

Наилучшим путем повышения надежности работы оператора следует считать выполнение оптимального согласования оператора с машиной и создание нормальных условий жизнедеятельности в процессе работы.

Для уменьшения числа ошибок из-за перегрузки оператора необходимо ограничивать поток поступающей информации, отфильтровывая излишние сигналы, а также включать дополнительные каналы для приема информации.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Barnes, Ralph M., Motion and Time Study, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1988.
2. Niebel, Benjamin W., Motion and Time Study, Richard. Trwin, Inc, Homewood, III, 1992.
3. Федорчук, А.И. Производственная безопасность. – Мн.: Техноперспектива, 2005.

#### Аннотация

##### **К вопросу проектирования системы производственной безопасности**

Предлагается трехуровневый метод проектирования системы обеспечения производственной безопасности: 1. перечень задач, 2. выделение функциональных подсистем, 3. сравнение альтернатив.

#### Abstract

##### **To a question of designing of system of industrial safety**

The three-level method of designing the system of maintaining the industrial safety is offered: 1. the list of tasks, 2. allocation of functional subsystems, 3. alternatives comparison

УДК 664:658.3

#### **СНИЖЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА НА ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК**

**Ткачева Л.Т.**, к.т.н., доцент; **Жаркова Н.Н.**, ст. преподаватель; **Курленко И.С.**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

На перерабатывающих предприятиях АПК многие технологические процессы связаны и сопровождаются значительным аэродинамическим шумом. Источниками такого шума на зерноперерабатывающих предприятиях являются вентиляционные установки, пневматический транспорт, где используются турбовоздуходувные машины типа ТВ-150-1,2 или ТВ-250-1,2, а также вентиляторы высокого давления ВВД. Весьма распространенной причиной интенсивного высокочастотного шума на пищевых предприятиях является также выброс сжатого воздуха, пара и других газов в атмосферу, которые широко используются для автоматизации производственных процессов, для сушки, охлаждения и других технологических операций.

Шум оказывает вредное влияние на весь организм и в первую очередь на центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, вызывает головную боль, головокружение,

беспричинную раздражительность, понижение кислотности желудочного сока, замедляет процессы пищеварения. По данным зарубежных авторов 70% рабочих шумных цехов имеют нервные заболевания, 24-33% - заболевания желудка, 10% - страдают гипертонией.

У лиц, работающих в условиях постоянного шума, наблюдается повышенная утомляемость, замедленная скорость психических реакций, снижение памяти. Кроме того, шум нарушает концентрацию внимания, точность и координированность движений, ухудшает восприятие звуковых и световых сигналов опасности и поэтому является вредным фактором способствующим росту травматизма. Кроме того, увеличение уровня шума с 75 до 95 дБ дает снижение производительности труда со 100 до 70%.

В связи с этим проблема снижения шума занимает важное место в комплексе мероприятий по охране труда и имеет не только социальное, но и экономическое значение. Однако в виду сложности этой проблемы ряд вопросов, относящихся к оборудованию и машинам сельскохозяйственного производства (и не только), еще не решен. Нормы по шуму в ряде случаев не выполняются. Поэтому для решения стоящих задач требуется мобилизация усилий ученых, специалистов и всех работников.

Различают два типа аэродинамических шумов:

- акустически связанный шум – определяется примыкающими к отверстию отражающими поверхностями, геометрическая форма которых обуславливает частоту и интенсивность узкополосной составляющей;

- акустически не связанный шум (свободная струя) – звук определяется только условиями истечения струи из отверстия и не ослабляется, и не усиливается окружающими участками поверхности конструкции.

Критическая скорость воздуха, истекающего из сопла, при нормальных атмосферных условиях достигается при избыточном давлении 0,09 МПа, и поскольку в обычных пневмосистемах избыточное давление, как правило, превышает указанную величину, шум выбрасываемого ими воздуха достигает максимальных значений. Наиболее эффективным способом снижения шума струи является уменьшение давления в ней ниже критического. При этом снижается скорость истечения, что позволяет значительно уменьшить звуковую мощность.

Уменьшение шума струи наблюдается также при ее разбиении на ряд более мелких струй. Например, при выпуске газа через четырехтрубное сопло, имеющее такое же живое сечение, как и основная магистраль, на низких и средних частотах шум уменьшается на 8-10 дБ, а на высоких (8000 Гц и выше) повышается всего на 2-3 дБ.

Аналогичный эффект имеет место при использовании турбулизирующей сетки, которая разбивает струю на отдельные струйки. Сетка обычно устанавливается на расстоянии 1-3 диаметров от среза сопла. Это приводит к увеличению высокочастотного шума, который следует экранировать.

Для перфорированных пластин расстояние между отверстиями должно быть по возможности малым. Если отверстия отстоят друг от друга более чем на 2-3 диаметра, они излучают узкополосный шум, который на  $20 \lg n$  (где  $n$  – число отверстий) выше, чем у одиночного отверстия. Когда расстояние между отверстиями меньше 1,25 диаметра, отверстия излучают узкополосный шум несинхронно, и его уровень ниже.

Уровень шума струи можно также уменьшить при использовании эжектора. Эжектор способствует расширению струи и уменьшению ее скорости. При длине эжектора более пяти диаметров струи наблюдается значительное уменьшение шума во всем диапазоне частот, за исключением самых низких. Эжектор снижает общую звуковую мощность на 6-8 дБ, а на высоких частотах – на величину 10-12 дБ.

Еще большее снижение звуковой мощности струи (до 10-16 дБ) достигается при использовании двухступенчатого эжектора. При применении сжатого воздуха в целях очистки, сушки и для других технологических операций возникает сильный высокочастотный шум, который достаточно эффективно заглушается при использовании щелевого сопла.

В пищевой промышленности распространенными источниками аэродинамического шума являются также вентиляторы, используемые в сушилках, на линиях розлива и в других видах оборудования. Аэродинамический шум вентиляторов состоит в основном из вихревого шума и шума неоднородности потока. Поскольку вентиляторы являются комплектующими изделиями и активно влиять на их конструкцию не представляется возможным, целесообразно рассмотреть возможности уменьшения шума, создаваемого вентиляторами, на пути его распространения с помощью глушителей. Это направление с точки зрения аэродинамических потерь в 4 - 5 раз эффективнее борьбы с шумом в источнике его возникновения. Для снижения мощности аэродинамического шума, генерируемого поворотами, разветвлениями и дросселирующими устройствами, следует ограничивать скорость движения воздуха в магистральных воздуховодах до 5-6 м/с, а на ответвлениях до 2-4 м/с.

Затухание шума в обычных металлических воздуховодах, не облицованных звукопоглощающим материалом, не превышает на прямолинейных участках 0,1-0,6 дБ и 1-7 дБ – на поворотах. Поэтому при относительно небольшой длине нагнетательного воздуховода шум вентилятора почти полностью передается в окружающее пространство.

Глушители применяют для уменьшения аэродинамического шума, распространяющегося через какое-либо отверстие, которое по технологическим или другим соображениям не может быть закрыто. Единой классификации глушителей шума не существует. Их подразделяют на активные и реактивные. В активных глушителях основную роль в снижении шума играет звукопоглощающий материал, в качестве которого применяются различные пористые материалы. При этом они должны быть достаточно долговечными, малогигроскопичными, неагрессивными, негорючими и безопасными для здоровья обслуживающего персонала. Снижение аэродинамического шума зависит как от толщины и свойств звукопоглощающего материала, так и от акустических свойств перфорированной облицовки глушителя. Было установлено, что для снижения низкочастотного аэродинамического шума толщину слоя звукопоглощающего материала принимают равной 80 – 120 мм, а высокочастотного – от 25 до 40 мм.

При изготовлении облицовки звукопоглощающий материал в глушителе покрывают металлическим перфорированным листом, при этом следует учитывать коэффициент перфорации  $K$ . Исследованиями было установлено, что при коэффициенте перфорации  $K > 7\%$  шум не снижается. Для снижения низкочастотного шума диаметр отверстий и шаг перфорации следует уменьшать, а для снижения высокочастотного шума необходимо увеличивать диаметр отверстий и шаг перфорации, что связано с длиной заглушаемой звуковой волны.

Звукопоглощающий материал укладывают слоем соответствующей толщины, покрывают пленкой из полиэтилена или стеклоткани, а затем перфорированным металлическим или полимерным листом. Такая конструкция надежно защищает звукопоглощающий материал от выдувания воздушным потоком и не изменяет звукопоглощающей способности материала.

В глушителях, где используют маты из стекловолокна или минеральной шерсти на связующей основе из синтетической смолы, покрытые перфорированными листами, скорость воздушного потока может изменяться от 10 до 20 м/с.

В промышленных вентиляционных сетях применяют глушители аэродинамического шума и по условиям санитарно-гигиенических требований пожарной безопасности рекомендованы следующие звукопоглощающие материалы: винипор полужесткий, волокно супертонкое базальтовое, волокно супертонкое стеклянное. При этом между материалом и перфорированным листом нужно прокладывать стеклоткань или полиэтиленовую пленку. Глушители такой конструкции можно применять в промышленных помещениях всех категорий по пожарной опасности.

К наиболее распространенным схемам глушителей, в общепринятых названиях которых отражены геометрические или физические особенности конструкции относятся пластинчатый глушитель, который представляет собой ряд параллельных пластинчатых ши-

тов со звукопоглощающим материалом, разбивающим газоздухопровод на несколько параллельных каналов. В трубчатых глушителях наибольшее затухание имеет место на первых трех калибрах, а затем затухание уменьшается. Глушители трубчатого типа могут эффективно использоваться для глушения звука в трубопроводах небольшого диаметра.[1]

В реактивных глушителях поглощение звука обеспечивается образованием «волновой пробки», затрудняющей прохождение звука на некоторых частотах вследствие влияния массы и упругости воздуха в ячейках глушителя. К реактивным глушителям относятся также изменения сечения, повороты, перфорированные элементы, отводы.

Для глушения низкочастотных шумов, а также шумов, имеющих отдельные тональные составляющие, применяют реактивные резонансные и камерные глушители. Используют также комбинацию этих двух типов глушителей.[2]

Для резонансных глушителей характерно поглощение звука в узкой полосе частот. Чем уже полоса заглушаемых частот, тем больше эффект резонансного глушителя. Резонансные глушители с перфорированным каналом без звукопоглощающего материала применяют чаще всего для уменьшения дискретных частот широкополосного шума. Экспериментальная проверка такого глушителя со стенками из штампованных мельничных сит, установленного в воздуховоде вентилятора ВВД, показала, что даже без звукопоглощающего материала акустический эффект достаточно большой при всех значениях производительности вентилятора. Величина снижения шума на основных гармониках (320 и 630 Гц) достигает 17 и 27 дБ. Меньшее поглощение шума (3-10 дБ) на высоких частотах объясняется как влиянием «лучевого» эффекта, так и собственным шумом глушителя, причина которого заключается во взаимодействии воздушного потока и перфорации канала.

Реактивный камерный глушитель представляет собой расширенный участок канала. Увеличение числа камер приводит к повышению эффективности глушителя. На высоких частотах в камере образуется диффузное поле, и становится целесообразной облицовка ее стенок звукопоглощающим материалом.

В воздуховоде вентиляторов ВВД устанавливают глушители камерного типа. Для уменьшения аэродинамического сопротивления камеры выполняют с наклонными стенками. Изменение расстояний между камерами с 50 до 3000 мм незначительно увеличивает затухание шума и уменьшает аэродинамическое сопротивление. Наибольшей работоспособностью обладает первая камера, эффект от которой составляет 7 дБ. При повышении производительности вентилятора акустическая эффективность, зависящая от числа камер, уменьшается. При применении звукопоглощающих материалов эффект в высокочастотной области спектра повышается до 26 дБ.

Для устранения «лучевого» эффекта, т.е. распространения звуковых волн вдоль средней части канала, используют прямоугольные повороты. Для снижения шума сброса (выхлопа) сжатого воздуха могут быть применены глушители из пористых материалов – прессованных металлокерамических (на основе меди, никеля, нержавеющей стали), синтетических; а также сетчатых, у которых поглотителем шума является многослойная сетка из нержавеющей стали или латуни.

Для снижения шума пневматических клапанов можно применить металлокерамические глушители, глушитель с латунной сеткой или синтетический глушитель. Металлокерамический глушитель изготавливают из порошка – частиц сплава фосфористой и катодной меди. Эффективность глушителя – 15-20 дБ на средних и 25-30 дБ на высоких частотах. Глушитель с латунной сеткой имеет эффективность на 5 дБ больше эффективности металлокерамического глушителя. Синтетический глушитель шума снижает шум в диапазоне 500–8000 Гц на 12-30 дБ. Полиэтилен выдерживает давление до 1 МПа. Срок эксплуатации такого глушителя от 6 до 12 месяцев.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Канцельсон М.У., Селиверстов Б.А., Цукерников И.Е. Снижение шума машин пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1986.-256с.
2. Душин В.Н. Борьба с шумом и вибрациями на предприятиях по хранению и переработки зерна. – М.: Колос, 1979.-224с.

## Аннотация

### **Снижение аэродинамического шума на перерабатывающих предприятиях АПК**

Рассмотрены природа возникновения аэродинамического шума на перерабатывающих предприятиях, распространение и воздействие его на человеческий организм. Выделены основные источники, создающие повышенный уровень аэродинамического шума (жидкостные сепараторы, сушилки, а также вентиляторы высокого давления) и показаны основные способы снижения шума.

## Abstract

### **Decrease in aerodynamic noise at the processing enterprises of agrarian and industrial complex**

Distribution and its influence on a human body are considered the nature of occurrence of aerodynamic noise at the processing enterprises. The basic sources creating raised level of aerodynamic noise (liquid separators, dryers, and also fans of high pressure) are allocated and the basic ways of decrease in noise are shown.

УДК 621.436.004.67

### **ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ОБКАТОЧНОГО СТЕНДА**

**Хвошинская Л.А., Андруш В.Г., Карпович Д.В., Гладилин А.Н.**  
*Белорусский государственный аграрный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Капитальный ремонт машины обходится в 2...3 раза дешевле приобретения новой. Отношение стоимости капитального ремонта машины к цене новой уменьшилось в последнее время с 30...40 до 20...28 %, а двигателей – с 40...60 до 22...30 %. Эти изменения вызваны ростом цен на новую технику и снижением стоимости ремонта, что экономит около 50 млрд. руб. в сравнении с закупкой такого же количества новых двигателей [1].

Годная деталь ремонтного фонда обходится производству в 3...5% от цены новой детали завода-изготовителя, восстановленная – в 10...30%, а приобретенная – в 110...200%. По этой причине Япония удовлетворяет свою потребность в запасных частях на 40% путем восстановления изношенных деталей, США, Германия и Австрия – на 30...35%, а СССР в 1990 году удовлетворял эту потребность на 18%. [2]