

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт

Рыскулбеков Нариман Ануарович

Снижение шума в салоне автомобиля системой активного шумоподавления

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 6В07108 – Транспортная инженерия

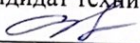
Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева

Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт

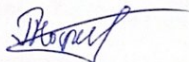
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Технологические машины и транспорт
кандидат технических наук
 Бортебаев С.А.
« 12 » 11 2023г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Снижение шума в салоне автомобиля системой активного шумоподавления»

6В07108 – Транспортная инженерия

Выполнил



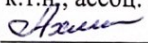
Рыскулбеков Н.А.

Рецензент

Доктор РНД, ассоц. профессор
 Бакыт Г.Б..
« 13 » 07 2023г.



Научный руководитель
к.т.н., ассоц. профессор

 Ахметова Ш.Д.
« 09 » июня 2023г.

Алматы 2023

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество «Казахский национальный исследовательский
технический университет имени К.И.Сатпаева

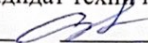
Институт Энергетики и машиностроения

Кафедра Технологические машины и транспорт

6B07108 – Транспортная инженерия

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
Технологические машины и транспорт
Кандидат технических наук

 Бортебаев С.А.
« 28 » 11 2023г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Рыскулбеков Нариман Ануарович

Тема: «Снижение шума в салоне автомобиля системой активного шумоподавления»

Утверждена приказом №408-П-Ө от 23.11.2023 г

Срок сдачи законченной работы «12» июня 2023 г.

Исходные данные к дипломной работе: Разработка конструкции рабочего оборудования для повышения степени механизации погрузочных работ

Краткое содержание дипломной работы:

- а) Принцип действия системы активного шумоподавления.
- б) Анализ научно-технической и патентной литературы.
- в) Описание выбранной конструкции
- г) экономическая часть.

Перечень графического материала: представлены 10 слайдов презентации работы, 6 чертежей формата А3 (общий вид, патентное исследование, подборка, рабочие чертежи)

Рекомендуемая основная литература: из 11 наименований

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Анализ научно-технической и патентной литературы	1.03.2023 г. - 16.03.2023 г.	<i>выполнено</i>
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	26.03.2023 г. - 15.04.2023 г.	<i>выполнено</i>
Расчетно - конструкторская часть	20.04.2023 г. - 5.05.2023 г.	<i>выполнено</i>
Чертежи разработанного узла, патентный лист, детализовка	6.05.2023 г. - 18.05.2023 г.	<i>выполнено</i>

Подписи
консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу
с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Анализ научно-технической и патентной литературы	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	<i>30.05.23</i>	<i>Ахи</i>
Чертежи общего вида, рабочего оборудования	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	<i>05.06.23</i>	<i>Ахи</i>
Расчетно - конструкторская часть	Ахметова Ш.Д. Кандидат технических наук, ассоциированный профессор	<i>06.06.23</i>	<i>Ахи</i>
Нормоконтроллер	А.Т. Альпеисов Кандидат технических наук, доцент, ассоциированный профессор	<i>08.06.23</i>	<i>АТ</i>

Научный руководитель

Ахи Ахметова Ш.Д.

Задание принял к исполнению обучающийся

Рыскулбеков Рыскулбеков Н.А.

Дата

" 23 " ноября 2023 г.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассмотрена система активного шумоподавления в салоне автомобиля. Работа проведена на основе расчетов и литературно-патентного анализа. В мероприятии по внедрении системы были включены следующие работы: проведен обзор на систему активного шумоподавления; осуществлен литературно-патентный анализ; проведен анализ комплектующих системы; определены потребности материала; спроектировано технологическое оборудование; проведена компоновка технологического оборудования; рассчитан режим работы шумомерного устройства.

АННОТАЦИЯ

Дипломдық жұмыста автомобиль салонындағы белсенді шуды жою жүйесі қарастырылған. Жұмыс есептеулер мен әдеби-патенттік талдау негізінде жүргізілді. Жүйені енгізу жөніндегі іс-шараға мынадай жұмыстар енгізілді: Белсенді шуды болдырмау жүйесіне шолу жүргізілді; әдеби-патенттік талдау жүзеге асырылды; жүйенің құрамдас бөліктеріне талдау жүргізілді; материалдың қажеттіліктері айқындалды; технологиялық жабдық жобаланды; технологиялық жабдықты құрастыру жүргізілді; Шу өлшегіш құрылғының жұмыс режимі есептелді;

ANNATATION

In the thesis, the system of active noise reduction in the car interior is considered. The work was carried out on the basis of calculations and literary and patent analysis. The following works were included in the implementation of the system: an overview of the active noise reduction system was carried out; a literary and patent analysis was carried out; an analysis of the system components was carried out; material needs were determined; technological equipment was designed; the layout of technological equipment was carried out; the operating mode of the noise measuring device was calculated.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Теоретическая часть	9
1.1 Принципы построения систем активного шумоподавления	9
1.2 Обзор предметной области и конструктивных особенностей аналогов	12
1.3 Разработка структурной схемы системы активного шумоподавления для салона автомобиля	17
1.4 Определение основных требований к разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля	19
2 Устройство и принцип действия автомобильной системы активного шумоподавления	20
2.1 Изучение технологии системы активного шумоподавления	20
2.2 Особенности разработки	21
3 Подбор возможных вариантов составляющих	23
3.1 Подбор возможных вариантов аппаратного ядра блока обработки	23
3.2 DSP процессор TMS320F2808	24
3.3 Микроконтроллер STM32L152VBT6 серии STM32	25
4 Образец системы активного шумоподавления для салона автомобиля	28
4.1 Структурная схема системы активного шумоподавления для салона автомобиля	29
4.2 Блок усилителя принимающего микрофона	31
4.3 Блок усилителя мощности для излучающих динамиков	32
4.4 Аппаратные модули	34
5 Выбор автомобиля для установки системы активного шумоподавления	35
6 Выбор оптимального места установки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34	37
6.1 Оптимальное место установки микрофонов и усилителей микрофона	37
6.2 Оптимальное место установки отладочного модуля	38
6.3 Оптимальное место установки динамиков и блока усилителя динамиков	39
7 Установка системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34	40
8 Методики проверки системы	42
9 Методика проверки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34	46
10 Технико-экономический анализ проектной части работы	47
Заключение	48
Список использованной литературы	49

ВВЕДЕНИЕ

В нынешнем мире проблема повышенного шума весьма актуальна. Было проведено множество исследований на тему влияния шума на состояние человека, которые установили, что излишняя зашумлённость негативно влияет на состояние человека. Постоянное воздействие шума на человека может вызвать хронический стресс, ухудшение самочувствия, потерю работоспособности.

Различные ситуации, связанные с шумами окружающей среды, возникают крайне часто. Разрешение любой проблемы шумов окружающей среды зачастую требует немалых усилий и значительных вложений денежных средств. Шумы окружающей среды являются всемирной проблемой. Однако подходы к ее решению в разных странах различны и находятся в большой зависимости от культуры, экономики и политики этой страны. Проблема остается даже в тех областях, где обширные ресурсы были затрачены для регулирования, оценки и заглушенных источников шума или для возведения шумовых барьеров. Например, огромные усилия были направлены на ослабление шума автодорог за счет его непосредственного источника. Современные автомобили являются намного более тихими, чем выпускавшиеся десять лет назад. Однако колоссальное увеличение количества автотранспортных средств привело к тому, что всех ранее принимаемых мер стало недостаточно, а уровень шума еще больше увеличился. Производство менее шумных автомобилей в какой-то мере устранило проблему, но не смогло решить ее окончательно.

Поэтому применяются разнообразные способы борьбы с шумом. В общем случае их можно разделить на две большие группы: административные и технические.

Данная дипломная работа направлена на осуществление шумоподавления с использованием технических способов. Они подразделяются на пассивные и активные методы шумоподавления. Пассивные методы шумоподавления сводятся к использованию различных типов материалов и их сочетания для создания звуконепроницаемых барьеров в необходимой области. Как правило, такие материалы представляют собой всевозможные вспененные, переплетающиеся или чередующиеся структуры. За счет такой структуры достигается многократное внутреннее переотражение звуковых волн, что приводит к их затуханию. Классическим примером чередующейся структуры является многокамерный стеклопакет. Чем больше камер будет у такого стеклопакета, тем сильнее он будет ослаблять звуковые волны. При всей своей простоте, пассивное шумоподавление не лишено недостатков. Одним из самых распространённых является необходимость достаточно большой толщины звукопоглощающего материала для существенного ослабления шума, что иногда невозможно реализовать ввиду ограниченности защищаемого пространства. Также повышается стоимость итогового шумоизоляционного покрытия.

Активные методы шумоподавления в физическом плане весьма просты. Это способы устранения нежелательных звуковых (или в целом колебательных) волн с помощью наложения на них специально сгенерированного воздействия.

В частном случае это волна с неизменной амплитудой, но противофазная оригиналу. Столь простое решение наглядно демонстрируется тем, что уже в 1934 году был выдан патент изобретателю Полу Люгу на систему управления шумом. В патенте описывается метод подавления синусоидальных сигналов и случайных звуков вокруг громкоговорителя путем изменения полярности. Но, не смотря на общую физику работы систем активного шумоподавления, способы построения и принципы работы таких систем очень разнообразны. Одним из самых старых и поэтому самый распространенный способ - это реализация шумоподавления в наушниках. Изначально использовался для пилотов самолетов, новпоследствии перекочевал в потребительский сектор. Позволяет устранить шумпрямо на входе в ушной канал пользователя. Именно такой способ реализации позволяет сделать систему активного шумоподавления компактной, но в то же время весьма ограниченной в области применения. Следующий способ реализации рассматриваемых систем – шумоподавление в автотранспорте. Впервые начал применяться в самолетах, но, опять же, перекочевал и в сферу массового пользования. Массовость весьма условна, поскольку системы активного шумоподавления устанавливаются только в автомобили премиум класса в дополнениек качественной пассивной шумоизоляции. За счет ограниченного внутреннего пространства автомобиля, монотонного характера шумов, а также, преимущественно, передачу колебаний через корпус, удастся добиться подавления шумовв достаточно высокой степени.

В последние десятилетия в связи с экспоненциальным ростом количества автомобилей в городах значительно вырос уровень шума. В больших городах этот показатель на 40 % выше, чем в других населенных пунктах. Автомобилисты также подвержены воздействию шумового загрязнения. Оно негативно влияет на нервную систему, становится причиной многих опасных болезней. Согласно санитарным нормам, днем рядом со зданиями уровень шума не должен быть больше 55-58дБ и 45-48 дБ с 11 вечера до 7 утра. Максимально допустимые уровни шума в жилых районах составляют 40дБ днем и 30дБ ночью. Чем дольше длится воздействие шума, тем вреднее для физического и психического здоровья людей. Длительное пребывание в зоне с шумом 68-92 дБ может стать причиной заболеваний нервной системы. В городских условиях уровень шума в неподвижном автомобиле может достигать 25-30 дБ. В движении на скорости 60 км/чуровень шума в салоне автомобиля может превысить 58 дБ, а при 90 км/ч - 65 дБ.Итак, водитель во время движения находится в среде с повышенным уровнем шума. Это негативно сказывается на нервной системе, нарушает внимание и концентрацию и в целом вредит здоровью. К тому же автомобиль - это источник повышенной опасности, и водитель должен быть предельно внимательным и сконцентрированным, чтобы избегать ситуаций, в которых могут пострадать люди. Таким образом, представляются актуальными изучение и разработка новых систем шумоподавления, которые можно использовать в автомобилях.

1 Теоретическая часть

1.1 Принципы построения систем активного шумоподавления

Система активного шумоподавления (Active Noise Control, Active Noise Cancellation, ANC, Active Noise Reduction, ANR) является современной высокотехнологической разработкой, которая нашла широкое применение в самых разнообразных технических устройствах: аудиосистемах, автотранспорте, системах вентиляции и серверных шкафах.

Принцип работы систем активного шумоподавления при рассмотрении без привязки к конкретному изделию, достаточно прост. Звук представляет собой волну, состоящую из двух чередующих стадий - сжатия и разрежения. Для осуществления активного шумоподавления звуковая волна предварительно регистрируется с помощью приемника. Далее записанную звуковую волну подвергают процессу изменения её фазы на противоположную. Устройство воздействия воспроизводит подготовленную звуковую волну с той же амплитудой, но с уже измененной (противоположной) фазой. За счет процесса интерференции происходит уменьшение результирующей амплитуды звука. Как правило, данный процесс необходимо осуществлять в режиме реального времени, поскольку малейшая задержка в процессе записи, инвертирования или воспроизведения будет приводить к искажению звуковых волн и, как следствие, может привести к ещё большему увеличению шума.

Не смотря на общий в физическом плане принцип работы систем активного шумоподавления, в зависимости от конечного назначения конструктивное исполнение данных систем достаточно разнообразно.

Самым наглядным примером, который иллюстрирует работу данных систем, а также относительно простым в исполнении является применение систем активного шумоподавления в наушниках (см. рисунок 1.1).

Изначально наушники с системой активного шумоподавления применялись в составе комплекта экипировки военных летчиков. Звуковое давление, создающееся при взлете самолета, легко может превышать величину 120дБ. При звуковом давлении порядка 140 дБ может произойти разрыв барабанных перепонки, а при превышении 160дБ – возможен разрыв легких с летальным исходом. Для защиты летчиков от столь высоких значений звукового давления помимо организации шумоизоляции кабины самолета применялись специальные шлемы, изготовленные с применением комплекса материалов. Но, в процессе технического развития конструкция самолетов претерпела изменения. Двигатели стали мощнее, за счет чего уменьшилось время взлета и увеличилась скорость полёта. Негативным эффектом стало увеличение звукового давления, вследствие чего используемых ранее мер защиты пилота стало недостаточно. Развитие элементной базы приборостроения позволило включить в состав экипировки летчика наушники с системой активного шумоподавления. Впоследствии, как это обычно и бывает с военными разработками, данное решение постепенно перебралось в сектор гражданского применения.

Внутри наушников, оснащенных системой активного шумоподавления, расположены микрофоны. Их задача – измерение уровня окружающего шума. Получаемый извне звуковой сигнал подвергается инвертированию фазы волны и передается на основной динамик. Новая волна действует в противофазе (за вычетом полезного сигнала – музыки) к шуму и, таким образом в идеале, сводит его звучание к нулю.

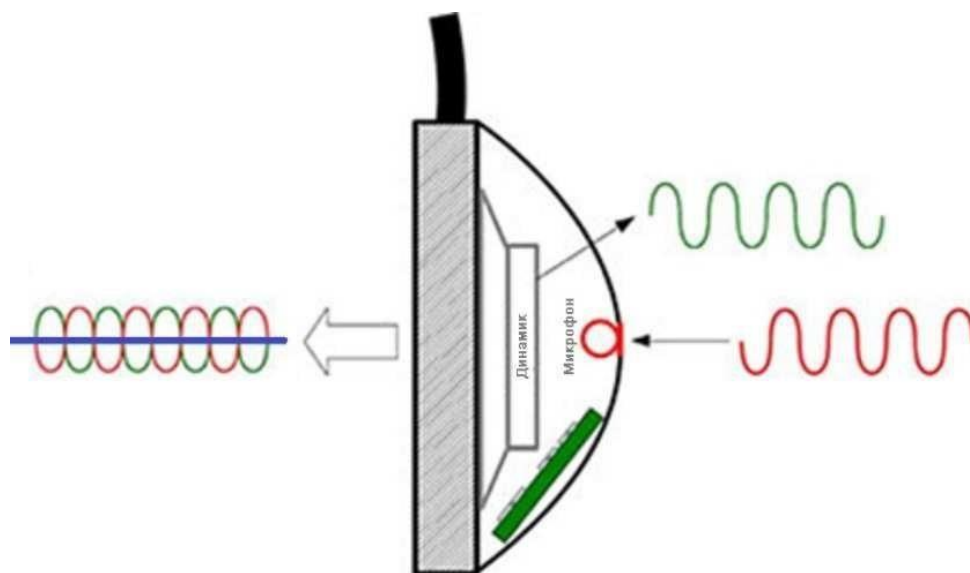


Рисунок 1.1 – Схема устройства системы активного шумоподавления в наушниках

На самом деле, шум не устраняется наушниками в полном объеме. Часть не устранённого шума «перемешивается» в полезный сигнал, например, в музыкальную композицию. Кто-то этого не замечает, но у некоторых людей могут возникать неприятные ощущения.

Более технически сложное исполнение систем активного шумоподавления можно наблюдать в сфере автотранспорта. Подобные системы устанавливаются на самолетах, подводных лодках и т.д. Наиболее подробную информацию о работе подобных систем можно получить из анализа автомобильного сектора. На автомобилях системы активного шумоподавления устанавливаются на модели автомобилей премиум класса Audi, BMW, Cadillac, Ford, Honda.

Система активного шумоподавления предназначена для подавления шума в салоне автомобиля от работы двигателя, выпускной системы, трансмиссии, использования системы отключения цилиндров. Шумы от движения по дорожному покрытию, аэродинамические шумы система не компенсирует. Система позволяет снизить уровень низкочастотных шумов на 5-12 ДБ.

Изначально применение САШ в автомобилях было направлено на повышение комфорта, но со временем было установлено, что применение системы шумоподавления позволяет обеспечить уменьшение износа конструктивных эле-

ментов автомобиля за счет снижения их вибрации с помощью вызванных звуковых колебаний, а также снизить потребление топлива.

Система активного шумоподавления включает (см. рисунок 1.2) микрофоны, электронный блок управления, аудиосистему с динамиками. Микрофоны устанавливаются на потолке салона автомобиля и непосредственно воспринимают негативные шумы. Далее зарегистрированные шумы поступают в электронный блок управления, где подвергаются изменению фазы по заранее установленным алгоритмам.



Рисунок 1.2 – Схема устройства САШ в автомобиле

1 – двигатель; 2 – динамики в нижней части передних дверей; 3 – потолочные микрофоны; 4 – сабвуфер; 5 – электронный блок управления; 6 – аудиосистема

В более сложных системах дополнительные микрофоны размещают непосредственно у конструктивных элементов автомобиля, создающих колебания. Сигналы от микрофонов, включающие в свой состав помимо шума ещё и вибрации конструктивных элементов, поступают в электронный блок управления, где в соответствии с частотой вращения коленчатого вала двигателя рассчитывается фаза, частота и амплитуда акустических сигналов для подавления шума. Аудиосистема генерирует эти акустические сигналы в противофазе к шуму, чем достигается его подавление. В системе активного шумоподавления может использоваться либо отдельная аудиосистема, либо штатная аудиосистема автомобиля, но расширенным функционалом. Усиленные акустические сигналы подаются на динамики, в общем случае, два из которых установлены в передних дверях и один (как правило, сабвуфер) за задним сиденьем. Получившийся в результате работы системы результирующий звук воспринимается с помощью микрофонов и контролируется блоком управления. В случае необходимости в алгоритмы изменения звука вносятся коррективы.

В системе активного шумоподавления автомобиля заложены многопараметрические характеристики, индивидуальные для каждой комплектации автомобиля. Они учитывают конструкцию акустической системы (количество, вид и

расположение динамиков), тип кузова автомобиля, характеристики двигателя, форму крыши (обычная крыша, панорамная крыша, наличие люка и т.д.).

Конструктивно более технически сложным технологическим продолжением системы активного шумоподавления является система активного звукового оформления (Active Sound Design, ASD). В настоящее время система устанавливается на автомобили Mini от BMW.

Принцип работы системы активного звукового оформления (ASD) построен на изменении звуковых волн с целью получения желаемого тона работы выпускной системы. Конструктивное исполнение системы аналогично тому, как построена система активного шумоподавления: микрофоны – блок управления – аудиосистема – динамики. Только на выходе аудиосистемы не противофаза, а измененный звук. Изменение характера звучания выпускной системы производится с помощью изменения управляющей программы блока обработки с помощью интерфейса на приборной панели автомобиля. Внесение изменений, выполненных в виде выбора заранее запрограммированного профиля настроек, позволяют воспроизвести требуемое звучание выпускной системы.

Несмотря на высокую техническую сложность, практической пользы система активного звукового оформления не имеет. В основном способствует удовлетворению эстетических потребностей владельца. Стоит отметить, что измененный звук не слышен за пределами салона в случае закрытых стекол дверей автомобиля.

1.2 Обзор предметной области и конструктивных особенностей аналогов

Активное шумоподавление заключается в наложении звуковых волн подавления с точно такой же амплитудой, но противоположной фазой, на волны шума. Вследствие этого необходимо чтобы система обеспечивала правильное наложение звуковых сигналов. Такие системы сильно различаются в зависимости от типа среды, в которой распространяются сигналы. Если звук распространяется в твердой среде, то с ним достаточно легко бороться. В частности, при распространении по металлу звук и вибрации имеют четко направленное действие и поэтому их легко погасить за счет обратного воздействия. Этим пользуются производители систем шумоподавления для автомобилей премиум класса. Но если он распространяется в газовой среде, то есть в пространстве, то могут возникать ощутимые проблемы. Самые распространенные из них это:

- изменение фазы звуковой волны за счет отклонения от горизонтальной оси при её распространении;
- многократное отражение звука от препятствий.

В попытках решить указанные проблемы было разработано множество способов.

После проведения патентного поиска и анализа полученных результатов было найдено некоторое количество разработок в этой области, которые можно

использовать для проектирования своей системы шумоподавления (см. таблицу 1).

Согласно международной патентной классификации, разрабатываемое устройство принадлежит обобщенной группе G10K 11/00 – способы и устройства для передачи, проведения или направления звука вообще; способы или устройства для защиты от шума или для подавления шума или других акустических колебаний вообще.

Таблица 1 – Результаты патентного поиска.

Страна	МПК	Аналоги	Сущность, название	Статус
Россия	G10K 11/178	Патент №2411592	система активного шумоподавления и ее применение	Прекратил действие, но может быть восстановлен
	G10K 11/178	Патент №2363992	устройство для активного гашения акустического шума вентиляционных систем	действует
	G10K11/16	Патент №2115960	устройство для подавления шума	Прекратил действие
	G10K 11/178	Патент №2368017	способ активного гашения акустического шума	действует
	G01K 11/16	Патент №2097715	способ активного подавления шумов	Прекратил действие
	G10K 11/00	Патент №135176	система активного шумоподавления с ультразвуковым излучателем	действует
США	G10K 11/178	Патент US 5535283	Active noise attenuating device	
Европа	–	Аналоги не выявлены	–	–

В таблицу 1, помимо приборов и устройств, также включены и способы активного подавления шумов. На рисунке 1.3 представлена структурная схема устройства из патента №2363992. Как можно заключить из описания, это аналоговое устройство.

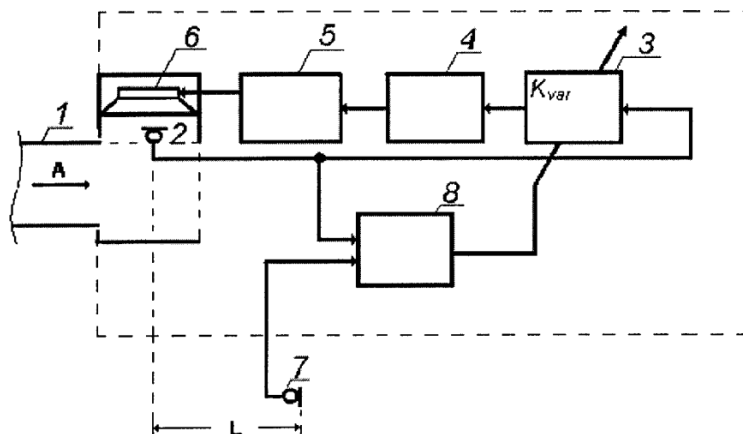


Рисунок 1.3 – Структурная схема устройства из патента №2363992

1 – вентиляционный канал (ввод в помещение), 2 – приемник давления (микрофон), 3 – предварительный усилитель с электрически управляемым коэффициентом передачи, 4 – компенсатор, 5 – инвертирующий усилитель, 6 – излучатель, 7 – дополнительный приемник давления, 8 – формирователь управляющего напряжения. Стрелкой А обозначено направление распространения акустического шума.

В этом устройстве используется схема «один приемник – один излучатель». Но поскольку она используется для подавления шума в вентиляционном канале, то проблемы, возникающие при распространении звуковых колебаний в пространстве, не стоят так остро.

В патенте работа устройства описывается следующим образом: «Акустический шум, распространяющийся по вентиляционному каналу возбуждает на выходе приемника давления напряжение, передаваемое на вход предварительного усилителя с электрически управляемым коэффициентом передачи и на вход формирователя управляющего напряжения. Выходное напряжение предварительного усилителя поступает на вход компенсатора. Компенсатор обеспечивает фазовый сдвиг спектральных составляющих выходного напряжения усилителя и снижает общий уровень шумов, действующих на приемник давления в результате интерференции звуковых волн, поступающих по вентиляционному каналу и волн, возбуждаемых излучателем».

Как следует из описания, устройство функционирует по стандартному принципу работы систем активного шумоподавления. Поскольку данное устройство собрано на основе аналоговых компонентов, его сложно адаптировать к

применению в других условиях. Для этого потребуется переработка компонентной базы предлагаемого решения.

Далее рассмотрен патент № 2411592 (см. рисунок 1.4). Это система активного шумоподавления для снижения интенсивности звуковых волн с несколькими излучателями. Излучатели располагаются на границе открытого прохода, через который проходят звуковые волны, для того чтобы обеспечить их ослабление. Таким образом, излучение волн шумоподавления действует как «завеса для акустики». При использовании нескольких излучателей удастся избежать проблем, связанных с отклонением звуковых волн от заданной горизонтальной плоскости.

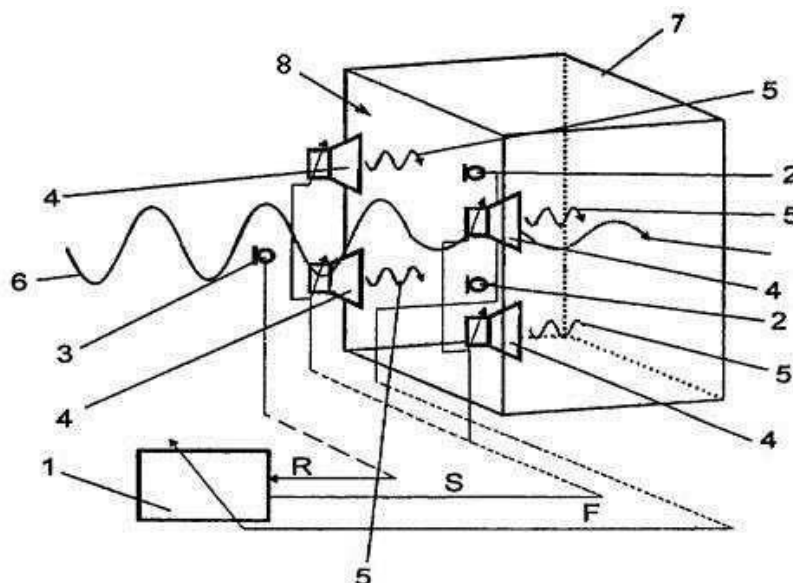


Рисунок 1.4 – Структурная схема устройства из патента №2411592

1 – регулирующее устройство; 2 – датчик ошибки; 3 – опорный датчик; 4 – возбудители вторичных звуковых волн; 5 – волны шумоподавления; 6 – первичные звуковые волны; 7 – контролируемый объем; 8 – граница открытого прохода, через который проходят первичные звуковые волны, для того чтобы обеспечить активное ослабление звуковых волн в открытом пространстве

Недостатком данной схемы является большое число задействованных компонентов. Фактически имеются пары – возбудитель вторичных звуковых волн и датчик ошибки, который, по сути, является датчиком шума. Чем больше площадь помещения, тем больше необходимо задействовать таких пар. К тому же между ними должно быть определенное расстояние, иначе волны, генерируемые возбудителями вторичных звуковых волн, будут накладываться друг на друга, и искажать общий звуковой фон в помещении, сводя усилия, направленные на борьбу с шумом, к нулю.

На рисунке 1.5 представлена структурная схема системы активного шумоподавления с ультразвуковым излучателем (патент № 2545462). Характер работы данной системы немного отличается от общего принципа работы систем подобного рода. Алгоритм работы системы из описания патента: «Акустический шум

в звуковом диапазоне(15-25000Гц) улавливается микрофоном, преобразуется в цифровой код аналого-цифровым преобразователем, данные цифрового кода поступают в блок обработки сигналов, где исходный сигнал обрабатывается (производится частотная коррекция электронного тракта и добавляются необходимые искажения для последующего добавления к шумовому сигналу) и через заданное время задержки поступает на смеситель В смесителе подготовленный сигнал модулирует высокочастотные импульсы 250-350кГц от генератора. Модулированные импульсы поступают на цифро-аналоговый преобразователь. Сигнальный процессор управляет генератором в режиме реального времени и регулирует характер генерируемых импульсов». Как следует из описания, в алгоритм преобразования звуковых сигналов добавлены процедуры модуляции высокочастотными импульсами для повышения скорости излучения акустического сигнала с применением ультразвукового излучателя. Известно, что скорость излучения звуковых волн посредством ультразвукового излучателя существенно выше, чем у резонансных динамических акустических систем. Данная особенность используется создателями рассматриваемой системы с целью минимизировать расстояние между приемником звуковых колебаний и излучателем, что позволяет улучшить качество шумоподавления и расширить объем пространства, в котором оно производится.

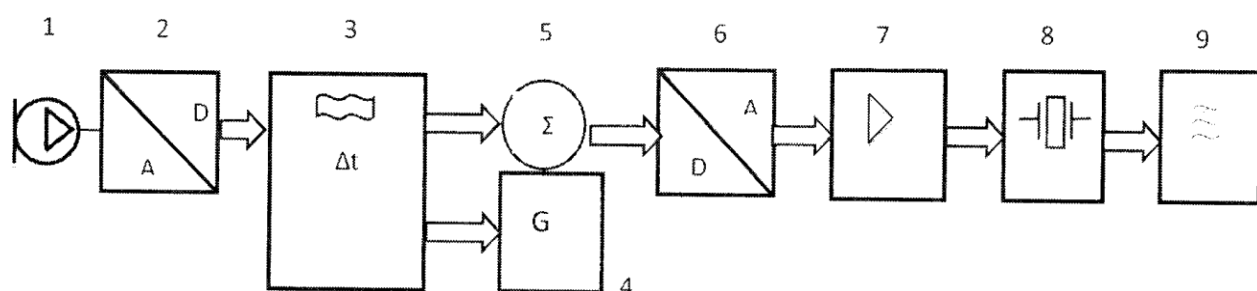


Рисунок 1.5 – структурная схема устройства из патента № 2545462

- 1 – микрофон; 2 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 3 – устройство обработки сигнала; 4 – генератор высокочастотного излучения; 5 – смеситель; 6 – цифроаналоговый преобразователь (ЦАП); 7 – усилитель мощности; 8 - ультразвуковой излучатель; 9 – акустический фильтр сверхвысоких частот.

Техническим результатом изобретения является возможность качественного шумоподавления в диапазоне частот от 20 до 20000 Гц в области до 10 мЗ.

Рассмотренные патенты позволяют сформулировать основные требования к разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля и спроектировать её структурную схему. Патенты были найдены из общего доступа для пользователей. Выбран первый патент, так как он наиболее сопоставим с нашей работой

1.3 Разработка структурной схемы системы активного шумоподавления для салона автомобиля

Рассмотренные выше аналоги имеют общие черты. Согласно им, разработана структурная схема (см. рисунок 1.6) разрабатываемой системы активного шумоподавления

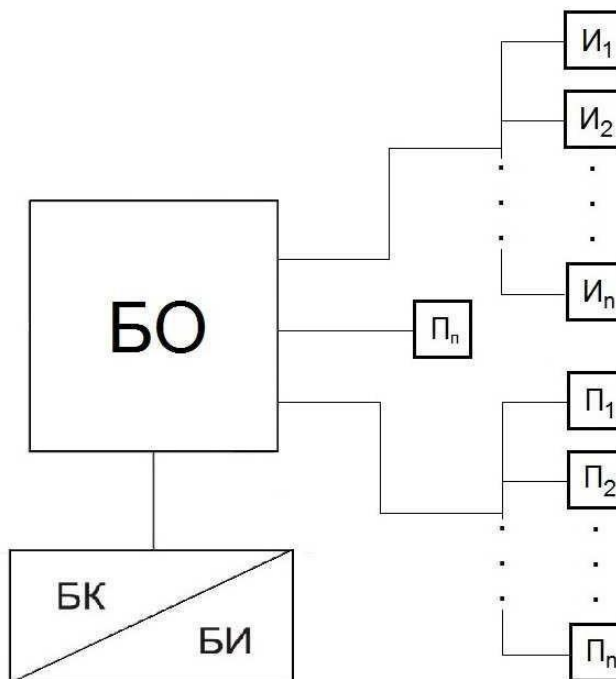


Рисунок 1.6 – Структурная схема разрабатываемой системы активного Шумоподавления

I_1, I_2, \dots, I_n – излучатели звуковых волн; $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – приемники звуковых волн; Π_p – приемник проверки; БО – блок обработки; БК – блок клавиатуры; БИ – блок индикации

Блок обработки включает в свой состав аппаратное ядро и дополнительную периферию. Аппаратное ядро осуществляет алгоритмы по изменению звуковых сигналов. Дополнительная периферия обеспечивает подготовку звуковых сигналов к обработке и последующему воспроизведению с помощью излучателей звуковых волн.

Блок клавиатуры позволяет осуществлять настройку системы активного шумоподавления для салона автомобиля в соответствии с заложенными алгоритмами функционирования блока обработки.

Блок индикации позволяет отображать основные параметры работы системы активного шумоподавления для салона автомобиля, профили настроек, а также прочую служебную информацию.

Приемники звуковых волн состоят из микрофонов и схем усиления сигнала. Они размещаются в помещении по заранее установленной схеме в зависимости от характера работы системы активного шумоподавления для салона автомобиля.

Излучатели звуковых волн состоят из динамиков и схем усиления мощности. Размещаются на определенном расстоянии непосредственно за приемниками звуковых волн, если иного не требуется для выполнения алгоритмов преобразования.

Приемник проверки необходим для организации обратной связи с блоком обработки с целью оценки результирующего звукового фона и внесения необходимых поправок в алгоритмы преобразования звуковых сигналов. Он также состоит из микрофона и схемы усиления сигнала.

Данная схема является обобщенной, в процессе выполнения работы по проектированию системы активного шумоподавления для салона автомобиля она может быть изменена и дополнена.

Общая методика проведения дипломной работы.

Этапы проведения дипломной работы будут включать в себя:

1. Установление основных требований к разрабатываемой системе.

На данном этапе требуется установить требования к разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля. С их помощью будет произведен выбор компонентной базы, на основе которой будет построена разрабатываемая система.

2. Подбор вариантов реализации аппаратного ядра блока обработки системы активного шумоподавления для салона автомобиля.

Реализовать систему активного шумоподавления можно как на аналоговой компонентной базе, так и на цифровой. Поскольку задача по подавлению шума в помещении очень сложна и, на данном этапе, ещё до конца не ясно как её решать, то разумно выбрать несколько вариантов для дальнейшей работы.

3. Апробация выбранных вариантов аппаратного ядра блока обработки.

На данном этапе будет произведена оценка подобранных ранее вариантов реализации аппаратного ядра блока обработки системы активного шумоподавления для салона автомобиля. Стоит оценить стоимость аппаратных решений, их технические возможности, сложность реализации функций, которые могут потребоваться в процессе разработки алгоритма работы системы.

4. Разработка функциональной схемы системы активного шумоподавления для салона автомобиля.

Позволит установить необходимость дополнительной периферии, такой как фильтры, усилители, количество приемников и излучателей и т.д.

5. Разработка методик проведения испытаний.

1.4 Определение основных требований к разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля

Для адекватного выбора компонентов и средств реализации разрабатываемой системы (в первую очередь это подбор аппаратного ядра блока обработки) необходимо задаться требованиями к разрабатываемой системе:

1. Осуществление процесса фильтрации сигналов - изначальная зашумленность сигнала, а также не идеальность электронных компонентов, способствующая возникновению шумов, в особенности при записи исходного сигнала, затрудняют выполнение основных функций. Также фильтрация может потребоваться в случае попытки реализовать селективное шумоподавление для устранения определенного типа шума.

2. Возможность регулировки степени подавления в диапазоне 30%-80% - для избегания избыточности задействованных ресурсов и установки достаточного для подавления шума уровня воздействия. Осуществление 100 % подавления шума очень сложно реализуемая задача. Попытка её решить приведет к колоссальным затратам ресурсов в случае применения исключительно активных методов шумоподавления. К тому же полное отсутствие звука может негативно сказаться на самочувствии людей.

3. Стоимость порядка 12000-35000 тенге - основана на результатах анализа аналогов, представленных на рынке, и стоимости компонентов, которые потребуются для изготовления системы активного шумоподавления. Самый распространенный аналог разрабатываемой системы активного шумоподавления для салона автомобиля - это наушники с активным шумоподавлением. Стоимость таких изделий начинается от 60000 тенге за редким исключением. Как правило, цена обычно выше. Израильская компания Silentium предлагает бесшумные серверные монтажные шкафы AcoustiRACK ACTIVE. Стоимость готового решения является договорной, но kit-комплект для проектировщиков и инсталляторов собственных решений активного шумоподавления предлагается производителем по цене 4,500\$.

2 Принципы действия и устройство системы активного шумоподавления в автомобиле

Автомобильная система шумоподавления состоит из следующих компонентов:

- Система микрофонов на потолке салона;
- Система динамиков, расположенных в разных точках салона (обычно используется отдельная аудиосистема);
- Электронный блок;
- Датчики на подвеске, двигателе и других узлах, служащих основными источниками шума.

Микрофон улавливает звук внутри кабины, и эта информация передается на электронный блок, который также получает данные от датчиков. Электронный блок изменяет фазу звука, поступающего из микрофона, и получает изменения на основе данных от датчиков. Затем звук воспроизводится громкоговорителем и сталкивается с внефазным шумом, значительно снижая его интенсивность. В результате значительно снижается уровень шума колес, двигателя и других шумов в автомобиле, особенно в зоне над головой водителя и переднего пассажира.

Зачем здесь нужны датчики? Они играют важную роль в подавлении резких шумов, таких как ударный шум колес и компонентов подвески. Обычные системы с микрофонами и громкоговорителями работают лучше всего, когда шум постоянный и неизменный, например, монотонный шелест колес по дороге, вибрации кузова автомобиля или монотонный звук двигателя. Однако если звук внезапно меняется (например, колесо попадает в выбоину, нажимается педаль газа и двигатель резко ускоряется и т.д.), система не успевает на это отреагировать. В результате едва ослабленные звуки, скрипы, скрежет и т.д. будут слышны тихо.

Датчики как раз и необходимы для отслеживания подобных резких изменений. На основе показаний датчиков электронный блок вносит изменения в звуковую картину, формируемую динамиками, чем производится эффективное подавление всех посторонних шумов.

Необходимо отметить, что автомобиль, оснащенный системой активного шумоподавления, остается таким же шумным, как и любой другой автомобиль. Система лишь создает в салоне зону с пониженным уровнем шума, но не во всем объеме салона, а только на уровне головы водителя и пассажиров. Это существенно улучшает комфорт, однако не решает проблему звукоизоляции и снижения шумности отдельных компонентов автомобиля.

2.1 Изучение технологии системы активного шумоподавления

Активное управление аудио звуками представляет собой методологию обработки сигналов, которая направлена на снижение эффективной амплитуды

звука с целью улучшения отношения сигнал/шум (SNR) и частичного устранения нежелательных шумов. Технология активного контроля шума также известна как шумоподавление (Audio Noise Reduction - ANR). Она основана на принципах коэрентной акустики, которая стремится точно воспроизвести исходное звуковое поле во всех его аспектах. Для подавления шумов используются усилители и микрофоны, установленные в автомобиле, а также цифровая обработка сигналов (ЦОС). Звук можно описать как волну давления, состоящую из амплитуды и фазы.

Системы шумоподавления встроены в аудио оборудование для создания волны той же амплитуды, но на 180° вне фазы (так же известной как синфазная или противофазная) по отношению к исходной волне; процесс объединения двух волн основан на физическом явлении, известном как деструктивная интерференция. Активное шумоподавление использует схемы смешанных сигналов или цифровой обработки сигналов (DSP) и алгоритмы управления, которые анализируют форму волны аудио сигнала и генерируют усиленные, синфазные волны, которые затем передаются на преобразователь.

Системы шумоподавления все больше опираются на интегрированные системы (SoC), которые оснащены высокопроизводительными стандартными процессорами и программной инфраструктурой. В режиме реального времени требуются достаточные ресурсы для быстрого внедрения и выполнения циклов управления обратной связью, чтобы обеспечить правильную работу решения активного шумоподавления (ANC).

Идеальный подход к реализации такого решения включает в себя использование цифровой обработки сигнала, как показано на представленной выше схеме. Типичная автомобильная система, основанная на активном шумоподавлении (ANC), включает в себя четыре или пять сабвуферов звуковой системы и от трех до шести микрофонов. При такой конфигурации система способна снизить шум в диапазоне от 30 до 250 Гц (что включает частоты зажигания четырехцилиндрового двигателя) в пассажирском салоне.

2.2 Особенности разработки

ANC создает идеально подходящую противофазу (180°) для борьбы с источниками помех. Для достижения максимально эффективных результатов система ANC должна быть размещена достаточно близко к источнику шума, особенно если шум передается в определенном направлении

Существуют два основных метода, используемых в системах ANC:

1 Адаптивный метод удаления: основывается на одном или нескольких микрофонах для обнаружения шума и генерации противошумовой волны.

2 Метод синтеза: включает сбор и сохранение нескольких циклов шума, а затем генерацию сигнала шумоподавления на основе сохраненной информации.

Такие системы особенно полезны в применениях, связанных с промышленным оборудованием, динамическими системами и бытовой техникой.

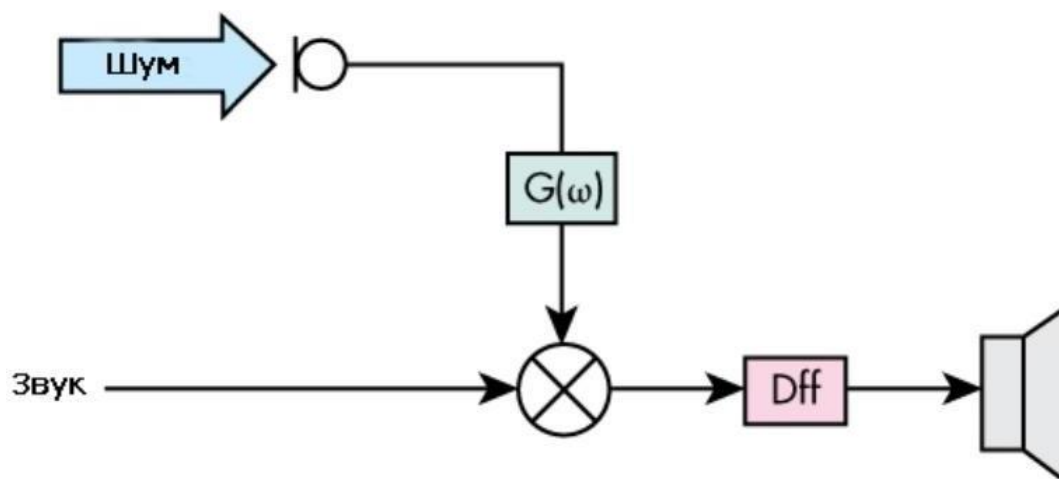


Рисунок 2.1 – схема работы системы активного шумоподавления

На данной схеме блок Dff выполняет функцию задержки звукового сигнала перед его достижением динамика. Микрофон воспринимает звуковой сигнал и направляет его на фильтр $G(\omega)$, после чего происходит смешивание звуков для компенсации.

Обычно система строится на основе либо прогнозирования, где когерентный входной звуковой сигнал обнаруживается заранее, прежде чем он распространится дальше, либо на управлении с обратной связью, где активный регулятор шума пытается преодолеть помехи без наличия входного звукового сигнала. Первый вариант показан на блок-схеме выше, а второй - на нижней блок-схеме.

В типичной конфигурации цифровой обработки сигналов по архитектуре Гарварда она служит ядром системы, выполняющей математическую обработку и манипулирование реальными сигналами, такими как голос, звук и видео. В приложении шумоподавления цифровая обработка сигнала анализирует характеристики формы входного шумового сигнала и генерирует соответствующую противозумовую форму. Таким образом, человеческое ухо воспринимает меньше "белого" шума, поскольку "фильтрация" происходит в реальном или практически реальном времени.

Кодеки являются неотъемлемой частью аудио-приложений, поскольку они могут преобразовывать аналоговые сигналы реального мира (например, звук) в цифровые сигналы для обработки микропроцессором, а затем обратно в аналоговый формат для восприятия человеческим ухом. Обычно используются фильтры, работающие по методу наименьших квадратов (LMS) или фильтры с конечной импульсной характеристикой (FIR), которые могут изменять свои коэффициенты во время работы, что позволяет эффективно решать задачу оценки шума и максимизировать производительность системы в реальных условиях.

3 Подбор возможных вариантов составляющих

3.1 Подбор возможных вариантов аппаратного ядра блока обработки

Реализовать систему активного шумоподавления можно как на аналоговой базе, так и на цифровой. Задача по подавлению шума в помещении очень сложна и, на данном этапе, ещё до конца не ясно как её решать.

Использование аналоговых компонентов при проектировании системы активного шумоподавления является аппаратным подходом. Готовая система не будет обладать гибкостью. В случае необходимости изменения структуры системы, характера работы или добавления новых элементов процесс модификации будет сопряжен с большими трудозатратами и финансовыми расходами. Намного более удобно и практично реализовать решение на программном уровне. Для этого ядром блока обработки должен стать процессор.

Использование цифровых сигнальных процессоров является очевидным решением в случае необходимости одновременной организации фильтрации и инверсии звука в режиме реального времени. Цифровой сигнальный процессор (DSP или Digital Signal Processor) - это специальный программируемый микропроцессор, нужен для обработки цифровых потоков данных в режиме реального времени. Обычно используются для обработки графических, аудио-и видео потоков данных. Его единственная задача заключается в обработке потока цифровых сигналов с очень большой скоростью. Цифровой сигнальный процессор состоит главным образом из высокоскоростных аппаратных схем, которые выполняют арифметические функции и манипулируют битами. Эти аппаратные схемы оптимизированы для того, чтобы быстро изменять большие объемы данных. В силу этого набор команд у цифровых сигнальных процессоров куда меньше, чем, например, у центрального процессора настольного компьютера - их число обычно не превышает 80. Это значит, что для цифровых сигнальных процессоров требуется облегченный декодер команд и гораздо меньшее число исполнительных устройств. Кроме того, все исполнительные устройства в конечном итоге должны поддерживать высокопроизводительные арифметические операции. Таким образом, типичный цифровой сигнальный процессор состоит не более чем из нескольких сот тысяч транзисторов. Узкая специализация позволяет цифровому сигнальному процессору отлично справляться со своей работой. Его математические функции позволяют непрерывно принимать и изменять цифровой сигнал (такой, как звукозапись в MP3 или запись разговора по сотовому телефону), не тормозя передачу информации и не теряя ее. Для повышения пропускной способности цифровой сигнальный процессор оснащается дополнительными внутренними шинами данных, которые обеспечивают более быстрый перенос данных между арифметическими модулями и интерфейсами процессора. Специфические возможности цифрового сигнального процессора в части обработки информации делают его идеальным средством для многих приложений. Используя алгоритмы, основанные на соответствующем математическом аппарате, цифровой сигнальный процессор может воспринимать цифровой сигнал и

выполнять операции свертки для усиления или подавления тех или иных свойств сигнала. В силу того, что в цифровых сигнальных процессорах значительно меньше транзисторов, чем в центральных процессорах, они потребляют меньше энергии, что позволяет использовать их в продуктах, работающих от батарей. В силу большого числа арифметических модулей, наличия интегрированной на кристалле памяти и дополнительных шин данных часть цифровых сигнальных процессоров могут использоваться для поддержки многопроцессорной обработки. Они могут выполнять сжатие/распаковку «life видео» при передаче. Подобные высокопроизводительные цифровые сигнальные процессоры часто применяются в оборудовании для организации видеоконференций. Однако широкие возможности цифровых сигнальных процессоров по обработке сигналов объясняют высокую цену на процессоры данного класса.

Для ознакомления с возможностями цифровых сигнальных процессоров был выбран DSP-процессор TMS320F2808 производства Texas Instruments. Этот процессор входит в состав отладочного модуля фирмы Spectrum Digital [9]. Данный выбор обусловлен тем, что данный комплект имеется в наличии.

В качестве альтернативы цифровым сигнальным процессорам могут быть использованы 32-х битные микроконтроллеры архитектуры ARM. Данные контроллеры менее производительные, но имеют невысокую стоимость, а ещё более экономичны в плане энергопотребления, что тоже немаловажно. После анализа представленных на рынке решений, было решено воспользоваться микроконтроллерами серии STM32 от производителя STMicroelectronics. Выбор обусловлен тем, что данные микроконтроллеры, несмотря на низкую стоимость, также оснащаются богатым выбором периферии, которая включает, в частности, встроенные АЦП и ЦАП [14]. Внутри семейства микроконтроллеров серии STM32 имеются микроконтроллеры с поддержкой инструкций цифровых сигнальных процессоров, что является несомненным плюсом данных аппаратных решений. Также, организованная внутри семейства pin-to-pin совместимость контроллеров, позволяет легко производить замену контроллера его более или, наоборот, менее производительной версией. Для ознакомления с возможностями данной серии выбран микроконтроллер STM32VBT6 на базе отладочного модуля STM32L152D-EVAL. Такой выбор обусловлен тем, что данный комплект имеется в наличии.

3.2 DSP процессор TMS320F2808

Как было сказано выше, для первоначальных опытов был выбран DSP процессор TMS320F2808 производства Texas Instruments. Этот процессор входит в состав отладочного модуля фирмы Spectrum Digital. Общие сведения об аппаратной части отладочного модуля:

- контроллер F2808 с тактовой частотой до 100 МГц (установлен в панель);
- 128 кбайт встроенной флэш-памяти и 36 кбайт встроенной статической ОЗУ с нулевым количеством состояний ожидания;

- 256 кбит ЭСППЗУ, подключаемого через шину I2C;
- частота 20 МГц на входе синхронизации контроллера F2808;
- внутрисплатная JTAG-эмуляция с подключением к ПК через порт USB;
- поддержка внешнего эмулятора через стандартный разъем JTAG;
- два порта SCI с внутрисплатными трансиверами. Один порт выведен на нестандартный 9-выводной разъем DSUB;
- два расширенных CAN-порта с внутрисплатными трансиверами. Один порт выведен на стандартный 9-выводной разъем DSUB;
- переключатели выбора режима загрузки.

На рисунке 2.1 представлена блок-схема архитектуры данного микроконтроллера.

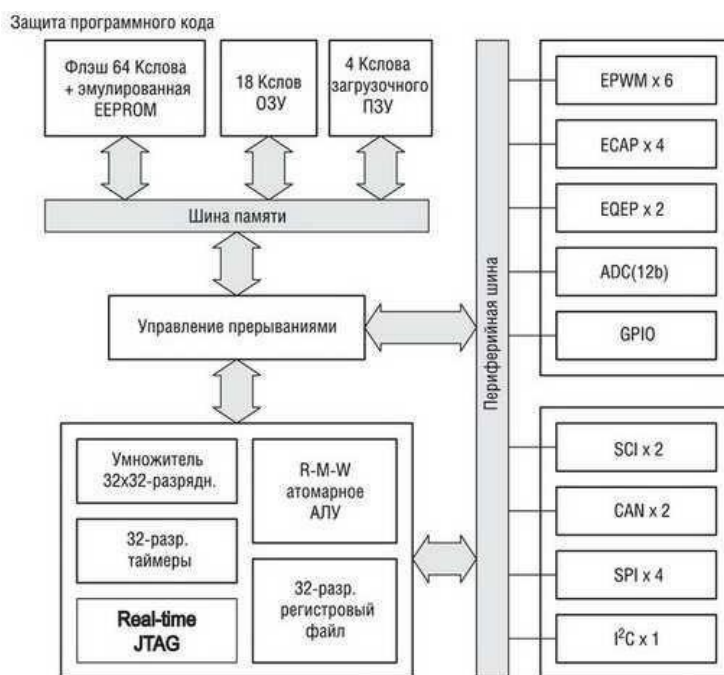


Рисунок 3.1 - Блок-схема архитектуры микроконтроллера TMS320F2808

3.3 Микроконтроллер STM32L152VBT6 серии STM32

В семейство микроконтроллеров STM32 входят ядра Cortex-M3, Cortex-M0 и Cortex-M4. На рисунке 2.6 показана взаимосвязь между этими ядрами.

Cortex-M0 - это Cortex-M3 с ограниченным набором команд. Он предназначенный для использования в более дешевых и менее требовательных, с точки зрения производительности, целях. Cortex-M0 позволяет заменить 16-битные микроконтроллеры и, правда в меньшей степени, 8-битные микроконтроллеры.

Cortex-M4 - это Cortex-M3. Он дополнительно обогащен командами для обработки данных и предназначенный для применений, которые требуют более высокой производительности, с более сложной обработкой сигнала (операции с плавающей запятой на аппаратном уровне). Данные ядра можно использовать в нижнем сегменте в качестве замены DSP-процессоров.

Программный код, который был разработан для ядра Cortex-M0, будет без проблем и в полном объеме работать и на ядре Cortex-M3, поскольку для Cortex-M3 действуют все инструкции Cortex-M0. Также программный код, который разработан для ядра Cortex-M3, будет работать и на Cortex-M4, поскольку все инструкции для Cortex-M3 аналогичны функциям Cortex-M4. Следовательно, изготовив изделие на основе Cortex-M3, можно будет далее сделать его более дешевые и простые варианты на Cortex-M0 или более дорогие и сложные изделия на Cortex-M4 с минимальными затратами на переработку программного кода. Данные возможности обуславливают одну из многих причин мировой популярности рассматриваемого семейства - максимальный комфорт разработчика. Универсальность ядра STM32 позволяет менять производителя с минимальными затратами на переписывание программного кода. Реализованная в контроллерах семейства STM32 pin-to-pin совместимость позволяет гибко менять объем памяти (флэш-память и ОЗУ), а также периферию (Ethernet, USB, CAN, и т.д.), не изменяя при этом печатную плату. «Pin-to-pin совместимость» означает, что для одного размера корпуса для разных вариантов микроконтроллеров семейства STM32 все сигналы располагаются на тех же самых вводах/выводах. Например, если при разработке изделия рассматривался богатый набор функционала, а при выходе на производство оказалось, что большая часть этого функционала избыточна, можно изменить микроконтроллер на более простой, уменьшив тем самым расходы на комплектующие. Pin-to-pin совместимость является идеальным рычагом, который позволяет варьировать стоимость своих решений, изменять параметры микроконтроллеров (задействовать меньшее количество памяти или периферии, и т.д.) значительно проще. Если во время разработки по максимуму предусмотреть все будущие варианты своего изделия на основе pin-to-pin совместимости, то можно с большой эффективностью запускать в производство множество разнообразных изделий. В итоге, потратив свои усилия на одну разработку, разработчик имеет возможность масштабировать свои изделия и достаточно быстро выполнять требования рынка.

Описанная Pin-to-pin совместимость сопровождается и программной совместимостью. Программная совместимость является полной между различными семействами и внутри них, включая семейство STM32W.

Отладочный модуль STM32L152D-EVAL

Как было сказано выше, для первоначальных опытов был выбран микроконтроллер STM32VBT6 на базе отладочного модуля STM32L152D-EVAL

1. Аппаратная часть отладочного модуля STM32L152D-EVAL составляет:
2. 32-битное ядро ARM Cortex-M3; Рабочее напряжение:
 - 2.1 VDD = 1.8 В – 3.6В (BOR активен);
 - 2.2 VDD = 1.65В – 3.6В (BOR отключен);
3. Система сброса (встроенные Power On Reset (POR)/Power Down Reset (PDR) + Brown Out Reset (BOR) + Programmable voltage detector (PVD));
4. встроенная память:
 - 4.1 FLASH: до 128 Кб;

- 4.2 DataEEPROM: до 4Кб;
- 4.3 SRAM: до 16 Кб;
- 5. модуль расчета CRC;
- 6. 7 каналов DMA;
- 7. Модуль управления питанием с конфигурируемым встроенным регулятором и режимами пониженного потребления;
- 8. 7 режимов пониженного потребления с AutoWake-up;
- 9. низко потребляющие RTC с 80 байтами backup регистрами;
- 10. до 32 МГц (33.3 DMIPS) максимальная частота с CSS:
- 10.1 встроенный модуль низко потребляющего конфигурируемого источника частот, с 64КГц до 4.1МГц с минимальным потреблением 1.5 мкА;
- 11. богатый набор периферии:
 - 11.1 LCD 8 × 40 или 4 × 44 с step-up конвертором;
 - 11.2 2 × 12-бит DAC с выходными буферами;
 - 11.3 2 компаратора с ультранизким потреблением (window или wakeup режимы);
 - 11.4 2 сторожевых таймера (Watchdog);
 - 11.5 9 таймеров с расширенным контролем (включая CortexSysTick + TIM C);
 - 11.6 8 интерфейсов обмена данными;
 - 11.7 До 83 I/O (корпус 100 pin) с 16 источниками внешних прерываниями/событиями;
 - 11.8 1x12-бит 1Msps АПЦ до 26 каналов и встроенный температурный датчик (линейность +/-1.5 на градус);
 - 11.9 температурный диапазон: от -40 до 85 °C.

4 Образец системы активного шумоподавления для салона автомобиля.

Поскольку создавать программный код для микроконтроллера STM32L125VBT6 значительно легче, чем для DSP процессора TMS320F2808, для изготовления образца системы активного шумоподавления для салона автомобиля будет использоваться микроконтроллер STM32L125VBT6 фирмы STMicroelectronics, являющийся центральным элементом отладочного модуля STM32L152-EVAL (рисунок 4.1).

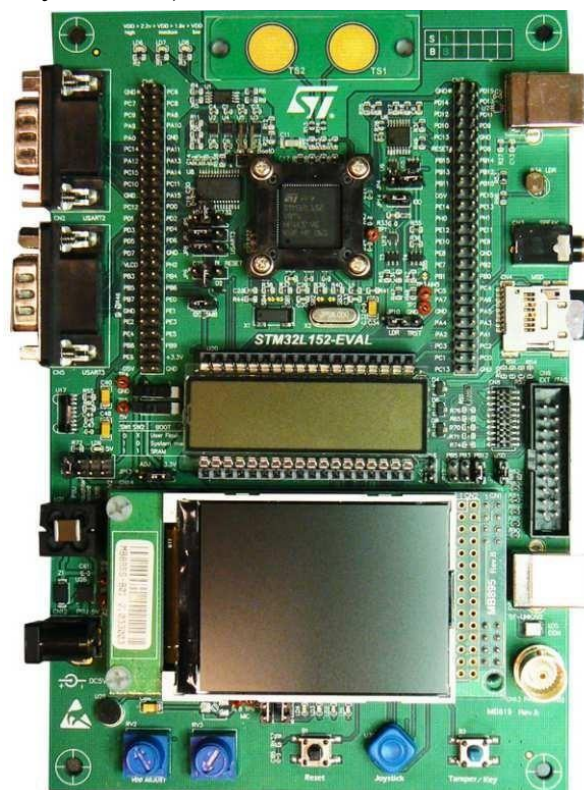


Рисунок 4.1 - Внешний вид отладочной платы STM32L152-EVAL

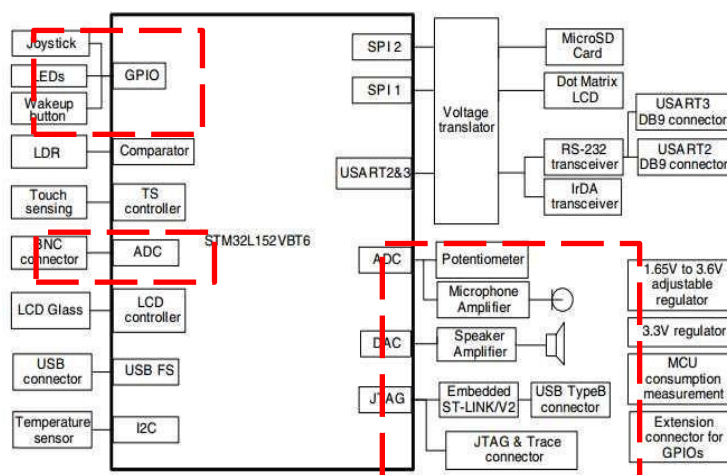


Рисунок 4.2 – Блок-схема аппаратных средств отладочной платы STM32L152-EVAL

На данной схеме (рисунке 4.2) используемыми компонентами являются:

- порты общего назначения - GPIO;
- модуль аналого-цифрового преобразования - ADC;
- модуль цифро-аналогового преобразования - DAC;
- модуль для работы с контроллером и проведения отладки - JTAG.

Периферийные компоненты, имеющиеся на отладочном модуле и подключенные к используемым модулям, не будут задействоваться.

В комплексе с отладочным модулем к соответствующим портам подключаются платы усиления микрофонов анализа шума и микрофона для проверки конечного результата. Также подключается бустер для обеспечения необходимой мощности для динамиков шумоподавления.

4.1 Структурная схема системы активного шумоподавления для салона автомобиля

На рисунке 4.3 изображена структурная схема системы активного шумоподавления для салона автомобиля. В простейшем варианте образец система активного шумоподавления для салона автомобиля должна содержать как минимум два микрофона – один для записи сигналов шума, а второй для организации обратной связи с целью проверки результирующего шумового фона в салоне автомобиля для корректировки алгоритмов работы блока обработки. Поскольку будут использоваться электретные микрофоны, то обязательным условием их работы является наличие усилителя. На схеме отображены как М. усилители. Необходим как минимум один динамик для излучения противофазного воздействия. Сигнал, поступающий от блока обработки, является относительно мало-мощным, поэтому для обеспечения достаточного уровня воздействия динамика сигнал должен быть усилен, для чего в схему добавлен Д. усилитель

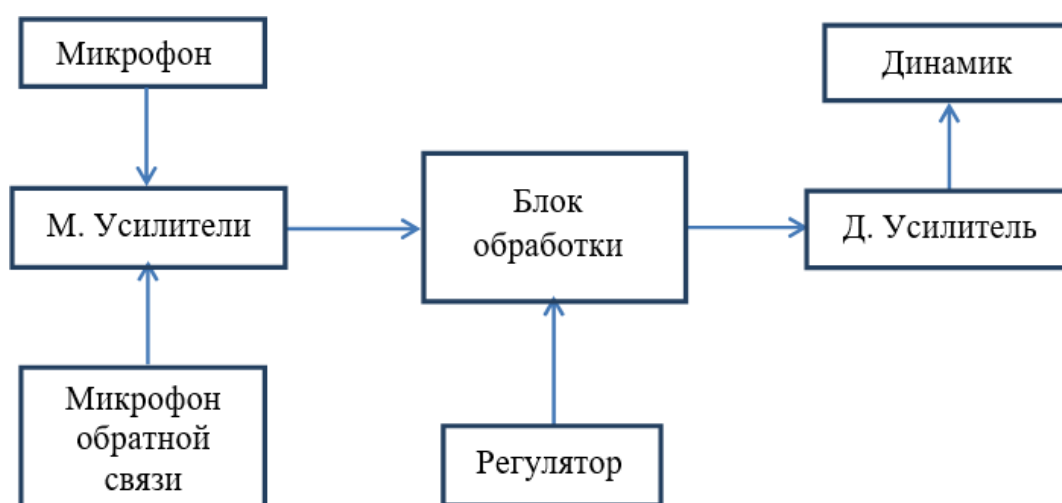


Рисунок 4.3 - Структурная схема системы активного шумоподавления для салона автомобиля

По требованиям, установленным к разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля, необходимо наличие регулировки степени

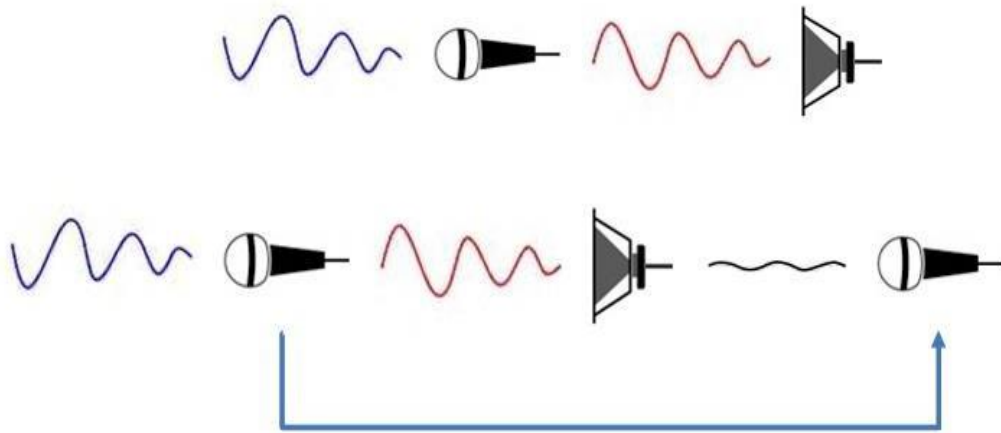


Рисунок 4.4 - Схемы систем «1 микро. – 1 динам.» без и с микрофоном оценки конечного результата

Возможно, будет рассмотрен вариант с изменением фазы сигнала для размещения нескольких динамиков не на одной оси с микрофоном (при использовании системы «1 микро. – n динам.») (см. рисунок 4.5).

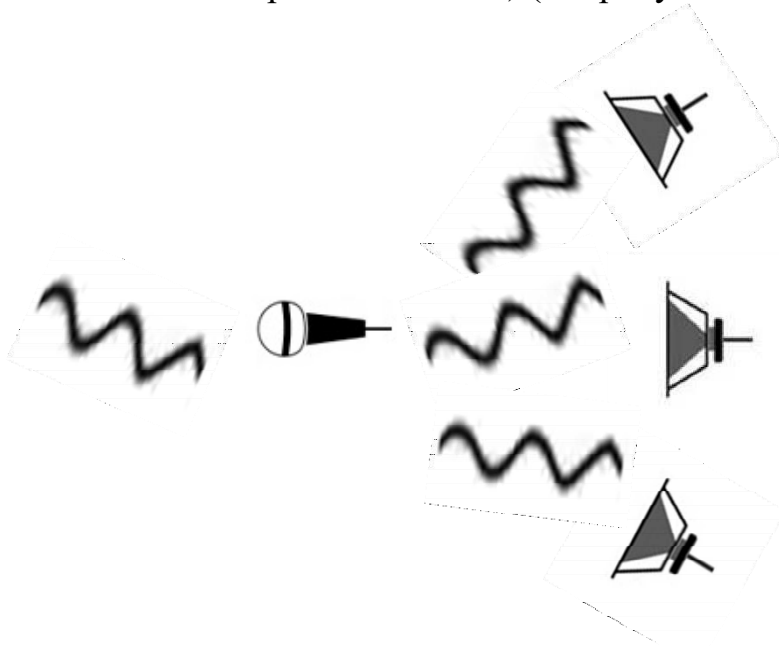


Рисунок 4.5 - Схема системы «1 микро. – n динам.»

Реализация данной схемы позволит более равномерно использовать рабочее пространство помещения для размещения динамиков подавления шума, а также задействовать меньшее число микрофонов.

4.2 Блок усилителя принимающего микрофона

В состав отладочного модуля входит операционный усилитель TS461CLT (см. рисунок 4.6), через который организовано подключение встроенного микрофона.

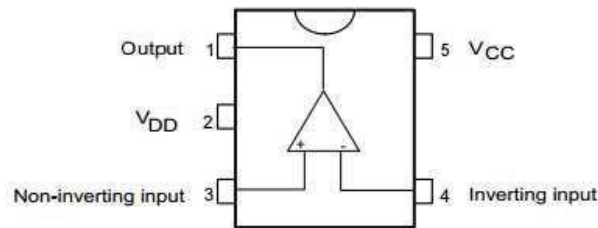


Рисунок 4.6 - устройство операционного усилителя TS461CLT

Поскольку первоначально планируется работа со схемой системы, предусматривающей один микрофон записи шумового воздействия, то для первоначальных опытов можно воспользоваться данным усилителем. Для реализации схемы системы с несколькими микрофонами потребуются изготовление отдельных усилителей.

Типовая схема (см. рисунок 4.7) инвертирующего усилителя. Рассчитываться по стандартной методике расчета. Однако, для решения этой проблемы нулевой уровень искусственно смещается вверх, подавая все же половину напряжения питания.

Для питания от сети нулевой уровень искусственно смещается в верх на половину напряжения питания.

На не инвертирующий вход подается сигнал с делителя напряжения, который делит напряжение питания пополам. Входной сигнал считывается новым нулевым уровнем. Затем, после усиления полезного сигнала, постоянная составляющая удаляется конденсатором С она удаляется конденсатором С5. Коэффициент усиления этой схемы определяется следующим образом:

$$K = R5. \quad (1)$$

$$R3 \quad (2)$$

Для того что бы мягко регулировать коэффициент усиления схемы вместо резистора R5 можно взять построечный резистор.

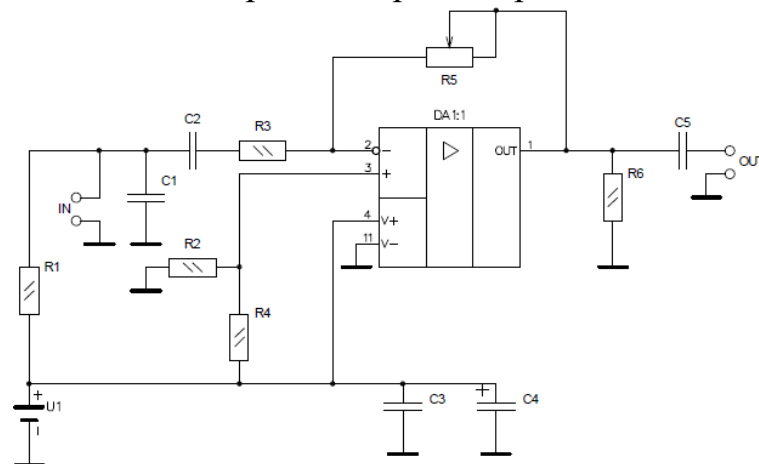


Рисунок 4.7 – Схема усилителя для микрофона
Элементы схемы:

- R2, R4 - резисторы на 47 кОм;
- R3 – резисторы на 1 кОм;
- R5 – подстроечный резистор на 100 кОм;
- R1, R6 - резисторы, на 4,3 и 47 кОм, соответственно;
- C3, C4 - фильтры по питанию ОУ, керамический - 0,1 мкФ и электролитический 100 мкФ / 6,3В, соответственно;
- C2, C5 - разделительные конденсаторы по 10 мкФ;
- C1 - керамический конденсатор 4,7 нФ;
- In - электретный микрофон;
- OUT - выход с усилителя;
- ОУ - четырехканальный операционный усилитель с низким уровнем шумов TL074;
- U1 - источник питания.
- С - указанными элементами устройство потребляет малый ток, - менее 1мА.

Также ввиду не направленности микрофона ему необходимо изготовить и приделать рупор. Шумопоглощающий материал можно обернуть вокруг рупора, что бы блокировать звук с нежелательных направлений.

4.3 Блок усилителя мощности для излучающих динамиков

В состав отладочного модуля входит высококачественный аудио усилитель мощности с активным низким уровнем в режиме ожидания TS4990, схема которого показана на рисунке 4.8.

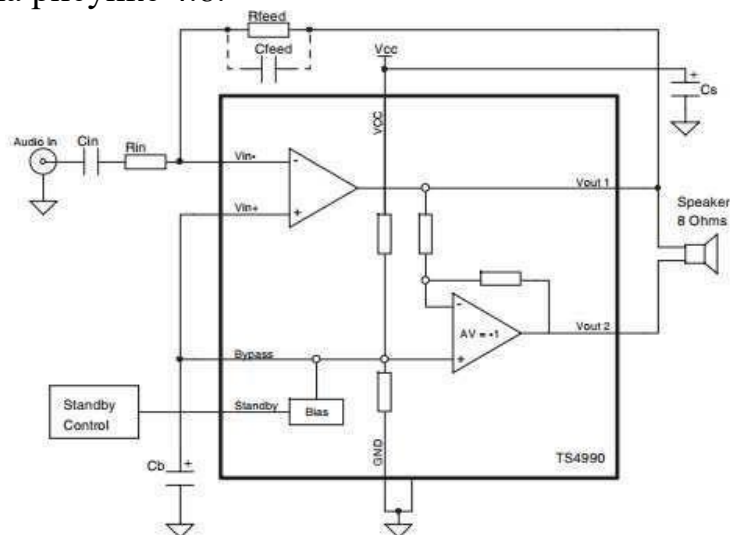


Рисунок 4.8 – схема усилителя мощности TS4990

Но это весьма маломощный усилитель, максимальная мощность которого составляет 1,2 Вт при напряжении питания 5 В. Этого недостаточно для осуществления достаточного уровня подавления. Поэтому будет изготовлен дополнительный усилитель мощности.

На рисунке изображена очень распространенная и весьма качественная

схема (см. рисунок 4.9) усилителя мощности на микросхемах. TDA2030A фирмы ST Microelectronics. У этой микросхемы есть особенности такие как высокие электрические характеристики и дешевизна. Она отличается высоким выходным током, низким уровнем гармонических интермодуляционных искажений, широкой полосой усиливаемого сигнала, очень низким уровнем внутреннего шума, встроенной защитой от короткого замыкания на выходе и автоматической системой ограничения потери мощности, которая поддерживает рабочую точку выходного транзистора ИС в безопасных пределах. ИС так же имеет встроенную тепловую защиту, которая отключает ИС, если температура кристалла поднимается выше 145°C. ИС выполнена в пентаваттном корпусе и имеет пять выводов.

Микросхема на рисунке 4.9 включена по схеме не инвертирующего усилителя.

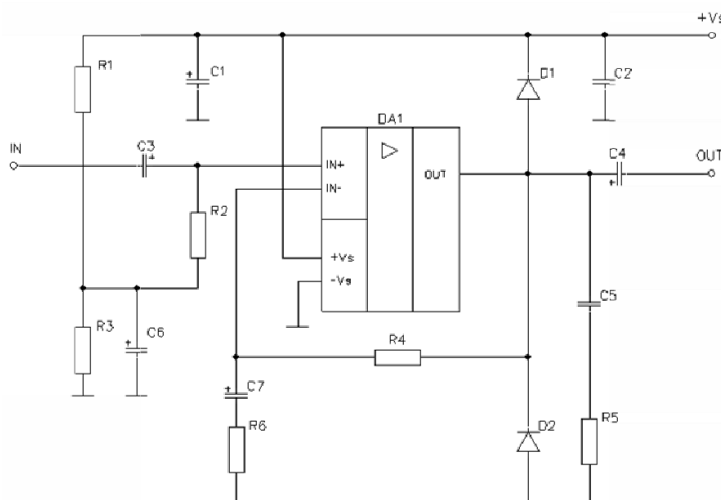


Рисунок 4.9 - Схема усилителя мощности для излучающих динамиков

Элементы схемы:

- DA1 - микросхема TDA2030;
- R1, R2, R3 и R4 – резисторы по 100 кОм каждый;
- R5 и R6 - резисторы 1 Ом и 4,7 кОм соответственно;
- C1 и C4 - электролитические полярные конденсаторы 220 мкФ 2200мкФ соответственно;
- C2 и C5 - конденсаторы по 100 нФ;
- C3, C6 и C7 - электролитические полярные конденсаторы по 10 мкФ;
- D1 и D2 - выпрямительные диоды 1N4001;

Делитель напряжения R1-R3 и резистор R2 образуют цепь смещения, которая создает на выходе ИС напряжение, равное половине напряжения питания. Это нужно для одинакового усиления обеих полу-волн входного сигнала.

4.4 Аппаратные модули

В качестве микрофоны анализа звукового давления был использован электретный микрофон EM-6050.

Его характеристики:

- размеры (D×H), мм: 6,0×5,0;
- диапазон чувствительности (0 дБ=1 В/Па, 1 кГц), дБ: -30-48;
- рабочее напряжение(ном./макс.), В: 4,5/12;
- импеданс, кОм: $\leq 2,2$;
- диапазон рабочих частот, Гц: 20-20000;
- отношение сигнал/шум, дБ: >60;
- ток потребления макс., мкА: 500;

Данный микрофон был включен в соответствии со стандартной схемой подключения электретных микрофонов (см. рисунок 4.10).

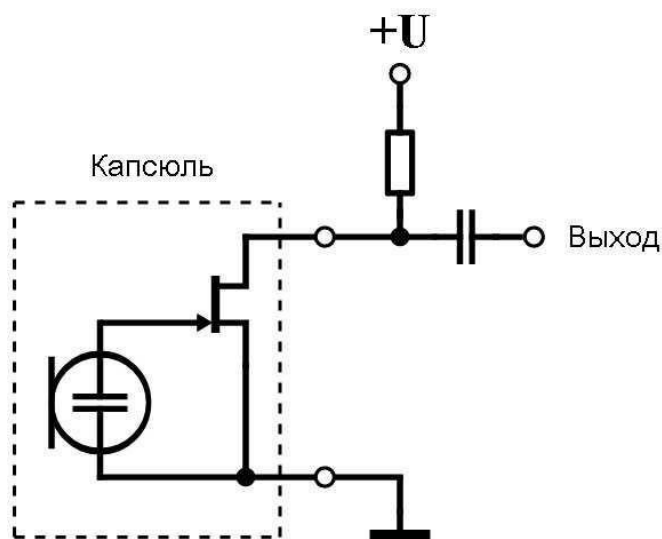


Рисунок 4.10 - Схема подключения электретных микрофонов

В качестве динамика излучения подавляющего воздействия был использован динамик ЗГДШ-2. Технические характеристики:

- номинальное электрическое сопротивление 4, 8 Ом;
- предельная шумовая мощность 3 Вт;
- предельная кратковременная мощность 15 Вт;
- эффективный рабочий диапазон частот 125:12500 Гц; уровень характеристической чувствительности 92+/-3 дБ;
- масса 0.32 кг;
- габаритные размеры 160x100x47 мм;

5 Выбор автомобиля для установки системы активного шумоподавления

Для установки системы активного шумоподавления был выбран автомобиль Nissan Skyline R34. Nissan Skyline - средне размерный спортивный автомобиль с более чем 50-летней историей производства. Изначально он выпускался компанией Prince Motor Company, которая была куплена концерном Nissan в 1966 году.

Nissan Skyline GT-R в кузове R34 - это представитель десятого поколения легендарного спортивного автомобиля. Его премьерный показ состоялся в сентябре 1998 года.

Спортивные автомобили часто ассоциируются с высокопроизводительными двигателями и обтекаемой аэродинамикой, которые могут создавать значительный уровень шума. Хотя это может понравиться некоторым потребителям, другим шум может показаться неудобным и даже неприятным. Чтобы сбалансировать производительность и комфорт, мы обращаемся к технологиям шумоподавления, таким как система активного шумоподавления. Эти инновации могут улучшить общее впечатление от вождения без ущерба для производительности. Звук ревущего двигателя может быть захватывающим на короткое время, но он может быстро стать утомительным при длительных поездках. Кроме того, шум может отвлекать водителей, мешая им сосредоточиться на дороге. По этим причинам снижение уровня шума является важным фактором для производителей спортивных автомобилей.

Автомобиль относится к среднему классу. Для владельцев автомобилей среднего класса доступность и надежность часто являются решающими факторами при выборе автомобиля. В то время как многие современные автомобили оснащены передовыми технологическими функциями, некоторые владельцы автомобилей среднего класса могут отдавать предпочтение доступности и надежности таким функциям. И главным фактором выбора этого автомобиля является то что в Nissan Skyline не имеет данную систему

Для установки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline не потребуется много места. Эти системы, как правило, компактны и могут быть установлены в различных местах салона автомобиля, например, на обшивке потолка или дверных панелях. Таким образом, в автомобиле по-прежнему должно быть достаточно места для пассажиров, даже с добавленными технологиями.

Кроме того, вес системы активного шумоподавления относительно минимален и не должен существенно влиять на скорость или производительность автомобиля. Фактически, дополнительный вес может быть незначительным по сравнению с общим весом автомобиля.

При этом важно отметить, что установка системы активного шумоподавления в Nissan Skyline потребует некоторых модификаций существующей аудиосистемы автомобиля. Это может включать в себя добавление микрофонов и динамиков, а также настройку параметров звука автомобиля для оптимизации технологии шумоподавления.

В целом, хотя технически установка системы активного шумоподавления в Nissan Skyline возможна, она может потребовать некоторых усилий и вложений. Однако для водителей, которые отдают предпочтение бесшумной кабине, преимущества такой системы могут стоить дополнительных усилий и затрат.

6 Выбор оптимального места установки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34

6.1 Оптимальное место установки микрофонов и усилителей микрофона

Прежде чем устанавливать систему активного шумоподавления в Nissan Skyline, нужно было бы определить оптимальное расположение микрофонов для улавливания шума в салоне. Как правило, микрофоны в системе активного шумоподавления лучше всего размещать на обшивке потолка или дверных панелях, так как эти области находятся ближе к источнику шума и позволяют более точно обнаруживать шум. Микрофоны также должны быть размещены так, чтобы они могли обнаруживать шум во всех частях салона, включая переднюю, заднюю и боковые стороны.

После того, как оптимальное расположение микрофонов определено, динамики можно установить в соответствующих местах салона автомобиля, чтобы излучать звуковые волны, подавляющие шум, обнаруженный микрофонами. Важно отметить, что динамики должны быть тщательно откалиброваны, чтобы технология шумоподавления была эффективной и не мешала существующей аудиосистеме автомобиля. Распространёнными вариантами распределения микрофонов является:

11 микрофона спереди (над головой водителя и переднего пассажира) и один микрофон сзади (на центральной части потолка автомобиля)

1 микрофон спереди (около центрального зеркала) и 1 микрофон сзади (на центральной части потолка автомобиля)

Когда дело доходит до реализации любого проекта, крайне важно рассмотреть доступные варианты и принять взвешенное решение. В данном случае нам пришлось выбирать между двумя вариантами, и после тщательного рассмотрения мы решили выбрать второй вариант. Наше решение было в первую очередь основано на его экономичности и простоте установки, что сделало его подходящим вариантом для проекта.

Первой причиной, по которой мы выбрали второй вариант, была его экономичность. Первый вариант потребовал бы больше финансовых ресурсов, что увеличило бы нагрузку на бюджет проекта. Поэтому мы выбрали второй вариант, который был не менее эффективным, но менее затратным.

Вторая причина, по которой в выбран второй вариант, заключалась в простоте его установки. По сравнению с первым вариантом второй вариант был проще в установке, сокращая время установки и трудозатраты. Это был важный фактор, который необходимо учитывать. Установка первого варианта потребовала бы больше времени, что привело бы к дополнительным трудозатратам и задержке завершения.

Нам нужно что бы система работала эффективно и менее трудозатратно, для экономии бюджета

6.1 Оптимальное место установки отладочного модуля

В Nissan Skyline возможна установка модуля отладки системы активного шумоподавления под переднее сиденье водителя. Такое расположение обеспечит легкий доступ к модулю и упростит выполнение любых необходимых настроек или модификаций системы.

Установка модуля под сиденьем водителя также поможет скрыть модуль из поля зрения и не позволит ему занимать ценное пространство в салоне автомобиля. Это может помочь сохранить эстетическую привлекательность автомобиля и гарантировать, что у пассажиров будет достаточно места для сидения и передвижения.

Однако важно отметить, что установка модуля под сиденьем водителя может потребовать дополнительной проводки и модификации бортовой сети автомобиля. Рекомендуется, чтобы эту установку выполнял профессиональный техник, имеющий опыт работы с автомобильной электроникой и аудиосистемами, чтобы обеспечить безопасность и эффективность установки.

В целом, хотя установка модуля отладки под сиденьем водителя является приемлемым вариантом, важно тщательно взвесить все факторы, прежде чем принимать окончательное решение о размещении модуля. Конечной целью должно быть обеспечение того, чтобы система активного шумоподавления была установлена таким образом, чтобы она была эффективной, безопасной и удобной для водителя и пассажиров.

6.3 Оптимальное место установки динамиков и блока усилителя динамиков

Правильная, установка динамиков - это важнейшая часть настройки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline. Динамики должны быть расположены под оптимальным углом и в оптимальном месте, чтобы гарантировать, что они излучают звуковые волны, которые эффективно подавляют шум, обнаруженный микрофонами.

Оптимальный угол для динамиков будет зависеть от акустических свойств автомобиля и расположения микрофонов. Однако, как правило, динамики должны быть направлены к ушам пассажиров, чтобы технология шумоподавления была эффективной и не мешала существующей аудиосистеме автомобиля.

Также важно учитывать размещение динамиков в салоне автомобиля. Громкоговорители должны быть размещены в местах, обеспечивающих равномерное покрытие по всей кабине, включая переднюю, заднюю и боковые стороны. Для этого может потребоваться установка нескольких динамиков в разных местах, в зависимости от размера и планировки салона автомобиля.

В целом следует уделить особое внимание размещению динамиков, чтобы система активного шумоподавления была эффективной и обеспечивала пассажирам тихое и спокойное вождение.

Установка динамиков на дверных панелях автомобиля может быть эффективным местом для системы активного шумоподавления. Это связано с тем, что дверные панели обеспечивают достаточно места для установки динамиков, а имеющиеся вырезы в старых динамиках можно использовать для установки новых динамиков.

Размещение динамиков на дверных панелях также может помочь обеспечить направление звуковых волн к ушам пассажиров, что может повысить эффективность технологии шумоподавления.

7 Установка системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34

Установка системы активного шумоподавления в Nissan Skyline может быть трудоемким процессом, требующим снятия различных панелей салона, таких как потолок, двери и пол. Это связано с тем, что система состоит из нескольких компонентов, в том числе микрофонов, динамиков и процессора, которые должны быть установлены в стратегически важных местах по всему салону автомобиля.

Процесс установки обычно начинается со снятия внутренних панелей автомобиля, чтобы получить доступ к кузову автомобиля. Это может включать снятие сидений, центральной консоли и других компонентов, которые могут препятствовать доступу в салон автомобиля. После снятия панелей микрофоны и динамики можно установить в оптимальных местах, таких как дверные панели, потолок и пол.

Микрофоны

Далее мы устанавливаем микрофоны в центральных частях потолка. Для этого нужно проделать отверстие на облицовке потолка чтобы установить микрофон. После установки микрофона добавляем защитную решетку, чтобы предотвратить повреждение микрофона и обеспечить его правильную работу. Решетка спроектирована так, чтобы пропускать звуковые волны, защищая микрофон от пыли, мусора и других потенциальных источников повреждений. Важно отметить, что установка микрофонов должна производиться аккуратно, чтобы не повредить обшивку потолка автомобиля или другие элементы салона автомобиля. Рекомендуется, чтобы установка выполнялась профессиональным специалистом, имеющим опыт работы с автомобильными аудиосистемами, чтобы обеспечить безопасность и эффективность установки.

Отладочный модуль

Далее устанавливаем динамики. Как говорилось ранее динамики нужно установить под хорошим углом чтобы они были направлены в сторону головы водителя и пассажиров. Так шумоподавление будет работать самым наилучшим способом. Два динамика установим на дверные панели, по одной на каждой стороне автомобиля

После установки микрофонов и динамиков следующим шагом будет установка модуля обработки, который отвечает за анализ звуковых волн и создание обратных звуковых волн для подавления шума. Модуль обработки обычно устанавливается в центральном месте внутри автомобиля, например, под сиденьем, и подключается к микрофонам и динамикам с помощью проводки.

Модуль обработки может быть установлен в защитном кожухе для предотвращения повреждений от вибраций или других механических воздействий. Важно убедиться, что модуль обработки надежно закреплен, а проводка правильно проложена, чтобы избежать помех другим компонентам электрической системы автомобиля.

Проводка

После того, как все необходимые компоненты были успешно установлены,

следующим важным шагом является тщательное проведение процесса проводки. Крайне важно подходить к этой задаче с максимальной осторожностью и точностью, гарантируя, что целостность и безопасность системы всегда поддерживаются. Любая небрежность или небрежность во время процесса проводки может привести к катастрофическим последствиям, таким как электрические пожары или сбой системы. Поэтому важно следовать стандартным отраслевым методам проводки, таким как использование соответствующих электропроводных материалов и инструментов, правильная идентификация и маркировка проводов и обеспечение того, чтобы все соединения были безопасными и должным образом изолированными. Кроме того, крайне важно придерживаться протоколов безопасности, таких как отключение источников питания перед началом проводки и ношение соответствующего защитного снаряжения.

Проводя проводку с усердием и вниманием к деталям, мы можем гарантировать, что система работает эффективно и надежно, не представляя никакого риска повреждения или повреждения.

8 Методики проверки системы

Настоящие методики разработаны на основе национального стандарта Республики Казахстана ГОСТ ISO 9612-2016 «Измерения шума для оценки его воздействия на человека»

Средства измерений

Для выполнения измерений шума применяются интегрирующие-усредняющие шумомеры или персональные дозиметры шума. Шумомер, включая микрофон и соединительные кабели, должен соответствовать требованиям класса 1 или 2 средств измерений.

Источники неопределенности измерения

Необходимо идентифицировать и проанализировать все источники неопределенности, которые вносят значительный вклад в общую неопределенность измерений, чтобы разработать возможные меры по сокращению их влияния. Неопределенности могут быть связаны как с возможными отклонениями в процессе измерения (от установленных процедур для оператора или номинальных метрологических характеристик средств измерений), так и с изменчивостью шумовой обстановки на месте измерения.

Основными источниками неопределенности при оценке воздействия шума на рабочем месте являются:

1. Проведение измерений шумового воздействия в рабочей зоне в разные дни, при разных условиях выполнения измерительных операций, с разными процедурами формирования выборки и т.д.;
2. Средства измерений и их калибровка – значимость этого фактора зависит от класса используемых средств измерений и калибратора;
3. расположение микрофона;
4. излишние источники, не связанные с шумовой обстановкой на рабочем месте, такие как воздействие ветра, потоки воздуха, механическое воздействие на микрофон, касание микрофона о одежду;
5. неправильный анализ рабочего места;
6. необычные источники шума в рабочей зоне, такие как разговор, музыка (по радио), звуковые сигнализации.

Влияние механических ударов по микрофону

При анализе рабочей обстановки и проведении измерений необходимо учитывать вклад различных источников неопределенности. Если выясняется, что для некоторых источников этот вклад существенен, то результаты измерения могут исказиться и оказаться не точным

Влияние ветра (воздушных потоков)

Рекомендуется избегать проведения измерений шума при высокой скорости воздушных потоков. Если невозможно избежать таких измерений, необходимо предпринять меры для исключения влияния шума, вызванного потоком. Оценить вклад такого шума можно, проводя измерения в аналогичных условиях, где отсутствуют сильные воздушные потоки, или проводя измерения в условиях потока при отсутствии шумового воздействия.

Для снижения влияния шума, вызванного воздушными потоками, используется микрофон с ветрозащитным экраном. У персональных дозиметров шума размеры такого экрана обычно ограничены. Для контроля влияния шума, вызванного потоком воздуха, рекомендуется использовать портативный шумомер с ветрозащитным экраном большего размера.

Для устранения влияния шума, вызванного потоком, диаметр ветрозащитного экрана на микрофоне портативного шумомера должен быть не менее 60 мм. При обнаружении в сигнале пиков неясной природы следует оценить их влияние на результат измерений и при необходимости повторить измерения.

Примечание: Влияние воздушного потока зависит от скорости потока и размера ветрозащитного экрана. При уровне звука 80 дБ и использовании ветрозащитного экрана диаметром 60 мм влияние воздушного потока будет незначительным, если скорость потока не превышает 10 м/с.

Идентификация источников шума

Для оценки воздействия шума в рабочей зоне необходимо идентифицировать источники шума, которые могут оказывать значительное влияние.

Если вдруг замечено нетипичные изменения в рабочей зоне, следует определить их влияние на результат измерения. Если это влияние является значительным, рекомендуется повторить измерения.

Выбор точки измерения

Выбор точки измерения важен при наличии неравномерного звукового поля в рабочей зоне. Микрофон шумомера следует разместить в точке, где требуется ослабление шума, в центральной плоскости за микрофоном обратной связи на линии с динамиком. При этом измерительная ось микрофона должна совпадать с направлением воздействия системы шумоподавления. Чтобы получить усредненную характеристику шумового воздействия в рабочей зоне, можно перемещать точку измерения в пределах этой зоны. Например, микрофон шумомера может перемещаться с постоянной скоростью по траектории в форме цифры восьмёрки (знака бесконечности).

Представление результата измерения

Представление результатов измерения включает полученное значение измеряемой величины, а также параметры неопределенности измерения, такие как стандартная (суммарная) или расширенная неопределенность.

Протокол измерения шума должен содержать следующую информацию:

1. общие сведения;
2. анализ рабочего места;
3. средства измерений, включая:
 - 3.1 класс средства измерения, его идентифицирующие данные (изготовитель, модель, заводской номер);
 - 3.2 конфигурацию измерительной системы включая использованные ветровые экраны, соединительные кабели и т.п.;
 - 3.3 последние данные поверок;
4. условия измерений, включая:
 - 4.1 дата и время проведения измерений;

4.2 использованные средства измерений для каждого измерения (если они различались)

4.3 запись любых отклонений от нормальных условий проведения измерений;

4.4 описание источников шума, оказывающих существенное влияние на шум

4.5 описание всех нетипичных источников шума с указанием, включены ли они в расчет измеряемой величины;

4.6 описание всех событий, которые могли оказать влияние на результат измерений (потoki воздуха, удары по микрофону, импульсы шума и т.п.);

4.7 информация о метеорологических условиях в случае проведения измерений на улице (ветер, дождь, температура воздуха);

4.8 расположение микрофона и направление их измерительной

4.9 количество измерений в каждой точке измерений;

4.10 время каждого измерения;

4.11 результаты каждого измерения и;

5. результаты и выводы.

Методики проведения испытаний

Перед проведением измерений шумовых показателей необходимо подготовить автомобиль к испытанию, выполнив следующие условия:

Испытуемое транспортное средство должно быть исправным, отрегулированным и укомплектованным в соответствии с технической документацией конкретного автомобиля.

Шины автомобиля должны быть без повреждений и не изношены более чем на 30%. Давление в шинах должно соответствовать нормам завода-изготовителя.

Перед испытаниями допускается использование автомобиля без дополнительной нагрузки.

Испытание проводится на двигателях, прогретых до необходимой температуры.

Во время проведения испытаний окна, люки и все вентиляционные отверстия не должны быть закрыты.

Автомобили комплектуются специализированным оборудованием, которое работает при движении автомобиля, и оно должно оставаться включенным.

Все регулируемые посадочные места должны быть в среднем положении.

При проведении испытаний в салоне должны присутствовать два человека, а в салоне не должно быть никаких посторонних предметов.

Испытание проводится на чистой, прямой дороге с гладким покрытием и при сухой погоде.

После выполнения всех подготовительных мер можно приступать к измерению уровня звука.

Используются три варианта испытания: максимальный разгон автомобиля, передвижение на средней скорости и на нейтральной передаче. Измерение шума

в автомобиле проводится после того, как автомобиль на последней передаче разгоняется до 120 км/ч или до скорости, равной $0,9 \times n$, где n - номинальная скорость вращения коленчатого вала. Если при скорости вращения $0,9 \times n$ автомобиль движется быстрее 120 км/ч, необходимо понизить передачу. Для автомобилей с четырех и более ступенчатой коробкой передач можно понизить до третьей скорости, а для автомобилей с трехскоростной коробкой - до второй.

9 Методика проверки системы активного шумоподавления в Nissan Skyline R34

При тестировании используем схема систему без микрофона обратной связи.

Шумомер и анализатор спектра АССИСТЕНТ СИУ 30. Данный шумомер и анализатор спектра имеет класс точности 1 и предназначен для измерения уровня звука, звукового давления и частотного анализа в шумовом, инфразвуковом и ультразвуковом диапазонах. Он идеально подходит для измерения всех параметров шума, инфразвука и воздушного ультразвука на производстве. Технические характеристики представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Технические характеристики шумомера, анализатора спектра АССИСТЕНТ СИУ 30

Что измеряется	Вид измерения
	Шум
Диапазон	10 -20000 Гц
Частотные коррекции, диапазон	20 – 140 дБА, 22 – 140 дБС, 30 – 140 дБZ, 10-150 дБ спектры
Временные характеристики	Эквивалент, Быстро, Медленно Импульс, Пик
Спектры	Октавный спектр, 31,5Гц – 16 кГц, Третьоктавный спектр, 25 Гц – 20 кГц
Другое	МАХ, МІN всех параметров. Статистическое распределение. Мониторинг
Примечание	Класс 1. Все параметры измеряются одновременно. Специальные режимы для АРМ. Индикаторы характера шума: постоянный, непостоянный, импульсный, тональный. Индикатор изменения эквивалентного уровня

Испытания проводятся в соответствии с разработанной методикой проведения испытания

Из проведенных анализов результатов измерения должно следовать, что после динамика излучения подавляющего воздействия уровень шумового воздействия должно становится ещё ниже, порядка 67дБ.

10 Экономический анализ проектной части работы

Стоимость образца.

Стоимость образца составила примерно 50000 тенге. Цены на комплектующие указаны в таблице 3. Основной вклад в стоимость составляет цена отладочного модуля. При изготовлении платы на основе выбранного микроконтроллера только с необходимой периферией удастся значительно снизить стоимость конечного решения. Однако стоит отметить, что в образце для работы микрофона анализа шумового воздействия использовался встроенный в отладочный модуль усилитель. Также разрабатываемая система активного шумоподавления будет содержать большее количество динамиков, которые могут быть заменены на более качественные и мощные, а соответственно более дорогие, и микрофонов.

Таблица 3 – стоимость комплектующих

Наименование	Цена	Примечание
STM32L152-EVAL	20000-40000 тенге	Отладочная плата на данный момент снята с производства. Стоимость аналогичных решений от данного производителя колеблется в зависимости от модификации
STM32L152VBT6	3000 тенге	Цена микроконтроллера зависит от величины партии. Указана цена за штучный экземпляр
Микрофон EM-6050	500 тенге	Для версии 6x5мм с выводами
Динамик ЗГДШ-2	4000 тенге	Две версии

Конструктивные требования.

К разрабатываемой системе активного шумоподавления для салона автомобиля установлены определенные конструктивные требования (включая технологические требования, требования по надежности, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту, хранению, упаковке, маркировке и транспортировке).

Техническое обслуживание включает в себя визуальный осмотр и очистку корпусов приборов от пыли и грязи и должно проводиться подготовленными специалистами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Были проведены работы по разработке системы активного шумоподавления для салона автомобиля и решены следующие частные задачи:

1. Проведен обзор предметной области и конструктивных особенностей аналогов.

На основании проведенного обзора установлены общие черты построения систем активного шумоподавления и разработана структурная схема системы активного шумоподавления для салона автомобиля

2. Осуществлен разбор устройств и принцип действия автомобильной системы активного шумоподавления

3. Осуществлён подбор возможных вариантов аппаратного ядра блока обработки.

Были выбраны варианты на основе DSP процессора TMS320F2808 и микроконтроллера STM32L152VBT6 серии STM32. Микроконтроллер STM32L152VBT6 в составе отладочного модуля STM32L152D-EVAL использовался для создания образца системы активного шумоподавления, поскольку создавать программный код для него за счет использования библиотек стандартных функций легче. Также в данной серии имеется возможность заменять микроконтроллеры на более производительные.

5. Спроектирована система активного шумоподавления для салона автомобиля.

6. Разработана методика проведения испытаний системы.

Теоретически из анализа результатов измерений следует, что после динамики излучения подавляющего воздействия уровень шумового воздействия должен стать ещё ниже, порядка 67дБ

7. Сделан экономический анализ.

Общая сумма всей система активного шумоподавления варьируется от 40.000 до 55.000 тенге.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для активного гашения акустического шума вентиляционных систем [Текст] / Патент на изобретение № 2363992. Оpub. 10.02.2009г.
2. Система активного шумоподавления и ее применение [Текст] / Патентна изобретение № 2411592. Оpub. 10.02.2011г.
3. Система активного шумоподавления с ультразвуковым излучателем[Текст] / Патент на изобретение № 2545462. Оpub. 28.03.2015г..
4. Сигнальные процессоры. Успех в бытовой аппаратуре [Текст] И.С. Поветкин, 237стр
5. Контроллеры TMS320F28xx... [электронный ресурс] / Сайт компанииКОМПЭЛ.
6. STM32: эпоха 32-битных микроконтроллеров наступила [электронныйресурс] / Электронный журнал.
7. Презентация линейки STM32L15x. [электронный ресурс] / Сайт компании КОМПЭЛ.
8. Создание приложений на базе процессоров Texas Instruments TMS320F28xx. [Текст] / Компоненты и технологии №8. 2006
9. Микроконтроллеры STM32 [Электронный ресурс] / Обзор семействаSTM32. Рынок микроэлектроники.
10. Архитектура системы микроконтроллеров STM32 [Электронный ресурс].
11. Анализатор шума и вибрации «АССИСТЕНТ». Руководство по эксплуатации. [Текст] / ООО «НТМ-ЗАЩИТА». Москва: 2013г.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Рыскулбеков Н.А.

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Снижения шума в салоне автомобиля системой активного шумоподавления

Научный руководитель: Шолпан Ахметова

Коэффициент Подобия 1: 3.7

Коэффициент Подобия 2: 1.2

Микропробелы: 145

Знаки из других алфавитов: 4

Интервалы: 60

Белые Знаки: 2

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.
- Обоснование:

Дата 12.06.23

Заведующий кафедрой

