

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Тольяттинский государственный университет»

ИНСТИТУТ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей  
среды в нефтегазовом и химическом комплексах

(направленность (профиль))

## МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему Анализ и исследование повышенных уровней шума на работников  
ГРС Тольяттинского ЛПУ (на примере ООО «Газпром Трансгаз Самара»)

Студент	<u>О.А. Тихонова</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Б.С. Заяц</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**Допустить к защите**

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина \_\_\_\_\_  
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Тольятти 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 Описание объекта исследования.....	9
1.1 Характеристика производственного объекта.....	9
1.2 Описание технологического процесса. Анализ шумовых характеристик в помещениях и на территориях.....	13
1.3 Воздействие повышенного уровня шума на организм человека.....	20
1.4 Анализ средств защиты работающих.....	28
2 Источники и механизмы генерации шума на газораспределительных станциях.....	31
2.1 Источники и механизмы генерации шума на газораспределительных станциях и методы его снижения.....	31
2.2 Способы защиты от шума регулирующих органов.....	33
2.3 Способы снижения вибраций и шумов газовых устройств.....	35
2.4 Снижение вибраций и шумов газодинамического происхождения.....	37
3 Научно исследовательский раздел.....	41
3.1 Патентный анализ средств и методов снижения шума, создаваемого редукторами давления и клапанами.....	41
3.2 Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции (патент RU 2651981 С1).....	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	73

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Шумом называется неупорядоченное сочетание звуков, которые имеют разную частоту и интенсивность (силу), которые возникают при механических колебаниях в таких средах, как твердая, жидкая, газообразная и неблагоприятно воздействуют на человеческий организм.

Газораспределительная система это материальный промышленный комплекс, который состоит из организационно и экономически взаимосвязанных объектов, которые служат для перевозки и доставки газа напрямую потребителям.

Линейно - производственное управление (ЛПУ) - это первичная структура, которая осуществляет непосредственное регулирование и надзор за порядком деятельности оборудования компрессорных станций, находящихся под землей хранилищ газа, газораспределительных станций, а также линейной части в собственных пределах. Руководство объектами главных газопроводов производится, в основном с общего операторского пункта диспетчером. Под руководством диспетчера ЛПУ располагается персонал, который занимается запуском оборудования, узлов газопровода, скважин хранилищ газа, находящихся под землей, шлейфов, а также переключения запорной арматуры.

Одоризация природного газа или, так называемого сжиженного углеводородного газа - присоединение различных веществ к природному газу, чтобы придать ему особый запах с целью обеспечить безопасность при перевозке, сохранении и применении.

Дросселирование газа - уменьшение давления в потоке транспортируемой среды при протекании его сквозь дроссель - местное гидродинамическое сопротивление, которое влечет за собой перемену температуры. Дросселем могут быть диафрагмы, краны, клапаны, а также

вентили. Процесс дросселирования применяется с целью сжижения и сильного остужения газов. Охлаждение газов происходит при приготовлении газа к дальнейшей перевозке с помощью установок низкотемпературной сепарации.

Помимо этого, дросселирование используется при трубопроводном перемещении природного газа с целью изменения расхода газа и корректировки давления.

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- ГРС - газораспределительная станция;
- ЛПУМГ - линейное производственное управление магистральных газопроводов;
- ЛПУ - линейное производственное управление;
- МГ – магистральный газопровод;
- ОВПФ – опасные и вредные производственные факторы;
- СИЗ – средства индивидуальной защиты;
- СКЗ – средства коллективной защиты;
- ОТ – охрана труда;
- ООС – охрана окружающей среды;
- СОУТ – специальная оценка условий труда;
- УТ - условия труда;
- РМ - рабочее место;
- ЦНС - центральная нервная система;
- ЖКТ - желудочно-кишечный тракт;
- НС - нервная система;
- РО - регулирующий орган.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Система трубопроводного транспорта, предназначенного для поставки транспортируемой среды к промышленным и остальным объектам, относится к опасным. Одним из элементов трубопроводного транспорта являются ГРС, которые помимо того, что являются источником возможной угрозы еще и являются источником шума, превосходящего нормативные значения на 10-30 дБА. Предпосылкой появления повышенного уровня шума являются пульсации транспортируемой среды, которые образуются вследствие турбулентности и вихревого характера движения газа внутри трубопроводов, клапанах и регуляторах давления.

Проблему повышенных уровней аэродинамического шума рассматривали многие авторы, среди которых Леонтьев Е.А., Юдин Е.А., Блохвинцев Д.И и многие другие. Ими были выполнены фундаментальные теоретические и опытные исследования на данную тему. Теоретические утверждения, которые созданы перечисленными авторами, дают возможность результативно уменьшать аэродинамический шум, который формируется разным оборудованием.

Тем не менее, если говорить об оборудовании ГРС, то приведенные разработки необходимо дальше совершенствовать, потому что в данной ситуации результативности уменьшения шума можно добиться, только если учитывать определенный его вид и анализировать условия использования.

Целью работы является ознакомление с воздействием на работников такого ОВПФ, как шум, и разработка организационных технических мероприятий по созданию более благоприятных УТ для работников газораспределительных станций в зашумленных производственных зонах на рассматриваемом объекте.

Для того чтобы решить поставленную цель были определены такие задачи, как:

- рассмотреть УТ, в которых работают работники ГРС;
- определить источники возникновения шума на ГРС;
- изучить воздействие шума на человеческий организм;
- провести анализ имеющихся способов и механизмов уменьшения аэродинамического шума, а также технических решений для их воплощения в жизнь;
- предложить способ ослабления уровня шума на ГРС.

Объектом исследования данной магистерской работы является газораспределительная станция Тольяттинского ЛПУ.

В данной работе используются следующие методы исследования: теоретический (анализ различных нормативно-правовых документов по исследуемой проблеме); эмпирический (наблюдение, контрольные эксперименты); обработка результатов (количественный и качественный анализ итогов исследования).

Теоретическая ценность итогов работы состоит в рассмотрении источников возникновения шума на ГРС, влияния шума на человеческий организм, а также в проведении анализа существующих методов снижения уровня, для того чтобы улучшить безопасность технологического процесса перевоза и подачи газа и улучшения УТ сотрудников.

«Практическая ценность результатов работы заключается в возможности предусматривать снижение пульсаций давления, как в процессе проектирования газопровода, так и в процессе его эксплуатации, что повышает его надежность и снижает уровень шума до нормативных значений». [1]

По проблеме, рассматриваемой в диссертации, автором опубликована статья на тему «Оценка влияния шума на работников газораспределительных станций» в научно-практическом электронном журнале «Аллея Науки» выпуск №5(21) 2018г.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения и списка используемых источников. Основная часть

исследования изложена на 79 страницах, текст иллюстрирован 3 таблицами, 7 рисунками.



# 1 Описание объекта исследования

## 1.1 Характеристика производственного объекта

ООО «Газпром Трансгаз Самара» транспортирует и подаёт природный газ потребителям 7 регионов России, среди которых Самарская и Ульяновская области, Саратовская, Пензенская, частично Оренбургская, а также Республики Татарстан и Мордовия. География рассматриваемого предприятия представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Зона деятельности организации

Рассматриваемое предприятие это дочерняя организация публичного акционерного общества Газпром, основной задачей которого служит транспортировка по магистральным газопроводам газа. Предприятие доставляет приблизительно 15% природного газа от объема, добываемого Газпромом. На данный момент в пользовании организации находятся МГ общей длиной приблизительно 4,5 тыс. км. Объем транспортируемого газа за год составляет приблизительно 80 млрд. кубических метров.

Особое значение в обеспечении экономического процветания регионов играет общество, которое делает всё, чтобы было обеспечено постоянное и исправное снабжение газом производственных предприятий, а также населенных пунктов, занимается строительством газопроводов и различных объектов газораспределения, а также принимает участие в инвестиционных проектах. Предприятие реализует газ метан в качестве топлива для автомобилей. Организация эксплуатирует десять станций для заправки (АГНКС) и четыре мобильных АГНКС. Данная организация имеет 57 патентов на изобретения, а среди сотрудников имеется один доктор наук и еще четырнадцать кандидатов наук.

В цифрах Газпром это:

- 80 миллиардов метров кубических - объем транспортируемого газа за год;
- 4,5 тыс. км газопроводов;
- 145 объектов газораспределения;
- 10 АГНКС;
- 17 филиалов, среди которых 8 ЛПУМГ;
- примерно 5 тысяч человек работают в данной организации.

Тольяттинское ЛПУ появилось благодаря строительству северной системы МГ. На сегодняшний день по объему эксплуатируемого оборудования это самое крупное ЛПУ. В основном транспортировка газа происходит по таким МГ, как: «Челябинск - Петровск», «Уренгой - Петровск», а также «Уренгой - Новопсков». Тольяттинское ЛПУМН эксплуатирует около 580 км газопроводов.

Тольяттинское ЛПУ снабжает газом такие города, как Тольятти, Жигулёвск, Ставропольский район, Волжский район, Красноярский район, Ульяновскую область, и кроме этого большие промышленные предприятия России, такие как ВАЗ, ОАО «Куйбышев Азот», ООО «ТоАЗ».

В рассматриваемом ЛПУ используется такое оборудование, которое не имеет аналогов в других ЛПУ или внедренное именно в этом управлении одним из первых. Объясняется это тем, что в Тольяттинском ЛПУ существует опытно-экспериментальный газокompрессорный цех (ОЭГКЦ), в котором испытывают новую технику, которая в случае положительного результата вводится в действие на других предприятиях газовой отрасли.

Начиная с 1982 года, в ОЭГКЦ были проведены испытания многих агрегатов с авиационными двигателями, «сухое» газодинамическое уплотнение, автоматизированных систем пожаротушения тонкораспыленной водой, так называемый водяной туман, а также системы контроля загазованности.

Политика рассматриваемого предприятия в области ООС, ОТ и промышленной безопасности изображена на рисунке 1.2.



## ПОЛИТИКА ООО «ГАЗПРОМ ТРАНСГАЗ САМАРА» В ОБЛАСТИ КАЧЕСТВА, ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ, ОХРАНЫ ТРУДА И ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Общество с ограниченной ответственностью "Газпром трансгаз Самара" исторически является одним из первых предприятий газовой промышленности России. Являясь дочерней организацией ОАО «Газпром», мы реализуем стратегическую цель по обеспечению надежных поставок природного газа потребителям.

Для успешной реализации стратегии ОАО «Газпром», ООО «Газпром трансгаз Самара» ставит своей целью создание устойчивой и динамично развивающейся организации, которая характеризуется:

высокоэффективным, безопасным производством, основанным на использовании передовых технологий транспортировки газа с высокой степенью автоматизации и механизации процессов;

менеджментом, способным решать поставленные задачи в изменяющихся условиях;

высокопрофессиональным персоналом, проявляющим творческую активность и формирующим высокую культуру производственных отношений;

процессами разработки, внедрения и тиражирования инновационных технологий, в основе которых лежит идея рационального использования газа, как национального богатства.

Руководство ООО «Газпром трансгаз Самара» считает себя ответственным перед материнской компанией, потребителями, сотрудниками, заинтересованными сторонами и обязуется:

- соблюдать требования законодательства Российской Федерации, корпоративные требования ОАО «Газпром» в области охраны жизни и здоровья сотрудников, обеспечения промышленной безопасности и сохранения окружающей среды;
- планировать и проводить постоянное улучшение деятельности в целях обеспечения удовлетворенности потребителей и заинтересованных сторон, охраны жизни и здоровья сотрудников, обеспечения промышленной безопасности и сохранения окружающей среды;
- повышать результативность всех видов деятельности для улучшения качества продукции;
- создавать условия для высокопроизводительного труда и реализации индивидуальных способностей сотрудников;
- обеспечивать необходимыми ресурсами процессы деятельности и поддерживать необходимый уровень состояния инфраструктуры и производственной среды;
- осуществлять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию новых высокоэффективных технологий производства, отличающихся минимальными производственными рисками, низким уровнем негативного воздействия на окружающую среду;
- развивать процессы коммуникаций и информационного обмена с целью всестороннего информирования потребителей, сотрудников и других заинтересованных сторон о деятельности организации в области качества, охраны труда и промышленной безопасности, охраны окружающей среды;
- рассматривать удовлетворенность потребителя как показатель оценки качества деятельности организации;
- обеспечивать взаимовыгодные отношения с поставщиками товаров, работ, услуг на условиях добросовестного исполнения обязательств;
- учитывать индивидуальные и коллективные интересы сотрудников;
- содействовать развитию социально-культурной среды в регионах присутствия.

Провозглашенная политика является основой для выработки целей и принятия управленческих решений по обеспечению удовлетворенности потребителей и заинтересованных сторон, охраны жизни и здоровья сотрудников, промышленной безопасности и сохранения окружающей среды.

**Генеральный директор  
ООО «Газпром трансгаз Самара»**

**В.А. Субботин**

Рисунок 1.2 – Политика в области ООС, ОТ и промышленной безопасности

## 1.2 Описание технологического процесса. Анализ шумовых характеристик в помещениях и на территориях

«Газораспределительные станции (ГРС-17, ГРС-17А) предназначены для снижения высокого давления ( $P = 55 \text{ кг/см}$ ) и поддержания его с заданной точностью при изменении расхода газа, а также для измерения и регистрации расхода газа и одоризации его перед подачей потребителю». [1]  
В газопроводе транспортируемой средой является природный газ.

Станция ГРС-17 была исполнена по индивидуальному проекту и состоит из:

- блока переключения;
- блока чистки;
- блока редуцирования;
- блока одоризации;
- блока подогревателя газа.

«Газ на ГРС поступает из магистрального газопровода Мокроус – Самара – Тольятти очищенный и одорированный. На ГРС происходит распределение газа на двух потребителей: нефтехимический комбинат и жилой район 116 км». [1]

«Блок переключения служит для переключения потока с автоматического на ручное регулирование давления газа высокого давления линии, а также для недопущения повышения давления с помощью предохранительной арматуры». [1]

«Блок редуцирования снижает и поддерживает требуемое давление газа. Редуцирование газа осуществляется по шести линиям разной производительности». [1]

«На линии редуцирования установлены регулятор и запорная арматура». [1]

«Блок одоризации придает газу запах с целью обнаружения утечек. Подземная емкость одоранта создает запас одоранта и заполняет расходный бачок». [1]

«Подогреватель газа предотвращает обмерзание арматуры и образование кристаллогидратов в газопроводах и арматуре». [1]

«Блок очистки защищает трубопроводы и используемое оборудование от различных примесей». [1]

«Станция ГРС-17А состоит из двух блоков редуцирования. Остальные блоки используются совместно с ГРС-17. Этим обеспечиваются рабочие характеристики среды». [1]

На рисунке 1.3 показан план размещения оборудования на газораспределительной станции.

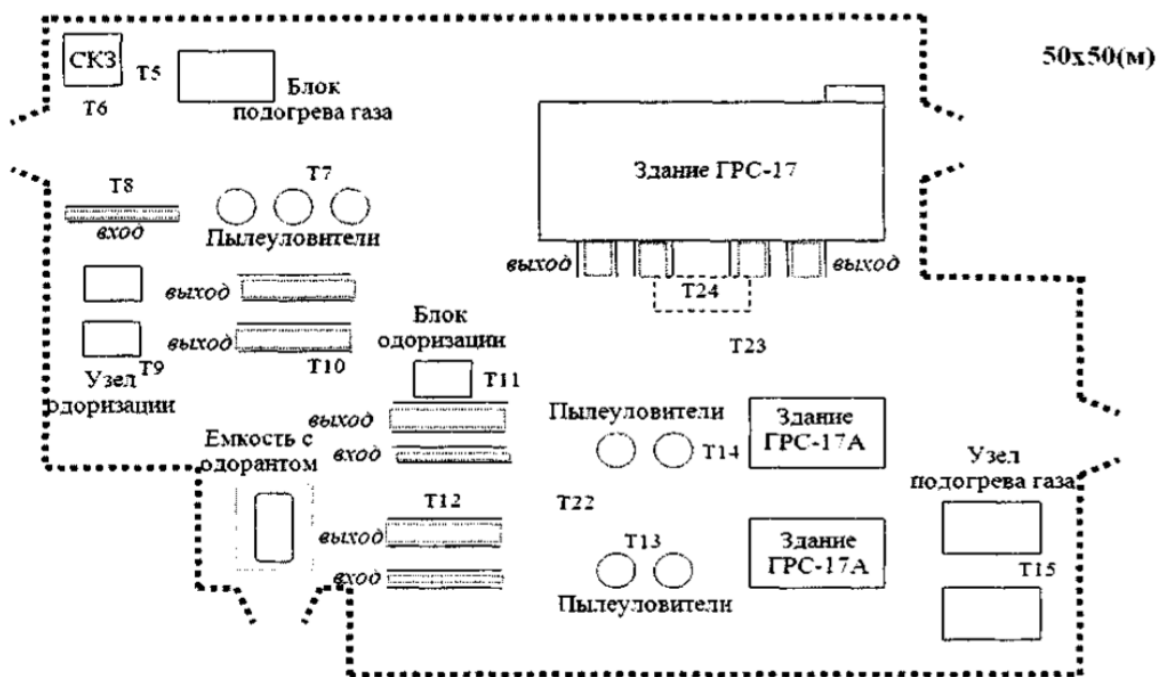


Рисунок 1.3 – Схема территории ГРС-17 и 17А с отмеченными точками измерений

Одной из обязанностей работодателя, согласно ТК РФ является проведение СОУТ. Специальная оценка УТ это совокупность идущих друг за другом мероприятий, которые направлены на идентификацию ОВПФ производственных условий и рабочего процесса, а также на оценку

воздействия этих факторов на рабочих с учетом отклонения полученных в результате измерений значений от установленных нормативов и использования СИЗ и СКЗ. В результате проведения специальной оценки УТ должен быть определен класс (подкласс) УТ для всех РМ.

«Методика проведения измерений уровня шума состояла в следующем». [1]

«Для измерения уровня шума и его спектральных характеристик использовался измеритель шума и вибрации ассистент». [1]

«Измерения проводились на высоте 8 м от уровня земли или пола». [1]

При кратковременном нахождении работающего персонала в месте измерения на протяжении рабочего дня уровень шума мерился не менее двух раз. Не менее трех раз измерялся шум в случае, когда пребывание персонала было длительным. Замеры шума продолжались месяц [2]. «Эквивалентный уровень звукового давления определялся как математическое ожидание, определяемое по критерию Стьюдента. Объем выборки составлял 20-30 измерений». [1].

«После того как были определены точки, в которых уровень шума превышает нормативный, на ГРС-17А в них были сняты спектральные характеристики шума». [1]

В таблице 1.1 представлены результаты замеров уровня шума и оценки УТ по такому фактору, как шум.

Таблица 1.1- Результаты оценки уровня шума

№ точки	Место пребывания сотрудника (помещение, РМ)	Описание работы	Эквивалентный уровень звука в течение времени работы (нахождение в зоне работы), дБА	Время производства работ (нахождение в зоне работы), мин	Суммарное время производства работ (нахождение в зоне работы), мин
1	2	3	4	5	6
1	Операторная	Ведение документации.	55,1	194	194

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
		Наблюдение по приборам за работой ГРС. Наведение порядка на РМ. Сбор, учет и передача информации диспетчеру, вычисление расхода газа			
2	Зал редуцирования станции 17	Обход, осмотр и перекидывание ниток редуцирования, настройка	106,3	31	31
3	Котельная станции 17	Наблюдение за функционированием котельной, а также уборка РМ	60,4	13	13
4	Расходомерная станции 17	Обход, осмотр и наблюдение за работой приборов учета	57,6	30	30
5	Блок подогрева газа станции 17	Обход, осмотр и корректировка температуры	90,7	21	21
6	Станция катодной защиты (СКЗ)	Наблюдение за функционированием СКЗ	67,8	1	1
7	Пылеуловитель и станции 17	Осмотр и прочистка пылеуловителей	81,5	26	26
8	Узел переключений станции 17	Обход, осмотр и проверка, обслуживание запорной арматуры	75,5	3	3
9	Узел одоризации станции 17	Обход, осмотр и регулировка капельницы, пополнение установки	77	5	5



Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
		одоризации, ликвидация утечек			
11	Блок одоризации станции 17А	Обход, осмотр и регулировка капельницы, пополнение установки одоризации, ликвидация утечек	85,5	8	8
12	Узел переключение станции 17А	Обход, осмотр и обслуживание запорной арматуры	92,4	3	3
13	Пылеуловител и станции 17А	Осмотр и прочистка пылеуловителей	91,4	22	22
14	Пылеуловител и станции 17А	Осмотр и прочистка пылеуловителей	89,7	22	22
15	Узел подогрева газа станции 17А	Обход, осмотр и корректировка температуры	91,6	33	33
16	Котельная станции 17А	Наблюдение за функционирован ием котельной и уборка РМ	74,2	13	13
17	Расходомерная станции 17А	Обход, осмотр и наблюдение за функционирован ием приборов учета	74,8	41	41
18	Зал редуцирования станции 17А	Обход, осмотр и перекидывание ниток редуцирования, настройка	95,8	25	25
19	Расходомерная станции 17А	Обход, осмотр и наблюдение за фцнкционирован ием приборов учета	87,2	37	37

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6
20	Котельная станции 17А	Контроль функционирования котельной и уборка РМ	71,6	13	13
21	Зал редуцирования станции 17А	Обход, осмотр и перекидывание ниток редуцирования, настройка	110,5	25	25
23	Территория станции	Осмотр и контроль работы оборудования, наведение порядка на территории	92,7	154	154
Эквивалентный уровень шума за смену, дБА			98,1		720
ПДУ, дБА			80,0		

Из представленных в таблице данных мы видим, что уровень шума превосходит нормативные величины, установленные в СН 2.2.4/2.1.8.562-96. По результатам замеров был определен класс УТ – 3.3 (третья степень вредных условий труда) – такие УТ, когда на работников оказывают влияние ОВПФ, уровни воздействия которых могут привести к функциональным изменениям в организме и к возникновению профессиональных заболеваний, которые приводят к потере профессиональной трудоспособности.

«Наиболее шумным объектом ГРС является зал редуцирования. Здесь уровень шума достигает величин 106,3 дБА в зале редуцирования ГРС-17 и 110,5 дБА в зале ГРС-17А. С учетом кратковременного пребывания персонала в этих помещениях этим фактом можно было бы пренебречь, если бы шум на территории станции соответствовал нормативным требованиям».

[1]

На рисунке 1.3 и в таблице 1.2 представлены нормативные значения спектрального состава (уровень звукового давления в зависимости от

частоты) согласно РД 51-00158623-20-94 и фактические значения. «Как видно, наибольшее превышение уровней шума над нормативными значениями наблюдается в полосе октавных частот от 1000 до 4000 Гц и составляет соответственно 25,8 и 30,5 дБ». [1]

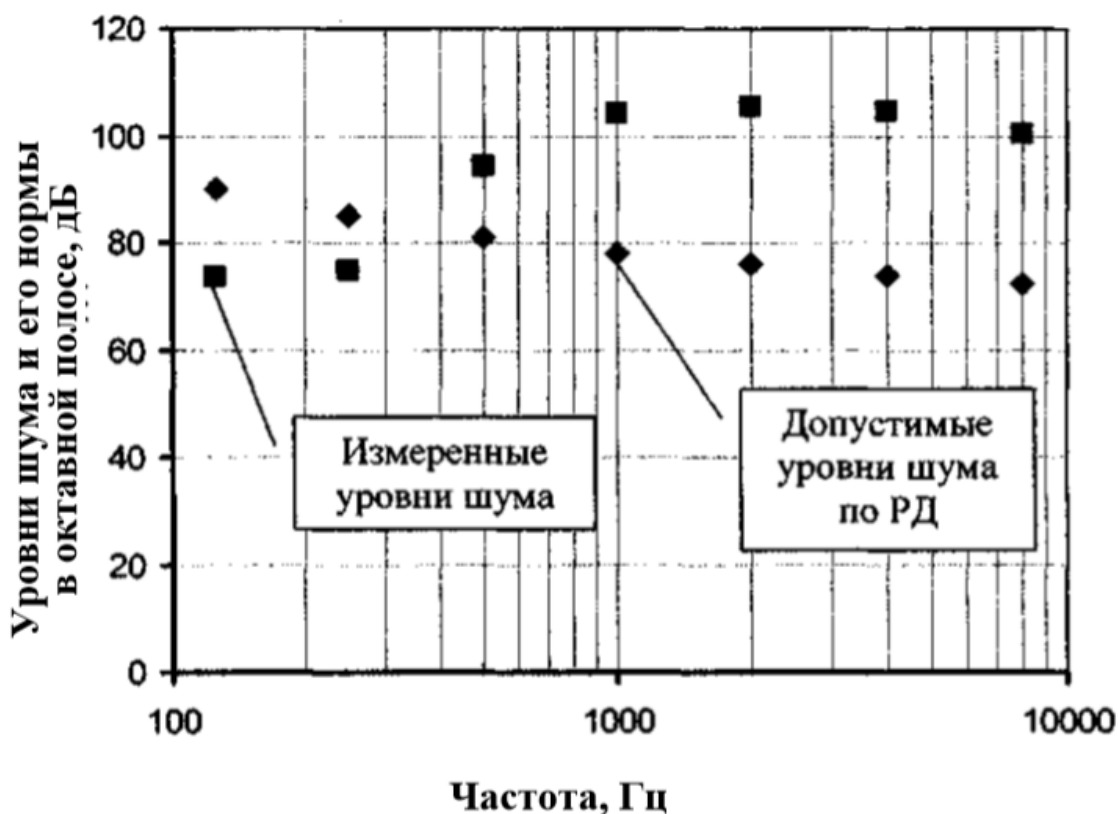


Рисунок 1.3 - Уровни шума в октавных полосах частот в зале редуцирования газораспределительной станции 17А и его нормативные значения

Таблица 1.2 – Результаты замеров спектрального состава и ПДУ шума согласно Руководящему документу

Наименование помещения, территории ГРС-17А	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах частот, Гц									Уровни шума, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
По нормам РД	110	98	90	85	81	78	76	74	72	83
В помещении зала редуцирования	71,4	68,2	73,2	74,6	94,0	103,8	105,0	104,5	100,2	110,5

В результате проведения замеров уровня шума зала редуцирования, было определено, что наиболее значительные пульсации давления выявлены в производственном помещении, в котором имеются редукторы давления газа. Если учесть этот факт и спектральный состав шума, то можно сделать вывод, что главный источник шума, который возникает из-за сверхкритического перепада давления, в зале редуцирования это регулятор давления. Пульсации давления являются причиной вибрации газопроводов, что, в дальнейшем приводит к снижению надежности газопровода, а также в результате пульсаций в окружающей среде образуется акустический шум. Данные факты обязывают принимать меры для обеспечения безопасной эксплуатации газопровода [3].

В таблице 1.3 представлены в виде вероятности развития возможных профзаболеваний приблизительные критерии риска [4].

Таблица 1.3 – Приблизительные критерии риска по такому фактору, как шум

Вредный производственный фактор	KR0	KR1	KR2	KR3
	допустимый	средней интенсивности	высокой интенсивности	очень высокой интенсивности
Шум	до 80 дБА	от 80 до 85 дБА	от 85 до 100 дБА	от 100 до 110 дБА и выше

Данные критерии существуют для того, чтобы можно было оценить последствия превышений фактического уровня шума над допустимым уровнем. Группы:

KR0 = 1,0 – риск полностью отсутствует;

KR1 = 0,95 – риск предпатологии или некоторых профзаболеваний;

KR2 = 0,5 – риск многих заболеваний;

KR3 = 0,05 – проявление профессиональной патологии с максимальным риском.

### 1.3 Воздействие повышенного уровня шума на организм человека

Шумом называется неупорядоченное сочетание звуков, которые имеют разную частоту и интенсивность (силу), которые возникают при

механических колебаниях в таких средах, как твердая, жидкая, газообразная и неблагоприятно воздействуют на человеческий организм [11].

Шум и вибрация тесно связаны между собой тем, что шум возникает из колеблющегося тела, и шум и вибрация имеют аналогичную физику, поскольку они передаются в виде волн через среду. Угрозы, связанные с воздействием на здоровье человека, хорошо известны с вызванной шумом потерей слуха, идентифицированной как приоритетное заболевание, связанное с работой. Хотя на протяжении многих лет существует законодательство, связанное с шумом, основное внимание уделяется снижению шума у источника, обеспечение защиты слуха по-прежнему является преобладающей стратегией контроля на многих рабочих местах. Напротив, на австралийских рабочих местах отсутствует регулирование вибрационных опасностей, и эти опасности недостаточно хорошо известны. В то время как влияние шума и вибрации на здоровье различается, элементы управления аналогичны, особенно в отношении устранения и разработки. Это обеспечивает базовое понимание акустики и факторов, которые влияют на потерю слуха вместе с принципами измерения и контроля шума. Аналогичным образом, это кратко описывает воздействие вибрации, измерения вибрации и общего контроля.

Звук состоит из очень малых изменений давления, которые накладываются на атмосферное давление. Воздушные молекулы движутся в маятниковом движении назад и вперед от своего положения покоя, вызывая мгновенное сжатие и разрежение давления воздуха. Молекулы воздуха передают часть своей энергии соседним молекулам и таким образом распределяют свою энергию по все большему объему, подобно рябь, когда камень бросают в воду. Изменения давления обнаруживаются барабанной перепонкой, которая вибрирует в ответ. Вибрации передаются через рычажную систему, состоящую из трех крошечных костей в среднем ухе и заполненного жидкостью внутреннего уха. Во внутреннем ухе крошечные волосковые клетки преобразуют вибрации в электрические импульсы,

которые посылаются в мозг. Затем мозг способен обрабатывать эти электрические импульсы в осмысленные звуки.

Первичным показателем того, что шум может быть опасным для слуха, является то, что человек должен поднять свой голос, чтобы поговорить с человеком, который находится на расстоянии вытянутой руки, на шумном рабочем месте. Затем необходимо провести оценку риска, включая измерение шума, для идентификации процессов, источников шума и работников, которые могут подвергаться воздействию выше стандарта экспозиции.

Оценка шума, может быть, простой или достаточно сложной в зависимости от обстоятельств, таких как тип и размер рабочего места, количество работников и доступны ли предыдущие данные оценки шума. Оценка шума может проводиться с помощью измерителя уровня шума или измерителя шумовой дозы. Измерение уровня шума обычно проводится вручную, и, следовательно, оценщик присутствует при проведении измерений; это имеет то преимущество, что оценщик может непосредственно наблюдать, что измеряется. Измеритель шумовой дозы предназначен для ношения на человеке в течение определенного периода времени, пока этот человек выполняет работу. На практике эксперт не всегда присутствует в течение всего периода оценки, и поэтому он может полагаться на владельца, чтобы внести свой вклад в исследование. В каждом случае микрофон измерителя должен находиться в области 10 см уха. Возможно, потребуется оценить оба уха, а также самые неблагоприятные результаты слуха, используемые для управления шумом. Оба типа приборов измеряют изменения звукового давления как уровень звукового давления, выраженный в децибелах (дБ). Шкала децибел логарифмическая или сжатая, так как человеческое ухо способно слышать большой диапазон звуковых давлений.

За исключением чрезвычайно громкого шума взрывного или ударного характера, при котором происходит некоторая потеря слуха и / или структурного повреждения (акустическая травма), громкий шум изначально утомляет чувствительные волосковые клетки во внутреннем ухе, что

вызывает сдвиг в пороге слуха. Это называется временным сдвигом порога. Простой тест может проводиться работниками с целью оценки влияния профессионального воздействия шума и его влияние на остроту слуха; после того как приедете на работу, необходимо выключить двигатель, но не зажигание. Включите автомобильное радио и уменьшите громкость до слышимого уровня. Не выключайте радиоприемник, но выключайте зажигание и идите на работу. После работы включите зажигание. Радио также должно включиться. Если радио не слышно, временной сдвиг порога произошел в течение рабочего дня. Изменение порога слуха ощущается как тупое или слух блокируется, а иногда и появляется звон в ушах. Это может длиться от нескольких часов до нескольких дней после облучения.

Как правило, слух восстанавливается за ночь, создавая ложное впечатление, что все в порядке. Однако эффекты регулярных воздействий являются накопительными. Волосные клетки в конечном итоге разрушаются, что приводит к постоянному пороговому сдвигу, который обычно не замечается до тех пор, пока повреждение не будет хорошо развито. Поврежденные волосковые клетки не способны ремонтировать себя; следовательно, потеря слуха является постоянной, поскольку нет доступных лекарств, и слуховые аппараты не могут восстановить естественный слух.

Шумы сообщества были признаны на протяжении веков как проблема здоровья. С начала 1900-х годов многие исследования изучали влияние шума в сообществах. На сегодняшний день основными выводами являются последствия для здоровья, такие как стресс, раздражение, нарушение сна, вмешательство в концентрацию и активность, повышенное артериальное давление и сердечного ритма, и ишемической болезни сердца. Кроме того, есть некоторые свидетельства того, что интеллектуальное развитие детей в шумных пригородах может быть скомпрометировано по сравнению с тем, кто живет в тихих пригородах.

Как правило, рабочие места содержат различные источники шума, которые не всегда используются одновременно, или последовательно, на

протяжении всей смены. Поэтому уровень шума будет изменяться с течением времени. Кроме того, движение работников вокруг машин и рабочих зон может привести к изменениям шумового воздействия. В производственных помещениях, это может быть дорогостоящим или не представляется возможным прекратить производство для измерения отдельных источников шума. Тем не менее, эффективный контроль уровня шума требует идентификации и анализа источников шума, чтобы определить приоритетные источники внимания.

В случае выявления источников шума, которые могут вызвать чрезмерный шум, следующим шагом является определение приоритетности управления шумом путем определения продолжительности использования каждой машины или оборудования в течение рабочей смены и времени, которое оператор проводит, используя их или работая вблизи их. Например, устройство или оборудование с высоким уровнем шума, но с коротким использованием за смену, могут иметь более низкий приоритет для снижения шума, чем машины или оборудование с низким уровнем шума, но при длительном использовании в смену.

Национальное законодательство требует соблюдения иерархии контроля с помощью мер контроля, рассмотренных в следующем порядке:

а) Исключить источник шума, которому подвергается работник, насколько это практически возможно.

б) Если а) не является практически осуществимым, то уровень шума, которому подвергается работник, должен быть сведен к минимуму путем замены более тихого оборудования или процессов или использования технических мер контроля.

в) Если б) не является практически осуществимым, то уровень шума должен быть сведен к минимуму путем применения мер административного контроля.



г) Если в) не является практически осуществимым, то уровень шума должен быть сведен к минимуму, предоставляя работнику персональные средства защиты слуха.

Шум рабочего места, который превышает стандарт воздействия, должен, насколько это практически возможно, уменьшаться до уровня неопасных воздействий. Лучший способ сделать это - устранить источник шума. Один из способов сделать это - больше не выполнять работу, которая создает шум. Если это нецелесообразно, следует рассмотреть возможность замещения деятельности или процесса путем изменения шумных компонентов деятельности или процесса более тихими. Например, вместо того, чтобы ударить кусок металла, чтобы согнуть его, металл можно нагреть, а затем согнуть с помощью плоскогубцев или прессы.

Инженерный шум контролирует управление адресом в источнике, изменяя сам источник шума или через оболочки (например, изготовленные из твердого материала и внутренней поверхностью со звукопоглощающей подкладкой), модификаций и / или дополнений (например, глушителей или глушителей к существующим источникам шума), размещая барьеры на пути шума или охватывая конец приемника (например, в диспетчерской). Как правило, управление инженерным шумом является наиболее эффективным способом управления шумом, но иногда может быть дорогостоящим.

Некоторые основные принципы инженерного управления шумом состоят из:

- Монтаж вибрационных источников в машинах на изоляторах или демпферах;
- Замена металлических компонентов более тихими материалами, такими как пластик, нейлон или составные компоненты;
- Установка локальных корпусов вокруг отдельных шумных деталей машин;
- Включение звукопоглощающих материалов;
- Обеспечение выхлопов воздуха и газа с помощью глушителей;

- Переход на более тихий тип вентилятора, шаг лопасти вентилятора или количество лезвий или установка шумоглушители в вентиляционных каналах.

Административные меры по контролю шума направлены на снижение уровня шума, которому подвергается рабочий, с помощью организационных методов, например, определение зон защиты слуха, отображение шума для определения безопасных / небезопасных зон шума, реструктуризация рабочих обязанностей для ограничения времени воздействия, оптимизация обслуживания, замена старых установок и оборудования новыми более тихими установками и оборудованием.

Влияние шума на человеческий организм может быть двух видов: специфическое и неспецифическое.

Неспецифическое влияние шума выражается в виде шумовой болезни, а именно в виде реакции со стороны ЦНС, сердечно - сосудистой системы, ЖКТ и обмена веществ. При длительном воздействии рассматриваемого фактора происходят следующие реакции симпатического отдела вегетативной нервной системы: артериальное давление повышается, дыхание и пульс учащаются, обмен веществ изменяется и затраты на энергию увеличиваются, желудочная секреция также как и острота зрения понижается, появляется бессонница и невроз. При превышении уровня шума больше чем на 35-40 дБА влияние шума на человеческий организм становится ощутимым. В случае с ЦНС реакция выражается в том, что внимание, производительность труда и качество работы снижаются, а количество ошибок повышается. Верхняя граница шума для интеллектуального труда составляет 50 дБА.

Вследствие ослабления реакции на воздействующие ОПФ, безопасность труда понижается, и в дальнейшем может привести к получению травм на производстве.

Проявление специфического действия начинается с уровня шума равняющегося 75дБА (обычно с уровня 80-85дБА) и выражается оно в воздействии на анализатор слуха и его повреждении.

Может быть 3 исхода: моментально наступает глухота, повреждаются слуховые органы, снижается восприимчивость звуков конкретных частот от минуты до нескольких месяцев.

Временное снижение восприимчивости звуков является защитной реакцией НС на звуковые раздражители, которая выражается в снижении порога чувствительности слуха соответствующих нервных центров. Спустя какое - то время после прекращения воздействия шума восприимчивость нервных клеток коры головного мозга приходит в норму.

При уровне шума больше 130 дБА у большинства работников происходит повреждение слуховых органов, при этом они испытывают болевые ощущения.

При уровне шума от 140 дБА до 150 дБА происходит разрыв барабанной перепонки и мгновенно наступает глухота.

При уровне шума больше 160 дБА может наступить смерть.

Результат влияния шума зависит от таких составляющих, как:

- временные характеристики;
- уровень звукового давления;
- частота звукового диапазона.

Помимо этого, влияние шума на организм людей зависит от таких факторов, как функциональное состояние ЦНС и индивидуальная чувствительность, которая равняется 4÷17%. Наибольшую чувствительность к шуму имеют женщины и дети. Причиной развития неврозов и высокой утомляемости может являться высокая индивидуальная чувствительность.

Как правило, тугоухость и глухота формируется у работников, которые трудятся на работах в шумных помещениях на протяжении от 5 до 7 лет и более. У рабочих наблюдается снижение разборчивости речи, команд, сигналов, также жалобы на шум в ушах, боли в голове. Перечисленные ранее

симптомы свидетельствуют о наличии неврита слухового нерва, который имеет степень от 0 до 3-й.

Доступны три основных типа защиты слуха: одноразовые или индивидуально формованные беруши, крышки ушных каналов и пассивные или активные наушники. Пассивные наушники являются обычным типом, в то время как электронно-активные наушники, зависящие от уровня, позволяют слышать шум до 82 дБ, чтобы войти в ухо, после чего электронная система отключает прием, и они действуют как пассивные наушники.

Идеальный уровень шума в ухе под защитой должен составлять от 75 до 80 дБ, чтобы снизить шум на рабочем месте до безопасного уровня, обеспечивая возможность прослушивания и связи без чрезмерной защиты и, следовательно, возможное удаление защитного устройства в шумных средах.

Снятие персональных средств защиты слуха в течение даже коротких периодов значительно снижает эффективное ослабление (снижение шума) и может обеспечить недостаточную защиту. Например, работник, носящий средство защиты слуха с номиналом 30 дБ на полный 8-часовой день, получит максимальный уровень защиты 30 дБ. Однако один час без ношения защитного устройства для слуха обеспечивает максимальный уровень защиты до 9 дБ.

Устройства для защиты слуха следует носить там, где на рабочем месте существуют опасные уровни шума, которые не могут быть уменьшены средствами контроля более высокого порядка или до тех пор, пока уровни шума не будут уменьшены до неопасных уровней путем устранения, замещения или технических мер контроля шума.

#### 1.4 Анализ средств защиты работающих

Огромное значение в сохранности здоровья работников имеют должным образом выбранные средства защиты и рабочая одежда, которые защищают работника от воздействия ОВПФ, обусловленных производственными и климатическими условиями.

Перечень средств защиты, выдаваемых оператору газораспределительной станции, согласно приказу Минздравсоцразвития РФ №543н перечислен в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Средства индивидуальной защиты

Наименование профессии	Наименование нормативного документа	СИЗ, выдаваемые работнику	Оценка выполнения требований к средствам защиты (выполняется / не выполняется)	
Оператор газораспределительной станции	«Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 3 октября 2008 г. N 543н "Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам жилищно – коммунального хозяйства, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением"». [5]	«Костюм хлопчатобумажный для защиты от общих производственных загрязнений и механических воздействий». [5]	выполняется	
		«Жилет хлопчатобумажный сигнальный 2-го класса защиты». [5]	выполняется	
		«Сапоги резиновые». [5]	выполняется	
		«Рукавицы комбинированные или перчатки хлопчатобумажные». [5]	выполняется	
		«Ботинки кожаные». [5]	выполняется	
		«Жилет сигнальный 2 класса защиты». [5]	выполняется	
		Зимой выдается дополнительно:		
		«Костюм хлопчатобумажный на утепляющей прокладке». [5]	выполняется	
		«Валенки с резиновым низом или сапоги кожаные утепленные». [5]	выполняется	

Распространенным заблуждением является то, что устройства защиты от шума контролируют шум: устройства защиты от шума не контролируют шум на рабочем месте, поскольку шум на рабочем месте все еще существует, но ношение защитного устройства для слуха снижает уровень шума в ухе. Воздействие не уменьшается при ношении персональных средств защиты слуха. Человек, надевающий средства защиты слуха в звуковом поле, находится в ситуации защищенного воздействия, а не без воздействия. Таким образом, средства защиты слуха следует использовать только тогда, когда другие средства контроля не являются практически осуществимыми.

## 2 Источники и механизмы генерации шума на газораспределительных станциях

### 2.1 Источники и механизмы генерации шума на газораспределительных станциях и методы его снижения

«Газодинамические вибрации и шумы связаны со сжатием и расширением сжимаемой среды (газов), вызывающих турбулентность потока. Возникающие при этом вихри приводят к пульсации давлений и скорости в проточной части регулирующих органов (РО) – регуляторов давления и клапанов, которые являются причиной акустического шума в окружающей среде». [1]

«Звуковые колебания среды и пульсации давления потока газа физически различны. В первом случае идет речь о малых изменениях состояния среды. Скорость звуковых колебаний зависит от упругости среды следующим образом». [1]

$$c^2 = \frac{dp}{d\rho}, \quad (2.1)$$

где  $c$  – скорость распространения звука в среде;

$p$  – давление в среде;

$\rho$  – плотность среды.

«В случае газодинамических пульсаций давления в потоке сжимаемость при дозвуковой скорости потока может играть второстепенную роль. При малых скоростях течения газ можно считать несжимаемым, но пульсации давления и скорости при этом могут возникать». [1]

«Во втором случае результирующий эффект воздействия нескольких колебательных процессов представляет собой сумму вызываемых воздействий каждого процесса в отдельности, при условии, что последние взаимно не влияют друг на друга. Пульсации скорости и давления в потоке не линейны и не подчиняются этому принципу». [1] Понятие псевдозвук

впервые появилось благодаря Д.И. Блохинцеву – академику, он ввел это понятие с целью обратить внимание на физические различия между пульсациями давления в потоке и звуковыми волнами [6].

Впрочем, газодинамический шум достаточно высокого уровня может возникать и при условии небольшой скорости, к примеру, при  $M = 0,4$ , но значительных величинах массового расхода.

На рисунке 2.1 представлена спектограмма газодинамического шума, образующегося в регулирующих органах.

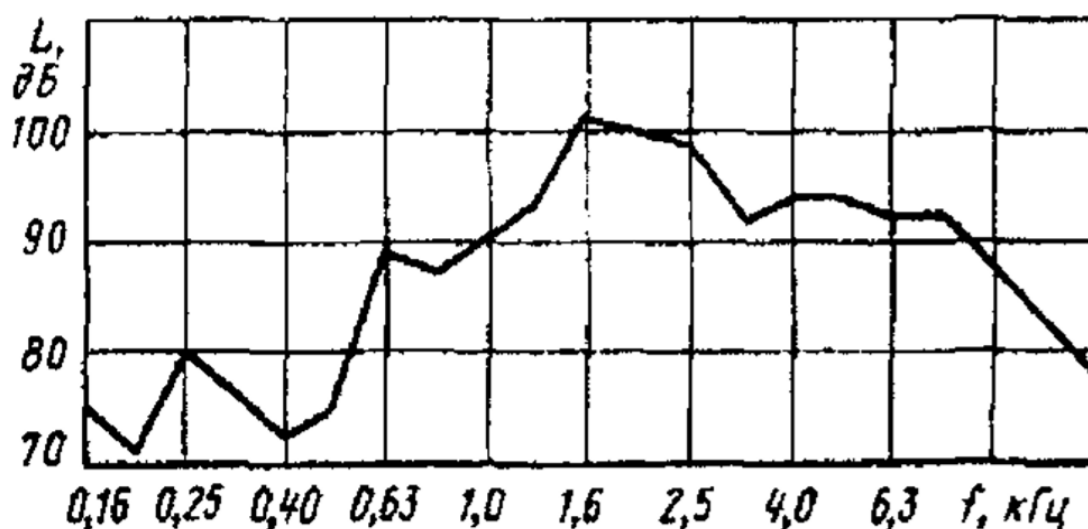


Рисунок 2.1 – Спектограмма газодинамического шума, возбуждаемого РО

Существует два вида газодинамического шума в зависимости от скорости турбулентного потока газовой среды, проходящей сквозь дроссельную часть регулирующего органа, а именно шум потока газа, передвигающегося:

- со скоростью, гораздо меньшей скорости звука, в этом случае числа Маха  $M < 0,3$ ;
- с большими скоростями,  $0,3 \leq M \leq 1$ .

В силу того, что существует много факторов, которые влияют на появление в промышленных конструкциях регулирующих органов шума довольно сложно теоретически установить их виброакустические характеристики. «Поэтому в практических расчетах используются



полуэмпирические зависимости с различными поправочными коэффициентами. Для облегчения расчетов применяют специальные графики и таблицы». [1]

## 2.2 Способы защиты от шума регулирующих органов

Существует три способа ограничить влияние шума на работников, которые занимаются обслуживанием оборудования, а именно:

- увеличение расстояния до источника;
- шумо - и виброизоляция;
- наличие иных средств защиты.

Формула 2.2 служит для установления расстояния, на которое нужно отдалить источник шума:

$$L = L_{0,9} - 10 \lg r_{0,9} , \quad (2.2)$$

где  $r$  – расстояние от точки измерения до регулирующего органа.

Тем не менее, нужно учитывать то, что данный способ иногда не может быть осуществим в силу технологических особенностей или с точки зрения экономики [9].

Способ шумо - и виброизоляции построен на прямой зависимости амплитуды колебания давления в окружающей среде от амплитуды колебаний поверхности оборудования. Поэтому значительное уменьшение передачи шума в окружающее пространство может быть достигнуто при помощи увеличения толщины стенок газовых устройств и прилегающих к этим устройствам элементов газопровода. Таким образом, если увеличить толщину стенки газопровода в два раза, уровень шума уменьшится на 5 дБА.

На каждые 10мм толщины стенок уровень шума снижается на 4 дБА [10].

С целью защиты от шума регулирующих органов используют различные экраны, перегородки, кожухи из звукопоглощающих и

звукоизолирующих материалов, в последних эффект достигается благодаря звукоотражению.

Звукоизолирующими свойствами обладают такие материалы, как мастика, пластмасса, клей, стекловолокно, дерево, войлок. Наилучший эффект достигается при применении изолирующих ограждений, которые имеют много слоев.

Источник шума, а именно РО можно поместить в кожухи, внешняя сторона которых должна быть сделана из сплошных и плотных листовых материалов, а обратная сторона должна быть покрыта звукопоглощающим материалом.

В этом случае уровень звукового давления уменьшается примерно на 30 дБА. Материалы с открытыми каналами и порами обладают достаточно хорошими звукопоглощающими свойствами из-за того, что часть звуковой энергии уходит на трение.

Фиксировать звукопоглощающие материалы к источнику шума разрешено как вплотную, так и с воздушными прослойками. Лучше всего звук поглощают такие материалы, как перфорированные, пористые, рыхло-волокнистые.

Третий способ снижения уровня шума достигается благодаря применению диффузоров и глушителей. В основе этого способа лежит деление на две части общего перепада давлений, а именно часть перепада действует на регулирующий орган, а вторая часть гасится с помощью диффузора.

Существует большое количество разных конструкций диффузоров. Наибольший эффект дают диффузоры выполненные из пластин с отверстиями. Их располагают в газопроводах после регулирующих органов с пробковыми, шаровыми и заслоночными затворами, как правило, больших условных проходов. Такие диффузоры имеют небольшой размер, экономически эффективны, удобны в работе и способны уменьшить уровень звукового давления на 30 дБА.

Глушители, которые применяются для ослабления шума регулирующих органов представляют из себя устройства, имеющие перфорированные каналы квадратного или круглого сечения, покрытые с внешней стороны звукопоглощающими материалами. Наиболее простыми из них являются трубчатые глушители, их помещают внутрь газопровода. Такие глушители способны снизить шум приблизительно на 12 дБА [8]. Также глушители бывают пластинчатые, выполненные в виде колец или сот, они снижают шум на 4-7 дБА.

Реактивные глушители делают в виде камер с резонаторными отростками, которые в свою очередь настроены на конкретную частоту, а также с экранами и перегородками. Такие глушители отражают волны в направлении регулирующего органа, в то время как отраженная акустическая волна находится в фазе, имеющей противоположное значение падающей. Тем не менее, если толщина стенок глушителя не очень большая, то он может являться причиной звука. В таком случае на входе глушителя нужно ставить диффузор.

Все три проанализированных способа снижения шума регулирующих органов можно считать пассивными, так как они оказывают влияние только на среду, которая передает шум, но не на причину его возникновения.

Если уровень шума при передвижении газа через регулирующие органы превосходит 100 дБА, то применение перечисленных ранее способов является неэкономичным и зачастую даже недопустимо. Тогда наиболее рациональным решением данной проблемы является конструктивная модернизация газовых устройств.

### 2.3 Способы снижения вибраций и шумов газовых устройств

Уровень шума и вибрации может принимать большие значения при высокой скорости передвижения газовой среды через регулирующий орган, то есть при больших перепадах давлений.

Причем самые серьезные последствия, отрицательно воздействующие на функционирование системы редуцирования газа, а также на работников, появляются вследствие шумов и вибраций при передвижении газа со скоростью, которая приближающейся к скорости звука, когда  $0,3 \leq M < 1$ .

Поэтому самым важным условием ослабления высокого уровня шума и вибрации в источниках их появления является снижение скорости движения транспортируемой среды до скорости, когда числа Маха  $M < 0,3$ . Помимо этого при наличии больших перепадов давлений регулируемой среды существует вероятность излучения шума высокого уровня в результате пульсаций расхода среды, движущейся через регулирующие органы, а также силы, которая приложена к среде. Данная сила появляется вследствие взаимодействия ограждающих поверхностей и струй, кроме этого при столкновении в проточной части регулирующих органов струй рабочей среды, в результате чего появляются турбулентные вихри.

Известно, что акустическая мощность, которая излучается вследствие пульсаций расхода, пропорциональна их амплитуде, а она, тем временем, пропорциональна расходу [12].

Еще одним методом снижения шума в источнике его появления является увеличение в сжатом сечении дроссельного канала регулирующего органа давления  $p_c$ . Установлено, что при перемещении газа с высокой скоростью через регулирующий орган в его дроссельном канале возникает кольцевая изолированная полость, которая имеет низкое давление  $p_c$ , которое при определенных параметрах движения среды может достигать глубокого вакуума [13].

При протекании транспортируемой среды через регулирующий орган быстрое снижение давления в дроссельном канале  $p_c$  приводит к быстрому установлению критической скорости движения среды, вследствие чего также заметно увеличивается уровень шума.

Из чего следует, что благодаря повышению давления в кольцевой изолированной полости дроссельного канала до величины давления на

выходе регулирующего органа можно отсрочить момент появления критической скорости среды [14].

#### 2.4 Снижение вибраций и шумов газодинамического происхождения

Уменьшить вибрацию и шум при передвижении транспортируемой среды через регулирующие органы можно с помощью:

- замены режима работы регулирующего органа;
- подбора параметров;
- дросселирования транспортируемой среды.

Для воплощения в жизнь перечисленных способов ослабления вибраций и шума в каждом случае нужно знать аналитические зависимости или данные, полученные опытным путем по критическим параметрам передвижения газа принятых видов регулирующих органов или отдельных дроссельных элементов. Причем в случае протекания газа через регулирующий орган можно применять критерий критического течения.

Критерии критического течения транспортируемой среды через регулирующие органы можно выразить с помощью отношения  $(\Delta p/p_1)_{кр}$ , числа Маха  $M$ , коэффициента критического расхода транспортируемой среды  $C_f$ , а также другими зависимостями.

Таким же образом можно найти перепад давлений в регулирующих органах, который находится в соответствии с критическим течением среды:

$$\Delta p_{кр} C_{кр.г.}^2 = p_1 - p_{кр} C_f^2, \quad (2.3)$$

где  $C_f$  – коэффициент критического расхода транспортируемой среды;

$p_1$  – давление перед регулирующим органом;

$p_{кр}$  – давление в регулирующем органе при критическом режиме течения среды.

Поменяв эксплуатационные характеристики среды можно достигнуть условия, когда рабочий перепад давлений на регулирующем органе  $\Delta p \leq \Delta p_{кр}$

кр.г. В данной ситуации газодинамические шумы и вибрации заметно ослабляются [15].

В случае если при применении первого метода уменьшения вибраций и шумов существующие данные по критическим скоростям движения транспортируемой среды для требуемых типов регулирующих органов не могут обеспечить докритическое течение транспортируемой среды в заданной системе, то возникает необходимость применения второго способа. А именно конструктивное изменение регулирующих органов, используя опытные и аналитические зависимости критериев критического течения транспортируемой среды от геометрических параметров регулирующих органов.

В таком случае по режимным характеристикам потока транспортируемой среды находят коэффициент  $K_f$ :

$$K_f = \frac{p_1 - p_2}{p_1 - p_{кр}}, \quad (2.4)$$

где  $p_1$  – давление до регулирующих органов;

$p_2$  – давление после регулирующих органов;

$p_{кр}$  – давление в регулирующих органах при критическом режиме течения транспортируемой среды.

Затем применяют формулы для вычисления критических характеристик транспортируемой среды  $C_f$ .

Изменением геометрических характеристик частей регулирующих органов (дроссельной и проточной) добиваются осуществления такого условия, как: для потоков транспортируемой среды значение величины  $K_f$  должно быть меньше значения величины  $C_f^2$ .

В таких условиях газодинамических шум заметно уменьшается. Иногда приходится использовать многоступенчатый способ дросселирования потока транспортируемой среды. Данный способ применяется при наличии тяжелых условий эксплуатации, а именно высокие перепады температуры и давления потока транспортируемой среды, при которых достигнуть

ослабления шума при помощи одноступенчатого дроссельного устройства регулирующего органа просто невозможно [16].

Такой способ дает возможность уменьшить шум до минимального допустимого уровня почти при любых условиях работы. Тем не менее, у данного способа есть и минусы, конструкция регулирующего органа становится более сложной, увеличиваются как габаритные размеры, так и масса, и, как следствие, повышается стоимость. Поэтому к такому способу ослабления шума нужно прибегать в том случае, когда остальными, рассмотренными ранее способами при определенных параметрах потока невозможно добиться желаемого результата.

В ряде случаев целесообразно определить наиболее соответствующее решение при избрании одного или другого способа ослабления шума, причем необходимо рассмотреть данный способ с экономической точки зрения.

К примеру, в отдельных случаях целесообразнее поменять параметры процесса, чем усложнить и тем самым увеличить стоимость конструкции регулирующих органов.

Проанализируем немного более детально метод многоступенчатого дросселирования потока транспортируемой среды [17]. При данном способе можно использовать следующие варианты разделения перепадов давлений между отдельными дроссельными элементами.

Первый вариант построен на одинаковом распределении общего перепада давлений между всеми ступенями. В таком случае площади проходных сечений, а, стало быть, и скорости на всех ступенях дросселирования равны. Данный вариант дает возможность добиться уменьшения скорости движения потока транспортируемой среды в проходных сечениях в  $i$  раз в сравнении с одноступенчатым дросселированием заданного общего перепада давлений [18].

Минус данного варианта это то, что каждая ступень дросселирования работает в разных условиях с точки зрения появления критических скоростей потока транспортируемой среды. Причем величины коэффициента  $K_F$

близятся к критическим величинам соответственно  $K_T$  и  $K_{F_{кр}}$  только на крайних ступенях дросселирования, а предшествующие ступени тем временем работают в значительно более простых условиях.

Плюсом данного варианта является технологичность и доступность конструкции, в связи с тем, что все дроссельные устройства одинакового размера.

Второй вариант построен на обеспечении стабильности коэффициента  $K_F$  на каждой ступени дросселирования. В данном варианте дроссельные устройства разных площадей проходных сечений [19].

При перемещении транспортируемой среды скорости в каждом дроссельной устройстве приближаются к скоростям, которые измеряются по предельному расчетному значению  $K_{F_{кр}}$ . При данном значении уровни шума и вибрации не превосходят допустимых значений. В сравнении с первым вариантом в данном варианте заметно уменьшается количество ступеней дросселирования.



### 3 Научно исследовательский раздел

#### 3.1 Патентный анализ средств и методов снижения шума, создаваемого редукторами давления и клапанами

##### 1) Звукопоглотитель (патент US3791488A).

Звукопоглотитель, особенно для аэродинамических установок, содержит трубчатый корпус, закрытый на каждом конце с помощью охватывающего элемента, причем каждый элемент крышки оставляет свободное центральное сквозное отверстие. Внутри корпуса размещены две системы увлажнения, одна из которых является системой увлажнения, проходящей как продольное увлажняющее устройство над внутренней стенкой корпуса, а другая система увлажнения образована перегородками, расположенными перпендикулярно направлению сквозного потока и распределенными по длине корпуса. Эти перегородки покрывают только часть внутреннего отсека корпуса, свободного от продольного увлажняющего устройства [31].

Настоящее изобретение относится к новой и улучшенной конструкции звукопоглотителя или устройства для демпфирования звука, особенно для аэродинамических установок, и содержит трубчатый корпус, закрытый на каждом конце с помощью элемента крышки, который в каждом случае оставляет свободное центральное сквозное отверстие.

Звукопоглотители для аэродинамических установок должны быть спроектированы с учетом их свободного поперечного сечения потока, чтобы скорость потока и падение давления были как можно меньше. Эффективная зона увлажнения должна начинаться примерно с 200 Гц и должна быть очень широкополосной [32].

Для выполнения этих требований, как правило, необходимо обеспечить внутреннюю часть корпуса звукопоглотителя специальными установками. Это особенно важно, когда поперечное сечение корпуса является круглым, овальным или квадратным, то есть только слегка прямоугольной формы.

Предшествующий уровень техники уже знаком с конструкциями звукопоглотителей, имеющих установки, расположенные между корпусом. Чаще всего используется труба, выполненная из перфорированного листового металла и заполненная звукопоглощающим материалом. Такая перфорированная труба из листового металла предпочтительно используется для коаксиального монтажа в звукопоглотителях с круглым поперечным сечением. Кроме того, в этой конкретной области техники известно, что внутри корпуса звукопоглотителя имеется спиралевидный спиральный металлический лист длиной, соответствующей звукопоглотителю, то есть имеющему несколько катушек. С помощью этого известного типа установки в низкочастотной области не наблюдается никакого эффекта демпфирования звука, и в области средней частоты получается лишь очень слабый эффект увлажнения. В лучшем случае спираль листового металла эффективна в высокочастотной области, а именно, препятствуя так называемому звуковому излучению. Тем не менее, он имеет дополнительный недостаток, заключающийся в том, что в отношении сквозного потока воздуха создается наложение вращающегося потока и значительные дополнительные потери давления.

Соответственно, из того, что было объяснено выше, должно быть очевидно, что эта конкретная область техники по-прежнему нуждается в звукопоглощающих устройствах, которые не связаны с вышеупомянутыми недостатками и ограничениями самых современных предложений. Следовательно, основной задачей настоящего изобретения является создание новой и улучшенной конструкции звукопоглотителя, которая не связана с вышеупомянутыми недостатками рассмотренных ранее предложений и которая эффективно и надежно удовлетворяет существующую потребность в уровне техники [33].

Другая и более конкретная задача настоящего изобретения относится к новой и улучшенной конструкции звукопоглотителя, которая позволяет избежать недостатков известных поглотителей звука и, в частности,

направлена на обеспечение специальных установок для внутренней части звукопоглотителя, которые способны реализовать до среднего диапазона частот, то есть до третьей октавной полосы, высокое шумопоглощающее действие, не зависящее от увлажняющих устройств.

В соответствии с конкретным проявлением изобретения это еще один объект для почти полного подавления, так называемого звукового излучения, особенно для звукопоглотителей с неблагоприятным параметром, путем обеспечения надлежащим образом сконструированных установок, расположенных внутри звукопоглотителя [34].

Еще одна важная задача настоящего изобретения относится к новой конструкции звукопоглотителя, диапазон частот которой охватывает более высокое поглощение звука, по меньшей мере, на пять октав.

Теперь, чтобы реализовать эти и другие дополнительные задачи изобретения, которые станут более очевидными после того, как будет более подробное описание, изобретение предусматривает размещение двух увлажняющих систем внутри корпуса звукопоглотителя. Одна из увлажняющих систем проходит в виде продольного увлажняющего устройства над внутренней стенкой корпуса, а другая система увлажнения образована перегородками, расположенными перпендикулярно направлению сквозного потока и распределенными по длине корпуса. Перегородки покрывают только часть внутреннего отсека корпуса, который свободен от продольного увлажняющего устройства [35].

Согласно изобретению обе увлажняющие системы выполнены в соответствии с принципом резонатора. Перегородки вместе со свободными частичными поперечными сечениями и частично полыми отсеками, расположенными между перегородками, образуют низкочастотный резонатор. Кроме того, при поперечном сечении постоянной корпуса по длине звукопоглотителя разделительные стенки, распределенные по длине корпуса, расположены на одном и том же расстоянии друг от друга. Сечение корпуса, которое остается свободным от перегородок, приблизительно

соответствует сквозной поверхности соединительного отверстия звукопоглотителя на крышках корпуса. Перегородки могут быть выполнены в виде кольцеобразных или кольцевых дисков, установленных в корпусе и которые, в каждом случае, имеют внутреннее сквозное отверстие. Эти разделительные перегородки могут быть выполнены в виде поверхностных дисков, которые расположены на центральной оси корпуса и закреплены относительно корпуса и относительно стенки корпуса опорами. Наконец, перегородки могут быть соединены или поддерживаться опорами, проходящими вдоль продольной оси корпуса. Для каждого метра звукопоглотителя предпочтительно использовать, по меньшей мере, пять таких разделительных перегородок такого типа.

Если перегородки выполнены в виде кольцеобразных дисков, то реализуется предпочтительное конструктивное проявление звукопоглотителя, который акустически стремится к демпфирующему действию в нижнем проходе, как и в случае резонатора, и реализует очень благоприятную потерю давления.

Если же, с другой стороны, перегородки выполнены в виде поверхностных дисков, расположенных в центре корпуса, то их внешний диаметр должен соответствовать приблизительно внутреннему диаметру соединительных отверстий на крышках; внешний диаметр может быть несколько меньшим. Мало того, что таким образом реализованные перегородки покрыты звукопоглощающим материалом, например, минеральной ватой, вспененным пластиком, и это лишь несколько подходящих материалов. Тем не менее, в равной степени, возможно, также заполняют промежуточные отсеки между последовательными перегородками со звукопоглощающим материалом. На входной стороне потери давления устраняются соответствующим образом расположенным притоком, который расположен на самой передней перегородке [36].

Кроме того, перегородки могут быть формованными компонентами, образованными из металла, пластмассы, особенно формованных пластмасс или тому подобного.

Дополнительное преимущество изобретения состоит в том, что для конструкции системы увлажнения имеются сформированные резонаторные вставки из пластмассы и которые имеют форму коробки, открытой с одной стороны, со сквозными отверстиями на дне или полу. Эти вставки резонатора предпочтительно расположены так, что их открытая сторона обращена к внутренней стенке корпуса и разделительным перегородкам.

Особенно выгодная конструкция звукопоглотителя может быть реализована, если внутренняя стенка корпуса покрыта резонаторными вставками, расположенными рядом, близко друг за другом и направленными внутрь посредством их перфорированного пола [37]. Кроме того, вставки резонатора покрыты сплошным слоем звукопоглощающего материала (минеральной ваты), который удерживается жесткой сеткой, ситом или т.п. Внутренняя система увлажнения может состоять из образующихся разделительных перегородок или кольцеобразных дисков, и покрыта слоем минеральной ваты, разделительные перегородки, сливающиеся с продольным увлажняющим устройством. Могут быть использованы перегородки в виде круглых дисков, расположенных на центральной оси корпуса звукопоглотителя и которые, в свою очередь, вместе со звукопоглощающим материалом, расположенным на нем или между ними, закрыты ситом, сеткой или т.п. и поддерживаются в центре корпуса соответствующими опорами или стойками. Особенно хороший эффект также может быть реализован, если вставки резонатора закрыты на их открытой стороне, противостоящей внутренней стенке корпуса пластиковой фольгой или тому подобным. Изготовление предлагаемого шумоглушителя по изобретению упрощено тем, что обе увлажняющие системы выполняются в виде предварительно изготовленных блоков, и каждый из них сам по себе или может быть вставлен с головного конца в трубчатый корпус.

## 2) Звукопоглощающая конструкция (патент US3734234A).

Звукопоглощающая структура, обычно содержащая сотовый слой, подобный меду, непроницаемую подложку, закрывающую один конец ячеек, проницаемую облицовку, закрывающую другой конец ячеек, и наклонные пористые или проницаемые перегородки, имеющие определенное сопротивление потоку в каждой ячейке, для обеспечения контролируемого звукопоглощения в широком диапазоне частот и имеющие минимальную способность впитывать и удерживать жидкости. Работа конструкции относительно не зависит от материалов, из которых она изготовлена, и может, например, быть полностью изготовлена из металла. Он особенно подходит для ослабления звука в реактивных двигателях и других неблагоприятных условиях окружающей среды, требующих звукопоглощающих панелей, перегородок, воздухопроводов и разветвителей каналов [38].

Различные типы волокнистых сыпучих материалов, таких как стекловолокно или с открытыми порами пенопластов были использованы до сих пор в качестве эффективных звукопоглотителей в широком диапазоне частот. Хотя такие материалы обладают желательными акустическими свойствами, в некоторых случаях другие физические характеристики делают их непригодными для воздействия на тяжелые условия окружающей среды. Например, пена или сыпучие волокнистые материалы, изготовленные из органических веществ, могут быть разрушены или повреждены повышенными температурами. Связующие вещества, используемые для получения стекловолокна с некоторой степенью сцепления, также подвержены неблагоприятным изменениям при повышенных температурах. Еще одним недостатком многих поглотителей предшествующего уровня техники является то, что вибрация и высокая скорость газового удара являются причиной прогрессивного разрушения материала.

Необходимым условием многих применений является воздействие акустического поглощающего материала на жидкости, такие как вода или

топливо. В некоторых случаях жидкость может находиться в виде паров, тумана или аэрозолей. Объемные волокна или пены имеют тенденцию удерживать такие жидкости капиллярным действием, тем самым нарушая работу. Помимо возможного ухудшения желаемых акустических свойств, удерживание легковоспламеняющихся жидкостей может создать серьезные опасности. По этим причинам использование объемных волокнистых материалов и пенопластов практически исключено для применения в авиационных двигателях или вблизи них, газовых турбинах и т.п [39].

Основными альтернативами использования объемного волокна или пены в качестве звукопоглощающего средства являются резонаторы или структуры, известные как ламинарные поглотители. Примеры этих предшествующих устройств показаны в патенте США №. 3313634 и 3439774. Эти два типа устройств несколько связаны, как видно из следующего обсуждения. Специалистам в данной области известно, что тонкий проницаемый лист из резистивного материала, отделенный от непроницаемой поверхности воздушным пространством, обеспечивает полезную звукопоглощающую структуру типа, известного как ламинарные поглотители. Звукопоглощающий спектр ламинарного поглотителя состоит из серии поглощающих пиков, разделенных частотными диапазонами, в которых происходит незначительное поглощение или вовсе отсутствует. Если звуковые волны ударяют по проницаемой поверхности под косым углом, желательно, чтобы пространство за проницаемым листом было отсечено. Для этого общая конструкция содержит сэндвич-панель с использованием одного проницаемого листа, одного непроницаемого листа и вставленного сотового сердечника. Таким образом, материал сердцевины обеспечивает требуемое секционирование. Эта схема раскрыта в вышеупомянутых патентах предшествующего уровня техники и может также быть найдена в патенте США №. 2159498.

Можно расширить полосы частот, в которых упомянутая выше панель является поглощающей, с использованием двух или более проницаемых

листов, разделенных двумя или более основными структурами. Такое устройство показано в патенте США. № 3439774. Однако эти структуры оказались очень дорогими и сложными в построении [40].

Тип проницаемых листов, используемых для изготовления предшествующих ламинарных поглотителей, обычно формируется из довольно тесно тканых материалов или пластмассового текстиля, войлочных металлических или неметаллических волокон или их комбинаций. Во всех случаях они обладают заметной устойчивостью к протеканию через лист. Это сопротивление потоку имеет большое значение для процесса диссипации звука, как будет объяснено более подробно ниже. Если вместо тканых или войлочных листов используется перфорированный лист, структуру можно рассматривать как резонатор Гельмгольца или, если воздушное пространство отсечено, в качестве параллельного массива таких резонаторов [41]. Такие массивы резонаторов обычно более резко настраиваются и, следовательно, эффективны только в ограниченном диапазоне частот. Если перфорации довольно многочисленны и имеют малый размер, поведение решетки резонатора имеет тенденцию приближаться к истинному ламинарному поглотителю.

Ламинарные поглотители или резонаторы использовались в определенных применениях, по необходимости, вместо объемных волокон или пенопластов, несмотря на несколько серьезных недостатков, из-за их совместимости с серьезными условиями окружающей среды. Одним из недостатков была их ограниченная полоса пропускания поглощения по сравнению с объемными материалами. Попытки преодолеть этот недостаток за счет использования нескольких слоев приводят к неприемлемо тяжелым структурам [42].

Было обнаружено, что как обычные ламинарные поглотители, так и резонаторные структуры не линейны по своим акустическим свойствам, так что, если они лучше всего работают при одном уровне звукового давления, они будут работать менее эффективно при более высоком или более низком



уровне давления. Следовательно, оптимальная акустическая прокладка трубопровода для использования при подавлении шума высокой интенсивности должна фактически строиться с материалами, свойства которых являются функцией позиционирования в канале. Соответственно, техническая проблема, очевидно, очень сложна [43].

В настоящем изобретении предложена звукопоглощающая система, которая функционально и структурно отличается от механизма распределения с распределенным потоком объемного волокна или ламинарного поглотителя или резонатора, как это было ранее известно. Новая структура изобретения работает с помощью нового и ранее неоткрытого акустического механизма. Эта новая концепция основана на использовании по существу чистых резистивных элементов, в отличие от известных устройств, которые имеют в действительности в основном реактивный характер.

В своей простейшей форме настоящее изобретение содержит проницаемый лист, который отделен от непроницаемого листа клеточной структурой, где каждая ячейка снабжена наклонной перегородкой резистивного материала. Геометрия структуры должна соответствовать заданной математической модели, как подробно изложено в следующей части этой спецификации. Также будет описано множество видов и / или вариантов осуществления, включающих эту новую геометрию и концепцию.

Поэтому задачей настоящего изобретения является создание новой и улучшенной структуры, пригодной для использования в экстремальных условиях окружающей среды, которая демонстрирует акустическое поглощение в широком диапазоне, сравнимое с широким диапазоном объемных волокон или пенопластов.

Другой целью изобретения является создание новой улучшенной звукоизолирующей структуры, которая не будет впитывать или удерживать значительное количество жидкостей.

Еще одна задача изобретения состоит в том, чтобы обеспечить новую и улучшенную звукопоглощающую структуру, которая является гораздо более линейной по своей акустической характеристике по сравнению с предыдущими поглотителями, так что она будет эффективно работать в широком диапазоне уровней звукового давления.

Другой целью настоящего изобретения является создание новой и улучшенной звукопоглощающей структуры, которая проста и экономична для изготовления.

Еще одна цель изобретения состоит в том, чтобы создать новую и улучшенную звукопоглощающую структуру, которая является прочной и легкой по весу, так что ее можно использовать в качестве несущего нагрузку элемента в воздушном судне и в подобных применениях [44].

Прежде чем описывать структурные детали изобретения, желательно представить более подробно соответствующий звукопоглощающий процесс.

Распространение звука связано с возмущением движущегося давления и сопровождающим колебанием частиц жидкости. Таким образом, устойчивость к движению частиц или течению через акустический материал является принципиально важным свойством. Хорошо известно, что сопротивление потоку даже постоянному потоку через акустический материал тесно связано с акустическим сопротивлением материала. Поточное сопротивление акустического материала определяется как отношение разности давлений материала к полученной скорости жидкости.

Распространение звука связано с возмущением движущегося давления и сопровождающим колебанием частиц жидкости. Таким образом, устойчивость к движению частиц или течению через акустический материал является принципиально важным свойством. Хорошо известно, что сопротивление потоку даже постоянному потоку через акустический материал тесно коррелирует с акустическим сопротивлением материала, т. е. его устойчивость к смещению осцилляции.

При таких больших значениях вся система снова становится очень нелинейной и, таким образом, может работать только в узком диапазоне звуковых давлений, отчасти потому, что ее процесс самонастройки, как описано выше, терпит неудачу. Более того, частотная характеристика системы теряет свои широкополосные характеристики и, в лучшем случае, будет характеризоваться несколькими резонансными пиками поглощения. Основываясь на обширных испытаниях, делается вывод, что обычный перфорированный металл непригоден для использования в наклонных элементах, но эти фиброзные листы хорошо подходят для этой цели. Существует определенная металлическая фольга, имеющая почти микроскопические перфорации, которые обеспечивают значения промежуточного соединения между обычными перфорациями и войлочным волокном или ткаными листами. Они обеспечивают полезную, хотя и не оптимальную производительность при использовании в качестве наклонных элементов.

Очевидно, что базовая концепция может быть реализована в самых разных формах. Также очевидно, что изложенные здесь принципы могут применяться только частично или с неоптимальными значениями параметров, приводящими к, по-видимому, различным геометриям.

Проницаемый или перфорированный лицевой лист, типичный для конструкций предшествующего уровня техники, не требуется или даже особенно желательно для любой акустической функции в настоящем изобретении. При желании можно использовать облицовку по структурной, аэродинамической или другой причине. При использовании он должен быть достаточно низким в сопротивлении потоку и свободно проникать в звук, чтобы не мешать функции наклонных элементов перегородки. Если облицовка имеет порядок сопротивления потоку, обычно используемый для ламинарных поглотителей, общий импеданс комбинации серии представляет собой векторную сумму этого из-за наклонного элемента и из-за облицовки. Это обеспечивает дополнительную степень гибкости для дизайнера. На

фигуре 5 и 6 показано изобретение с перфорированным облицовочным листом и альтернативной формой наклонного элемента, установленного в каждой ячейке. Здесь наклонный проницаемый элемент содержит пару листов 23-24, которые образуют треугольный элемент в каждой ячейке.

Из вышесказанного будет видно, что физическое воплощение изобретения может быть выполнено многими способами, причем исключительно важно, чтобы те функции, которые были общими для нескольких описанных вариантов осуществления, были включены в любую данную структуру. В качестве сводки функционирование устройства согласно изобретению может быть описано следующим образом: при работе звуковая волна, подлежащая абсорбции, поступает в трубчатый элемент или отсек, содержащий волновод. Так как расстояние между сторонами трубки предполагается меньше половины длины волны, единственный способ распространения звука к торцевой стенке или задней пластине - в форме плоской волны. Перекрестные моды не могут распространяться в трубе, размер которой меньше половины длины волны. Когда плоская волна проходит по трубе, она постепенно пересекает наклонный или диагонально расположенный элемент сопротивления потоку. Поток через последовательные участки наклонного элемента реконструирует плоскую волну (несколько ослабленную) на противоположной стороне наклонного элемента.

В отличие от устройств предшествующего уровня техники типа, использующего несколько или связанных резонаторов, настоящее изобретение нечувствительно к относительным объемам отсеков с обеих сторон проницаемой перегородки. Это связано с тем, что настоящее изобретение не функционирует как резонатор, а является скорее новой формой сопротивления распределенного потока.

Общее поведение оказывается менее подверженным изменениям уровня звукового давления падающего звука, чем ожидалось ранее, когда материал в наклонном элементе несколько нелинейный по сопротивлению

потоку. Это можно интерпретировать, рассмотрев сначала случай простого ламинарного поглотителя, сопротивление потока которого слишком велико. В этом случае нормально падающая волна сразу поражает всю поверхность и частично отражается из-за несоответствия импеданса, вызванного чрезмерным сопротивлением потоку. Теперь рассмотрим диагональный элемент, сопротивление потока которого слишком велико. Прогрессивная звуковая волна не сразу отражается, а часть, которая не проходит через резистивный наклонный элемент потока, идет к задней пластине. Сходящееся поперечное сечение этого пути вызывает увеличение звукового давления в волновом фронте. Это повышенное звуковое давление вызывает увеличение локального объемного расхода через элемент. Таким образом, по меньшей мере, частично, не оптимальное сопротивление потоку компенсируется новым наклонно расположенным элементом настоящего изобретения. Из этого следует, что избыточное сопротивление потоку является менее вредным, чем неадекватное сопротивление потоку из-за этого присущего самовыравнивания, характерного для настоящего изобретения. Специалистам в данной области техники будет очевидно, что могут быть внесены различные модификации в типичные варианты осуществления изобретения, показанные и описанные выше.

### 3) Устройство для акустической защиты оператора (патент RU 2643205 C1)

«Изобретение изображено на рисунке 3.1 и относится к средствам безопасности работы операторов в условиях чрезвычайных ситуаций, в частности при повышенных уровнях шума. Устройство для акустической защиты оператора содержит рабочее место оператора, оснащенное средствами снижения шума. Рабочее место оператора расположено между акустическими экранами, которые защищают оператора от прямого звука, распространяющегося от виброактивного оборудования. Над рабочей зоной установлен акустический подвесной потолок, размещенный в верхней зоне помещения». [29] «Для снижения звуковой вибрации

рабочее место оператора оснащено полом на упругом основании, осуществляющем двухкаскадную виброзащиту оператора. Также предусмотрен кулисный звукопоглотитель, который состоит из жесткого каркаса, подвешиваемого за крючья на тросах к потолку здания с расположенным внутри каркаса звукопоглощающим материалом, обернутым сетчатой капроновой тканью, а к каркасу прикреплен просечно-вытяжной стальной лист». [29] «Устройство также содержит стеновые акустические шумопоглощающие панели, установленные на перекрытии, при монтаже которых используют ленточную прокладку вибростек-м, которую укладывают в два слоя в местах их опоры на пол, а также в местах соприкосновения панелей с боковыми стенами и потолком». [29] «При монтаже используют герметик типа Вибросил: однокомпонентный виброизолирующий силиконовый герметик для герметизации стыков и соединений в специальных звукоизолирующих конструкциях. В качестве виброизолирующих стеновых креплений используют виброфлекс - амортизирующее устройство для решения задач по снижению уровня шума и передачи вибраций в помещениях любого типа и назначения. Для монтажа к вертикальным ограждающим конструкциям используют стеновые варианты креплений типа ЕР - микропористый полиуретановый эластомер, специально для решения задач звуко - и виброизоляции». [29] «Акустическая шумопоглощающая панель выполнена в виде звукопоглощающего элемента в виде корпуса с внешней и внутренней перфорированными стенками, между которыми размещены слои звукопоглощающего материала. Первый слой, более жесткий, выполнен сплошным и профилированным и закреплен на внешней поверхности. Вторым слоем, более мягкий, чем первый, выполнен прерывистым и расположен в фокусе звукоотражающих поверхностей первого слоя. Третий слой звукопоглощающего элемента выполнен из вспененного звукопоглощающего материала, например строительной герметизирующей пены, и расположен между первым, более жестким

слоем, и перфорированной поверхностью звукопоглощающего элемента».

[29] «Прерывистый звукопоглощающий слой, расположенный в фокусе сплошного профилированного слоя, выполнен в форме тел вращения и крепится с помощью стержней, параллельных перфорированным поверхностям, которые жестко связаны между собой посредством вертикальных, перпендикулярных к ним крепежных элементов, один конец которых жестко закреплен на гладкой поверхности, а второй выполнен в виде хомута, охватывающего стержень и стягивающего его винтом». [29] «Сплошной профилированный слой выполнен из более жесткого звукопоглощающего материала, у которого коэффициент отражения звука больше, чем коэффициент звукопоглощения. Профили образованы сферическими поверхностями, соединенными между собой таким образом, что в целом каждый из профилей образует цельный куполообразный профиль, фокусирующий отраженный звук на один и тот же мягкий прерывистый звукопоглощающий слой». [29] «Прерывистый звукопоглощающий слой, расположенный в фокусе сплошного профилированного слоя, содержит по крайней мере одну жесткую резонансную оболочку с резонансными отверстиями, выполняющими функции горловины резонаторов Гельмгольца, при этом полость оболочки представляет собой дополнительный объем резонаторов Гельмгольца. Изобретение позволяет повысить эффективность шумоглушения». [29]

«Изобретение относится к средствам безопасности работы операторов в условиях чрезвычайных ситуаций, в частности при повышенных уровнях шума». [29]

«Наиболее близким техническим решением по технической сущности и достигаемому результату является акустическая защита по патенту РФ №2583441 [прототип] как способ акустической защиты оператора, заключающийся в том, что рабочее место оператора оснащают средствами снижения шума». [29]

«Недостатком технического решения, принятого в качестве прототипа, является сравнительно невысокая эффективность шумоглушения за счет сравнительно невысокого коэффициента звукопоглощения». [29]

«Технический результат - повышение эффективности шумоглушения». [29]

«Это достигается тем, что в устройстве акустической защиты оператора, содержащем рабочее место оператора, расположенное между акустическими экранами, и акустический подвесной потолок, в верхней зоне помещения для снижения звуковой вибрации рабочее место оператора оснащают полом на упругом основании, при этом осуществляют двухкаскадную виброзащиту оператора». [29]

«Переход звуковой энергии в тепловую (диссипация, рассеивание энергии) происходит в порах звукопоглощающего материала, представляющих собою модель резонаторов Гельмгольца, где потери энергии происходят за счет трения колеблющейся с частотой возбуждения массы воздуха, находящегося в горловине резонатора о стенки самой горловины, имеющей вид разветвленной сети пор шумопоглощающего материала». [29] «Причем иглопробивные маты состоят из волокон, имеющих диаметр не ниже предельно допустимого гигиенического значения, не содержат канцерогенных асбестовых и керамических волокон, а в их состав не входят такие вредные связующие, как фенол. Поэтому с уверенностью их можно отнести к классу тепло-звукоизоляционных материалов, соответствующих высоким гигиеническим и противопожарным требованиям. Добавим, что стекловолокнистые материалы имеют низкую теплопроводность, не поддаются влиянию пара, масла, воды, обладают высокой температурной стабильностью». [29]

«Слои 31 и 35 из мягкого звукопоглощающего материала разной плотности могут быть выполнены, например, из базальтового или



стеклянного волокна). В волокнистых поглотителях рассеяние энергии колебания воздуха и превращение ее в тепло происходит на нескольких физических уровнях. Во-первых, вследствие вязкости воздуха, а его очень много в межволоконном пространстве, колебание частиц воздуха внутри поглотителя приводит к трению». [29] «Переход звуковой энергии в тепловую (диссипация, рассеивание энергии) происходит в порах звукопоглотителя, представляющих собою модель резонаторов Гельмгольца, где потери энергии происходят за счет трения колеблющейся с частотой возбуждения массы воздуха, находящегося в горловине резонатора о стенки самой горловины, имеющей вид разветвленной сети пор звукопоглотителя. Кроме того, происходит трение воздуха о волокна, поверхность которых также велика. В-третьих, волокна трутся друг о друга и, наконец, происходит рассеяние энергии из-за трения кристаллов самих волокон. Этим объясняется, что на средних и высоких частотах коэффициент звукопоглощения волокнистых материалов находится в пределах 0,4...1,0». [29]

«Устройство для акустической защиты оператора работает следующим образом». [29]

«Внутри помещений, где велика площадь открытого кирпича, штукатурки, бетона, кафеля, стекла, металла, всегда слышно долгое эхо. Если в таких помещениях есть несколько источников звука (разговор людей, музыка, производственные шумы), то прямой звук накладывается на его громкие первые отражения, что приводит к неразборчивости речи и повышенному уровню шума в помещении. Для снижения или коррекции времени реверберации помещений в его отделке применяют звукопоглощающие материалы и конструкции (звукопоглотители)». [29] «С акустической точки зрения звукопоглотители могут быть разделены на следующие группы: пористые (в т.ч. волокнистые); пористые с перфорированными экранами; резонансные; слоистые конструкции; штучные или объемные». [29]

«Пористые звукопоглотители изготавливают в виде плит, которые крепятся к ограждающим поверхностям непосредственно или на основе, из легких и пористых минеральных штучных материалов - пемзы, вермикулита, каолина, шлаков и т.п., с цементом или другим вяжущим. Такие материалы достаточно прочны и могут быть использованы для снижения шума в коридорах, фойе, лестничных маршах общественных и промышленных зданий». [29]

«Сырьем для их производства служат древесные волокна, минеральная вата, стеклянная вата, синтетические волокна. Поверхность волокнистых звукопоглотителей обрабатывается специальными пористыми красками, пропускающими воздух (например, Acutex T) или покрывается воздухопроницаемыми тканями или неткаными материалами, например лутрасилом». [29]

«В настоящее время волокнистые звукопоглотители являются наиболее употребительными в строительной практике. Они не только оказались наиболее эффективными с акустической точки зрения в широком частотном диапазоне, но и отвечают возросшим требованиям, предъявляемые к дизайну помещений». [29]

«В волокнистых поглотителях рассеяние энергии колебания воздуха и превращение ее в тепло происходит на нескольких физических уровнях. Во-первых, вследствие вязкости воздуха, а его очень много в межволоконном пространстве, колебание частиц воздуха внутри поглотителя приводит к трению. Кроме этого, происходит трение воздуха о волокна, поверхность которых также велика. В-третьих, волокна трутся друг о друга и, наконец, происходит рассеяние энергии из-за трения кристаллов самих волокон. Этим объясняется, что на средних и высоких частотах коэффициент звукопоглощения волокнистых материалов находится в пределах 0,4...1,0». [29]

«Напомним, что коэффициент звукопоглощения равен отношению не отразившейся (поглощенной внутри и прошедшей сквозь) от

поверхности энергии колебания воздуха к полной энергии, воздействующей на поверхность. Коэффициенты звукопоглощения большинства строительных материалов см. в таблице 1. Волокнистые и пористые материалы используют в основном для улучшения акустических качеств в кинотеатрах, театрах, концертных залах, студиях, аудиториях. Кроме того, они используются для уменьшения шума в детских садах, школах, больницах, ресторанах, офисах, торговых залах, вестибюлях, залах ожидания, производственных помещениях». [29]

«Рабочее место оператора 15 надежно защищено как от акустической нагрузки на оператора, так и от механических факторов производственной среды, таких, например, как витающая в цехе стружка или движущиеся части оборудования». [29]

«Звукопоглощающая плита типа ШУМАНЕТ-ЭКО или ШУМАНЕТ-БМ: Звукопоглощающая плита из минеральной ваты. Плиты ШУМАНЕТ-БМ применяются в качестве эффективного среднего слоя в конструкциях звукоизолирующих каркасных перегородок или облицовок из листов ГКЛ/ГВЛ, ДСП, фанеры, а также в системах акустических перфорированных экранов или подвесных потолков». [29]

«Вибростек – М - это упакованная в рулон лента из звукоизоляционного стеклохолста. Изоляция структурного шума обеспечиваются за счет упругих свойств пористо-волокнистой структуры материала. Это определяет стабильные физико-механические характеристики прокладки под статическими и динамическими нагрузками, а также сохранение заявленных акустических свойств в течение длительного срока эксплуатации». [29]

«При монтаже сэндвич - панелей ленточная прокладка Вибростек-М укладывается в два слоя в местах их опоры на пол, а также в местах соприкосновения панелей с боковыми стенами и потолком. При монтаже каркасных перегородок и облицовок материал Вибростек-М, применяется между профилями каркаса (крепежными элементами) и

несущими строительными конструкциями. Ленты материала Вибростек-М применяются также в местах примыкания обшивных листов перегородки (облицовки) к другим строительным конструкциям». [29]

«Герметик типа Вибросил: однокомпонентный виброизолирующий силиконовый герметик Вибросил предназначен для герметизации стыков и соединений в специальных звукоизолирующих конструкциях. Герметик обеспечивает высокую виброизоляцию стыков между строительными конструкциями. Снижает распространение структурного шума по ним и тем самым повышает их собственную звукоизоляцию. Применяется для заполнения швов в конструкциях звукоизоляционных (плавающих) полов, панельной системы, каркасных звукоизолирующих перегородок и облицовок. Состав: герметик изготовлен на основе силиконовых смол и кремнийсодержащих модифицирующих добавок». [29]

«Виброизолирующие стеновые крепления Виброфлекс (фиг. 3) - это амортизирующее устройство для решения задач по снижению уровня шума и передачи вибраций в помещениях любого типа и назначения. Для монтажа к вертикальным ограждающим конструкциям разработаны стеновые варианты креплений типа ЕР. Область применения: стеновые крепления применяются для устройства звукоизоляционных облицовок стен, виброизоляции трубопроводов инженерных сетей, вентиляционных каналов, подвесного инженерного оборудования и других виброизлучающих агрегатов. Состав: конструкция выполнена на основе уникального материала Sylomer - это микропористый полиуретановый эластомер, специально разработанный для решения задач звуко- и виброизоляции». [29]

«Кулисный штучный звукопоглотитель составной (фиг. 5) состоит по крайней мере из двух частей жесткого каркаса, стягиваемого хомутами и подвешиваемого за крючья на направляющих (на чертеже не показано) либо непосредственно крепящегося к потолку производственного здания. Внутри каркаса расположен

звукопоглощающий материал, обернутый сетчатой капроновой тканью или стеклотканью. В некоторых случаях поверх стеклоткани 3 к каркасу может быть прикреплен просечно-вытяжной стальной лист (на чертеже не показан)». [29] «Каркас может быть выполнен по форме в виде прямоугольного параллелепипеда с размерами ребер  $d \times h \times b$ , отношение которых лежит в оптимальном интервале величин  $d:h:b=2:1:0,5$ , или куба с размером ребра  $k \times L$ , где  $\min L=100$  мм;  $k$  - коэффициент пропорциональности, лежащий в пределах от 1 до 10 с шагом 2. Внутри кулис могут быть выполнены полости, не заполненные звукопоглощающим материалом». [29] «Кулисный звукопоглотитель работает следующим образом». [29]

«Звуковые волны, распространяясь в производственном помещении, взаимодействуют с заполненными звукопоглотителем полостями. Звукопоглощение на низких и средних частотах происходит за счет акустического эффекта, построенного по принципу резонаторов Гельмгольца, образованных полостями. Различные объемы резонансных полостей служат для подавления звуковых колебаний в требуемом звуковом диапазоне частот, как правило, большие объемы для подавления шума в низкочастотном диапазоне, а малые в области средних и высоких частот». [29]

«Предложенный способ акустической защиты является эффективным способом борьбы с производственными шумами». [29]

«Возможен вариант акустической шумопоглощающей панели для облицовки кабины оператора, выполненной в виде звукопоглощающего элемента (фиг. 9)». [29]

«Третий слой 44 звукопоглощающего элемента выполнен из вспененного звукопоглощающего материала, например строительной герметизирующей пены, который повышает звукоизолирующие свойства конструкции в целом, за счет заполнения пустот, образованных слоями 37 и 38, а также увеличивает надежность конструкции в целом при

установке ее на оборудовании, работающем в условиях с повышенными ударными и вибрационными нагрузками. Третий слой 44 расположен между первым, более жестким слоем 39, и перфорированной поверхностью 38 звукопоглощающего элемента». [29]

«Возможен вариант выполнения прерывистого звукопоглощающего слоя 40, расположенного в фокусе сплошного профилированного слоя 39, в виде по крайней мере одной жесткой резонансной оболочки 46 с резонансными отверстиями 45, выполняющими функции горловины резонаторов Гельмгольца, а полость оболочки 46 представляет собой дополнительный объем резонаторов Гельмгольца». [29]

«Затем звуковая энергия попадает на сплошной профилированный слой 39 из звукопоглощающего материала, образованного сферическими поверхностями, образующими цельный куполообразный профиль, и фокусирующий отраженный звук на мягкий звукопоглотитель. Здесь осуществляется переход звуковой энергии в тепловую (диссипация, рассеивание энергии), т.е. в порах звукопоглотителя, представляющих собою модель резонаторов Гельмгольца, имеют место потери энергии за счет трения колеблющейся с частотой возбуждения массы воздуха, находящегося в горловине резонатора, о стенки самой горловины, имеющей вид разветвленной сети микропор звукопоглотителя». [29]

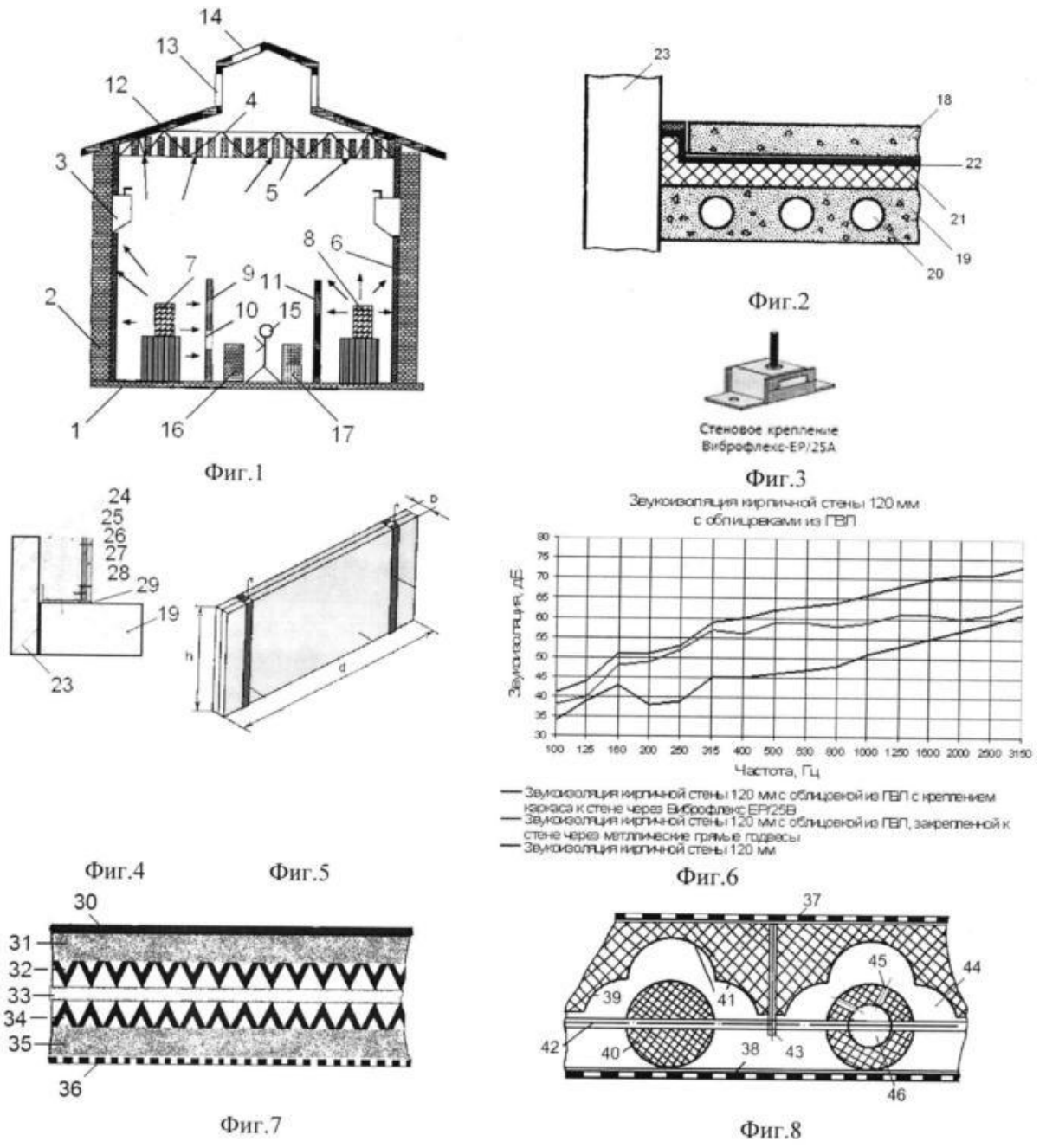


Рисунок 3.1 - Устройство для акустической защиты оператора

### 3.2 Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции (патент RU 2651981 С1)

«Изобретение изображено на рисунке 3.2 и относится к звукоизоляции оборудования со средствами широкополосного шумоглушения и может быть использовано во всех отраслях народного хозяйства в качестве средства защиты от шума». [30] «Технический результат заключается в повышении эффективности глушения шума.

Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции выполнен в форме прямоугольного параллелепипеда, охватывающего технологическое оборудование. Технологическое оборудование установлено на по крайней мере четыре виброизолирующие опоры, которые базируются на перекрытии здания. Между основанием технологического оборудования и вырезом в нижней грани прямоугольного параллелепипеда выполнен зазор». [30] «Внутри кожуха установлен вентилятор, а в звукоизолирующем ограждении выполнены вентиляционные каналы, внутренние стенки которых обработаны звукопоглощающим материалом и акустически прозрачным материалом. В кожухе предусмотрены глушители шума, установленные на входном и выходном вентиляционных каналах». [30] «На внутренней поверхности звукоизолирующего ограждения закреплен звукопоглощающий элемент в виде гладкой и перфорированной поверхностей, между которыми размещена многослойная звукопоглощающая конструкция. Каждая из четырех виброизолирующих опор системы виброизоляции выполнена в виде виброизолятора пружинного с сетчатым демпфером, содержащего основание, крышку и расположенный между ними упругий элемент». [30] «Основание виброизолятора выполнено в виде пластины с крепежными отверстиями, на которой через промежуточный вибродемпфирующий элемент закреплен опорный элемент, а упругий элемент выполнен комбинированным, состоящим из цилиндрического сетчатого упругодемпфирующего элемента, охватываемого цилиндрической винтовой пружиной. Сетчатый упругодемпфирующий элемент нижней частью опирается на опорный элемент основания, а верхней фиксируется на крышке, цилиндрическая винтовая пружина упирается в основание, охватывая его опорный элемент, и фиксируется на крышке, а плотность сетчатой структуры сетчатого упругодемпфирующего элемента находится в оптимальном интервале величин  $1,2 \div 2,0 \text{ г/см}^3$ ». [30] «Материал проволоки упругих сетчатых элементов – сталь марки ЭИ-708, а диаметр



ее находится в оптимальном интервале величин 0,09÷0,15 мм. Сетчатый упругодемпфирующий элемент выполнен комбинированным, состоящим из сетчатого каркаса, залитого эластомером». [30]

«Изобретение относится к звукоизоляции оборудования со средствами широкополосного шумоглушения и может быть использовано во всех отраслях народного хозяйства в качестве средства защиты от шума». [30]

«Наиболее близким техническим решением к заявляемому объекту является акустический кожух для оборудования по патенту РФ №2311286 (прототип), содержащий корпус и расположенные внутри его демпфирующие элементы, а также шумопоглощающую вставку со звукопоглощающим материалом». [30]

«Недостатком известных устройств является сравнительно невысокая эффективность шумоглушения за счет отсутствия глушителей шума в отверстиях кожуха, предназначенных для соблюдения теплового баланса». [30]

«Технический результат - повышение эффективности глушения шума. Это достигается тем, что в звукоизолирующем кожухе с системой виброизоляции, выполненном в форме прямоугольного параллелепипеда, охватывающего технологическое оборудование, технологическое оборудование установлено на, по крайней мере, четыре виброизолирующие опоры, которые базируются на перекрытии здания, при этом между основанием технологического оборудования и вырезом в нижней грани прямоугольного параллелепипеда выполнен зазор, предназначенный для исключения передачи вибраций от технологического оборудования к звукоизолирующему ограждению кожуха, а для обеспечения требуемого микроклимата при выполнении технологического процесса внутри кожуха установлен вентилятор, причем в звукоизолирующем ограждении выполнены вентиляционные каналы для устранения перегрева оборудования, при этом внутренние

стенки вентиляционных каналов обработаны звукопоглощающим материалом и акустически прозрачным материалом типа «повиден», при этом для снижения аэродинамического шума вентиляционной системы в кожухе предусмотрены глушители шума, установленные соответственно на входном и выходном вентиляционных каналах, при этом на внутренней поверхности звукоизолирующего ограждения закреплен звукопоглощающий элемент в виде гладкой и перфорированной поверхностей, между которыми размещена многослойная звукопоглощающая конструкция». [30]

«На фиг. 1 представлена схема звукоизолирующего кожуха с системой виброизоляции, на фиг. 2, 3 - схема варианта виброизолятора одной из четырех виброизолирующих опор 3 и 4 системы виброизоляции, на которой установлено технологическое оборудование 1, базирующееся на перекрытии 5 здания». [30]

«Звукоизолирующий кожух (фиг. 1) с системой виброизоляции охватывает технологическое оборудование 1, которое установлено на перекрытии 5 здания. Звукоизолирующий кожух установлен посредством по крайней мере четырех виброизолирующих опор 12 и 13, выполненных из упругого материала, например мягкой резины, полиуретана. Звукоизолирующий кожух 6 облицован с внутренней стороны звукопоглощающим элементом 7 и имеет форму прямоугольного параллелепипеда с вырезом в его нижней грани под основание 2 технологического оборудования 1». [30] «Основание 2 технологического оборудования 1 установлено на по крайней мере четыре виброизолирующие опоры 3 и 4, которые базируются на перекрытии 5 производственного здания, при этом между основанием 2 технологического оборудования 1 и вырезом в нижней грани прямоугольного параллелепипеда выполнен зазор, предназначенный для исключения передачи вибраций от технологического оборудования 1 к звукоизолирующему ограждению 6». [30] «Для обеспечения требуемого

микроклимата при выполнении технологического процесса внутри кожуха установлен вентилятор 15 с вентиляционными каналами 8 и 9 для устранения перегрева оборудования, при этом внутренние стенки 10 вентиляционных каналов 8 и 9 обработаны звукопоглощающим материалом 11 и акустически прозрачным материалом типа «повиден». Для снижения аэродинамического шума вентиляционной системы в кожухе предусмотрены глушители шума 14 и 16, установленные соответственно на входном 8 и выходном 9 вентиляционных каналах». [30]

«На фиг. 2 представлен общий вид виброизолятора пружинного одной из четырех виброизолирующих опор 3 и 4 системы виброизоляции, на которой установлено технологическое оборудование 1, базирующееся на перекрытии 5 здания, на фиг. 3 - фронтальный разрез виброизолятора пружинного». [30]

«Виброизолятор пружинный выполнен с сетчатым демпфером и содержит основание 17, крышку 20 и расположенный между ними упругий элемент. Основание 17 выполнено в виде пластины с крепежными отверстиями 18, на которой через промежуточный вибродемпфирующий элемент 23 закреплен опорный элемент 19. Упругий элемент выполнен комбинированным, состоящим из цилиндрического сетчатого упругодемпфирующего элемента 22, охватываемого цилиндрической винтовой пружиной 21, причем сетчатый упругодемпфирующий элемент нижней частью опирается на опорный элемент основания, а верхней фиксируется на крышке, а цилиндрическая винтовая пружина упирается в основание, охватывая его опорный элемент, и фиксируется на крышке. Промежуточный вибродемпфирующий элемент 23, расположенный между опорным элементом 19 и основанием 17, выполнен из полиуретана». [30]

«Возможен вариант, когда цилиндрическая винтовая пружина комбинированного упругого элемента выполнена с покрытием ее витков вибродемпфирующим материалом, например полиуретаном». [30]

«Виброизолятор пружинный с сетчатым демпфером работает следующим образом». [30]

«При колебаниях виброизолируемого технологического оборудования 1, расположенного на крышках 20 виброизоляторов, цилиндрическая винтовая пружина 21 и сетчатый упругодемпфирующий элемент воспринимают как вертикальные, так и горизонтальные нагрузки, ослабляя тем самым динамическое воздействие на технологическое оборудование 1, т.е. обеспечивается пространственная виброзащита и защита от ударов. Кроме того, снижаются динамические нагрузки на перекрытие 5 здания, в котором установлено технологическое оборудование 1». [30]

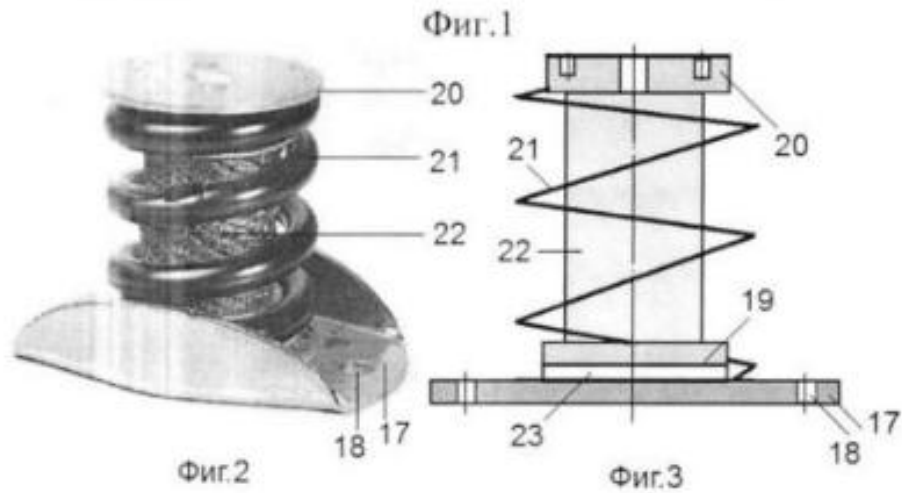
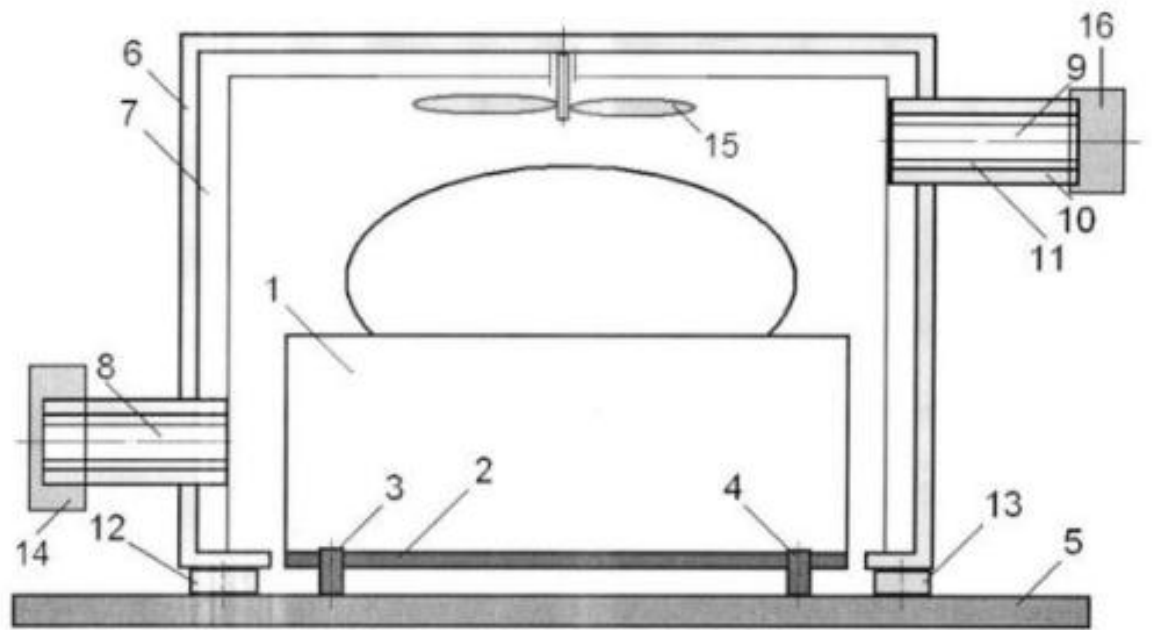


Рисунок 3.2 - Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции

«Формула изобретения. Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции, выполненный в форме прямоугольного параллелепипеда, охватывающего технологическое оборудование, технологическое оборудование установлено на по крайней мере четыре виброизолирующие опоры, которые базируются на перекрытии здания, при этом между основанием технологического оборудования и вырезом в нижней грани прямоугольного параллелепипеда выполнен зазор, предназначенный для исключения передачи вибраций от

технологического оборудования к звукоизолирующему ограждению кожуха, а для обеспечения требуемого микроклимата при выполнении технологического процесса внутри кожуха установлен вентилятор, причем в звукоизолирующем ограждении выполнены вентиляционные каналы для устранения перегрева оборудования, при этом внутренние стенки вентиляционных каналов обработаны звукопоглощающим материалом и акустически прозрачным материалом типа «повиден», при этом для снижения аэродинамического шума вентиляционной системы в кожухе предусмотрены глушители шума, установленные соответственно на входном и выходном вентиляционных каналах, при этом на внутренней поверхности звукоизолирующего ограждения закреплен звукопоглощающий элемент в виде гладкой и перфорированной поверхностей, между которыми размещена многослойная звукопоглощающая конструкция, отличающийся тем, что каждая из четырех виброизолирующих опор системы виброизоляции выполнена в виде виброизолятора пружинного с сетчатым демпфером, содержащего основание, крышку и расположенный между ними упругий элемент».

[30] «При этом основание виброизолятора выполнено в виде пластины с крепежными отверстиями, на которой через промежуточный вибродемпфирующий элемент закреплен опорный элемент, а упругий элемент выполнен комбинированным, состоящим из цилиндрического сетчатого упругодемпфирующего элемента, охватываемого цилиндрической винтовой пружиной, причем сетчатый упругодемпфирующий элемент нижней частью опирается на опорный элемент основания, а верхней фиксируется на крышке, а цилиндрическая винтовая пружина упирается в основание, охватывая его опорный элемент, и фиксируется на крышке, а плотность сетчатой структуры сетчатого упругодемпфирующего элемента находится в оптимальном интервале величин  $1,2 \div 2,0$  г/см<sup>3</sup>, причем материал проволоки упругих сетчатых элементов – сталь марки ЭИ-708, диаметр ее находится в

оптимальном интервале величин  $0,09\div 0,15$  мм, а сетчатый упругодемпфирующий элемент выполнен комбинированным, состоящим из сетчатого каркаса, залитого эластомером, например полиуретаном».

[30]

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Главная причина появления шума на ГРС это пульсации давления газа, которые начинаются в процессе его регулирования. Для того чтобы уменьшить пульсации давления существует большое количество методов и устройств. Определение способа и устройства должно происходить на стадии планирование газопровода, однако порой это просто невозможно, по причине того что акустические параметры среды в газопроводе неизвестны [31].

В данной магистерской работе были рассмотрены УТ, в которых трудятся работники ГРС, определены источники возникновения шума на ГРС, изучено влияние шума на организм людей, проведен анализ имеющихся методов и устройств ослабления аэродинамического шума, а также технических решений для воплощения их в жизнь, предложен способ ослабления уровня шума на ГРС.

С целью спасения от шума регулирующих органов рекомендовано использовать различные экраны, перегородки, кожухи из звукопоглощающих и звукоизолирующих материалов, в последних эффект достигается благодаря звукоотражению, а также изолирующие ограждения, диффузоры, глушители шума, а также гасители пульсаций давления. Благодаря использованию перечисленных устройств можно добиться улучшения безопасности технологического процесса перевоза и подачи газа и улучшения УТ сотрудников.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Заяц, И.Б. Снижение шума при эксплуатации газораспределительных станций магистральных газопроводов [Текст]: дис. ... канд. тех. наук: 05.26.03: защищена 26.06.15: утв. 20.10.15 / Заяц Игорь Богданович. - М., 2015. - 118 с. - Библиогр.: с.108-117. - 04201501386.

2. Заяц, И. Б. Методика расчета звуковых полей в движущихся средах [Текст] / И. Б. Заяц, Н. Г. Яговкин, Б. С. Заяц // Современное общество, образование и наука: сб. научн. тр. по мат. Матер. Междунар. заочн. научн.практ. конф. 25 июня 2012 г.: в 3 ч. – Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-НаукаОбщество», 2012. – Ч. 3. – С. 161-162.

3. Заяц, И. Б. Исследование шумовых характеристик магистрального газопровода на территории газораспределительных станций [Текст] / И. Б. Заяц, Б. С. Заяц // Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов ЕЛРПТ – 2013: сб. тр. IV Междунар. экологического конгресса. – Тольятти: ТГУ, 2013. – С. 156-160.

4. Чайницын, Г. Л. Эксплуатация газораспределительных станций магистральных газопроводов [Текст] / Г. Л. Чайницын. – М: Недра, 1971. – 168 с.

5. Об утверждении Типовых норм бесплатной выдачи сертифицированных специальной одежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты работникам жилищно-коммунального хозяйства, занятым на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением [Электронный ресурс]: Приказ Министерства здравоохранения и социального развития РФ от 3 октября 2008 г. N 543н (ред. от 20.02.2014). URL: <http://base.garant.ru/194107/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/> (дата обращения 04.06.2018)

6. Блохинцев, Д. И. Акустика неоднородной движущейся среды [Текст] / Д. И. Блохинцев. – М.: Изд-во «Наука», 1981. – 206 с.
7. Исакович, М. А. Общая акустика [Текст] / М. А. Исакович. – М.: Изд-во «Наука», 1973. – 475 с.
8. Заяц, И. Б. Оценка эффективности систем управления производственными объектами по параметру точность [Текст] / И. Б. Заяц, Н. Г. Яговкин, Н. Н. Боярова // Будущие исследования: матер. 8 (Международ. научн.-практ. конф. – София: «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2012. – Т. 34 «Технологии. Физика». – С. 60-63.
9. Арзуманов, Э. С. Снижение шума и вибрации в регулирующих органах клапанов [Текст] / Э. С. Арзуманов, Л. Н. Нисман. – М.: Изд-во «ЦИНТИ», 1976. – 48 с.
10. Арзуманов, Э. С. Гидравлические регулирующие органы систем автоматического управления [Текст] / Э. С. Арзуманов. – М.: Изд-во «Машиностроение», 1985. – 256 с.
11. Тихонова, О.А. Оценка влияния шума на работников газораспределительных станций [Текст] / О.А. Тихонова // Электронный журнал Аллея науки. - 2018. – №5. – С.22-28.
12. Кузнецов, В.М. Основы теории шума турбулентных струй [Электронный ресурс] / В.М. Кузнецов. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2008. — 240 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2691>. — ЭБС «lanbook»
13. Арзуманов, Э. С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях [Текст] / Э. С. Арзуманов. – М.: Изд-во «Энергия», 1978. – 304 с.
14. Donald A. Miller. Third environmental pollution symposium: Noise [Text] / Miller A. Donald// Water, Air, and Soil Pollution. - Volume 2, Issue 3, 1973. - PP 253–254.
15. Norman C. Pereira. Introduction to Noise Pollution [Text] / Pereira C. Norman// Air and Noise Pollution Control. - PP 393–410.

16. N. D. Kuznetsov, S. I. Veselov, G. G. Kartashov. Sound-absorbing composite structures for gas-turbine engines [Text] / Kuznetsov N. D. // *Mechanics of Composite Materials*. - Volume 19, Issue 5, 1984. - PP 617–622.
17. D. F. Juang, C. H. Lee, T. Yang, M. C. Chang. Noise pollution and its effects on medical care workers and patients in hospitals [Text] / Juang D. F. // *International Journal of Environmental Science & Technology*. - Volume 7, Issue 4, 2010. - PP 705–716.
18. P. O. Maruscha, I. M. Danyliuk, T. Vuherer, R. T. Bishchak. Impact Strength of Main gas Pipeline Steel After Prolonged Operation [Text] / Maruscha P. O. // *Metallurgist*. - Volume 59, Issue 3–4, 2015. – PP 324–329.
19. ГОСТ 12.1.003 – 83. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [Текст].- Введ. 1983–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – IV, 10 с.
20. ГОСТ 12.1.023-80. Шум. Методы установления значений шумовых характеристик стационарных машин [Текст]. – М.: Госстандарт СССР, 1980. – 62 с.
21. Скрыбина, Л.Б. Справочник по контролю промышленных шумов [Текст] / Л.Б. Скрыбина. - М.: Машиностроение, 1979. - 447 с.
22. Звукоизолирующая панель с максимально возможной звукоизолирующей способностью [Текст]: пат. 94027718 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82 (195.01) / Абракитов В.Э.; заявитель и патентообладатель Абракитов В.Э. - № 94027718/33; заявл. 22.07.1994; опубл. 20.05.1996, Бюл. № 03. - 2 с.: ил.
23. Шумозащитный элемент и шумозащитный экран [Текст]: пат. 49834 Рос. Федерация: МПК E01C 1/00 (2000.01) / Бреннер Ральф.; заявитель и патентообладатель Бонгард ГМБХ УНД КО.КГ. - № 2005112867/22; заявл. 27.04.2005; опубл. 10.12.2005, Бюл. № 34. - 3 с.: ил.
24. Тупов, В.Б. Снижение шума от энергетического оборудования: учебное пособие для вузов по направлению «Теплоэнергетика» [Текст] / В.Б. Тупов. - М.: Издательство МЭИ, 2005. – 232 с.

25. Колосов Ю.В. Защита от вибраций и шума на производстве [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Колосов Ю.В., Барановский В.В.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Университет ИТМО, 2011.— 43 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66447.html>.— ЭБС «IPRbooks».

26. Саликов А.Р. Технологические потери природного газа при транспортировке по газопроводам [Электронный ресурс]: магистральные газопроводы, наружные газопроводы, внутридомовые газопроводы/ Саликов А.Р.— Электрон. текстовые данные.— М.: Инфра-Инженерия, 2015.— 112 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/40252.html>.— ЭБС «IPRbooks».

27. Гунькина Т.А. Эксплуатация магистральных газопроводов и газохранилищ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гунькина Т.А., Полтавская М.Д.— Электрон. текстовые данные.— Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2015.— 206 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/63158.html>.— ЭБС «IPRbooks».

28. Клапан запорно – регулирующий [Текст]: пат. 2334147 Рос. Федерация: МПК F16K 3/24 (2006.01), F16K 47/02 (2006.01) / Коблев А.Н.; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «НПО «Промавтоматика». - № 2006143100/06; заявл. 05.12.2006; опубл. 20.09.2008, Бюл. № 26. - 1 с.: ил.

29. Устройство для акустической защиты оператора [Текст]: пат. 2643205 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82 (2006.01), G10K 11/16 (2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2016149843; заявл. 19.12.2016; опубл. 31.01.2018, Бюл. № 4. - 2 с.: ил.

30. Звукоизолирующий кожух с системой виброизоляции [Текст]: пат. 2651981 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82 (2006.01), G10K 11/16 (2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2017111782; заявл. 07.04.2017; опубл. 24.04.2018, Бюл. № 12. - 2 с. : ил.

31. Колесников, А. Е. Шум и вибрация [Текст] / А. Е. Колесников. – Л.: Изд-во «Судостроение», 1988. – 248 с.

32. Звукоизолирующий кожух со встроенной системой виброизоляции [Текст]: пат. 265198 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82 (2006.01), G10K 11/16 (2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2017111781; заявл. 07.04.2017; опубл. 24.04.2018, Бюл. № 12. - 1 с. : ил.

33. Звукоизолирующее ограждение Кочетова [Текст]: пат. 2554044 Рос. Федерация: МПК F16P 1/02(2006.01), E01F 8/00(2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2014125704/11; заявл. 25.06.2014; опубл. 25.06.2014, Бюл. № 17. - 1 с. : ил.

34. Способ защиты оператора от производственного шума [Текст]: пат. 2646876 Рос. Федерация: МПК E04B 1/84(2006.01), G10K 11/16(2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2017120740; заявл. 14.06.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 8. - 1 с. : ил.

35. Звукоизолирующий экран [Текст]: пат. 162971 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82(2006.01) / Канев Д.Н.; заявитель и патентообладатель Канев Д.Н. - № 2014144867/03; заявл. 10.11.2014; опубл. 10.07.2016, Бюл. № 19. - 1 с. : ил.

36. Звукоизолирующая перегородка [Текст]: пат. 163606 Рос. Федерация: МПК E04B 1/86(2006.01) / Боганик А.Г.; заявитель и патентообладатель ООО «Акустик Групп», Боганик А.Г.. - № 2016101351/03; заявл. 19.01.2016; опубл. 27.07.2016, Бюл. № 21. - 2 с. : ил.

37. Многослойная звукоизолирующая панель [Текст]: пат. 127781 Рос. Федерация: МПК E04C 2/00(2006.01) / Савкин Д.В.; заявитель и патентообладатель Савкин Д.В., - № 2012147693/03; заявл. 09.11.2012; опубл. 10.05.2013, Бюл. №13. - 2 с. : ил.

38. Слоистая звукоизолирующая панель [Текст]: пат. 2536549 Рос. Федерация: МПК E04B 1/86(2006.01), B32B 7/12(2006.01) / Фурнье Д.; заявитель и патентообладатель БПБ Лимитед,- № 2011140608/03; заявл. 20.04.2013; опубл. 27.12.2014, Бюл. №36. - 2 с. : ил.

39. Облегченная звукоизолирующая панель [Текст]: пат. 123431 Рос. Федерация: МПК E04B 1/82(2006.01) / Асмнин В.Ф.; заявитель и

патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежская государственная лесотехническая академия",- № 2012130680/03; заявл. 17.07.2012; опубл. 27.12.2012, Бюл. №36. - 2 с. : ил.

40. Двойная звукоизолирующая конструкция с обшивками из слоистых вибродемпфирующих панелей [Текст]: пат. 108057 Рос. Федерация: МПК E04B 2/00(2006.01) / Кочкин А.А., Кочкин Н.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Вологодский государственный технический университет" (ВоГТУ),- № 2011116574/03; заявл. 26.04.2011; опубл. 10.09.2011, Бюл. №25. - 1 с. : ил.

41. Многосекционный глушитель шума [Текст]: пат. 2641993 Рос. Федерация: МПК F01N 1/00(2006.01) / Кочетов О.С.; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. - № 2016139562; заявл. 10.10.2016; опубл. 23.01.2018, Бюл. № 3. - 1 с. : ил.

42. Устройство для снижения уровня шума газотурбинного двигателя [Текст]: пат. 154809 Рос. Федерация: МПК F02K 1/34(2006.01), F02C 7/24(2006.01) / Низовцев В.Е., Климов Д.А., Бортников А.Д., Халецкий Ю.Д., Почкин Я.С.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова"- № 2015101005/06; заявл. 16.01.2015; опубл. 10.09.2015, Бюл. №25. - 2 с. : ил.

43. Звукопоглощающая панель [Текст]: пат. 2307216 Рос. Федерация: МПК E04B 1/86(2006.01), G10K 11/16(2006.01) / Кривоносов В.В., Железина Г.Ф., Гуляев И.Н., Соловьева Н.А., Сидорова В.В.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов" (ФГУП "ВИАМ")- № 2005140791/03; заявл. 27.12.2005; опубл. 27.09.2007, Бюл. №27. - 2 с. : ил.

44. Звукопоглощающая панель [Текст]: пат. 2593401 Рос. Федерация: МПК E04B 1/84(2006.01) / Устинов Ю.Ф., Муравьев В.А., Гольцов Д.Н., Чернышев Д.И.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежский государственный архитектурно-строительный университет"- № 2015106452/03; заявл. 25.02.2015; опубл. 10.08.2016, Бюл. №22. - 1 с. : ил.