и основном участках акустическая мощность резко падает. Установлено, что начальный участок струи излучает примерно 65% акустической мощности струи. Вся акустическая мощность струи излучается на участке протяженностью около 10 калибров от среза сопла. Отмеченные обстоятельства необходимо учитывать при разработке конструкций глушителей шума выхлопных газовых струй.

Снизить шум воздушной струи можно за счет уменьшения давления в струе, что приводит к снижению скорости истечения и значительному снижению мощности струи, но при этом ухудшаются ее технологические параметры. Для снижения шума, возникающего при сдуве окалины с деталей струей сжатого воздуха, в штамповочных цехах используются объемные, камерные глушители шума, облицованные изнутри звукопоглотителем<sup>2</sup>. Конструкция довольно громоздкая и недостаточно эффективная, так как требует регулировки давления и расстояния от рабочей детали.

Разработана гамма конструкций пневматических сопел, в которых учитываются основные положения теории газовых струй. Пневматическое сопло (рис. 4) выполнено в виде небольшой расширяющейся камеры с отношением диаметра расширительной камеры

<sup>2</sup> Лагунов, А.Ф., Осипов, Г.А. Борьба с шумом в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1980. – 150 с.

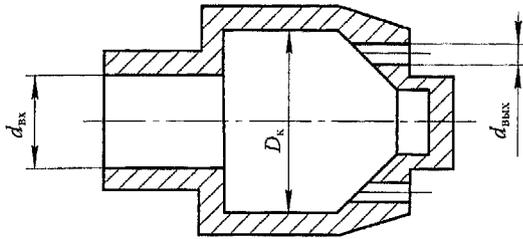


Рис. 4. Схема пневматического сопла со сниженным уровнем шума

$D_k$  к диаметру  $d_{вх}$  входного канала  $D_k : d_{вх} = 2$ . Многоструйное выходное сопло содержит 16 отверстий с диаметром канала  $d_{вых} = 1,5d_{вх}$ , расположенных концентрично и не взаимодействующих друг с другом. Протяженность выпускных каналов составляет не менее пяти калибров выпускных струек. Ряд условных

диаметров входного канала конструкций сопел составляет от 8 до 16 мм. Использование многоструйного пневматического сопла позволяет трансформировать газовую струю, разделить ее на составляющие, уменьшив турбулентность при истечении и, соответственно, шум. Уровень звука в таких конструкциях сопел при давлении 0,2 МПа составляет 75 дБА, а при давлении 0,5 МПа – 82 дБА. Сопла разработанных конструкций рекомендуется использовать в кузнечно-прессовых цехах для различных пневмомеханизмов, обеспечивая улучшение условий труда на рабочих местах.

Таким образом, разработанные конструкции пневматических сопел позволяют уменьшить шум вспомогательных пневмомеханизмов кузнечно-прессовых машин и расширить возможности применения пневмоприводов с импульсным истечением сжатого воздуха вблизи оператора пресса и рабочей зоны машины.

## DECREASE OF AERODYNAMIC NOISE FROM PNEUMATIC JETS IN MASHINERY OF PRESS FORGING MACHINES

© Ivanov Yu.V., PhD

Results of an experimental research of aerodynamic noise pneumatically snuffed in mechanisms of forge-pressing machines are given. On the basis of the theory of gas dynamics designs pneumatic snuffed with the reduced noise level are offered for blow scales devices, details and greasing of stamps in forge shops with improved conditions at workplaces.

**Keywords:** noise; pneumatic mechanism; forge-pressing machines.



группа компаний  
**ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР ЭКСПЕРТИЗ**

ЭКСПРЕСС-ИНФОРМАЦИЯ

## ГЦЭ-Энерго проводит энергетическое обследование промышленных площадок ОАО «Кольская ГМК»

Энергоаудиторы компании «ГЦЭ-Энерго» (входит в международную группу компаний «Городской центр экспертиз, GCE Group) приступили к энергетическому обследованию ОАО «Кольская горно-металлургическая компания» (дочернее предприятие ОАО «ГМК Норильский никель») с целью разработки программы энергосбережения на ближайшие пять лет.

Подразделения Кольской ГМК, где в настоящее время полным ходом идет работа энергоаудиторов с техническими службами компании, территориально удалены друг от друга: комбинат «Североникель» в г. Мончегорск (центр Кольского п-ва) и комбинат «Печенганикель» в пос. Никель и г. Заполярный (северо-запад Мурманской обл.).

Основная задача, стоящая перед специалистами «ГЦЭ-Энерго» – выполнение всех требований федерального закона «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности». По итогам

обследования основных систем «Кольской ГМК» на потери и перерасход топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) – систем электроснабжения, теплоснабжения, водо- и воздуховоснабжения будут подготовлены энергетические паспорта предприятий и разработана программа энергосбережения до 2016 г.

Как отмечает заместитель руководителя Департамента энергоаудита и нормирования компании «ГЦЭ-Энерго» С. Колпаков, уже известно, что потенциал по снижению расходов ТЭР найден, но для оптимизации работы системы энергоснабжения потребуется выработка оптимальных режимов технологических процессов.

Разработка программы энергосбережения намечена на третий квартал 2011 г., по итогам инструментальных измерений.

Пресс-служба ГК «Городской центр экспертиз»