

*Научная конференция-конкурс технического творчества  
школьников «ЮНЫЕ ТЕХНИКИ И ИЗОБРЕТАТЕЛИ»*

*Комбинированный гидравлический демпфер*

Выполнила: Бурова Инна  
ученица 10 Г  
класса

МБОУ «Лицей №145»  
Авиастроительного района г.Казани

Научные руководители: Мингазетдинов  
Идгай Хасанович  
К.т.н., профессор КГТУ им. Туполева,  
Валиуллина Н.В  
учитель высш. Квал. Кат.  
МБОУ «Лицей №145»  
Авиастроительного района г.Казани

Казань 2014

## Оглавление

### ВВЕДЕНИЕ

#### I. Виброизоляция

##### 1.1 Свойства и значение виброизоляции

##### 1.2 Методы виброизоляции

##### 1.3 Активная виброзащита

##### 1.4 Индивидуальная защита

##### 1.5 Демпферы

#### II. Анализ методов решения проблемы защиты от вибраций

##### 2.1 Параметры вибрации

##### 2.2 Недемпфированные стальные пружины

##### 2.3 Демпфированные стальные пружины

##### 2.4 Высокоэластичные амортизирующие опоры общего назначения

##### 2.5 Амортизирующие прокладки

##### 2.6 Резинопневматические амортизаторы

#### III. Разработка рациональной конструкции устройства для виброзащиты и виброизоляции

### ВЫВОДЫ

#### Список литературы

#### Приложения (копия патента)

## ***Введение.***

Человечество достигло огромных успехов во многих направлениях науки, промышленности и прочих сферах своей деятельности. Прогресс в технических областях сопровождается увеличением энерговооружённости оборудования, значительным возрастанием мощности и производительности станков. Однако эти тенденции развития техносферы приводят к возрастанию вредных вибраций и шума, неблагоприятно воздействующих на человека. Это прежде всего все транспортные средства, а также ручные машины. Воздействие вибраций не только ухудшает самочувствие работающего и снижает производительность труда, но часто приводит к тяжелому профессиональному заболеванию — виброболезни. Таким образом, борьба с вибрациями имеет важный технологический, экономический и гигиенический аспекты. Поэтому вопросам борьбы с вибрацией придается огромное значение. Причиной возбуждения вибраций являются возникающие при работе машин и агрегатов неуравновешенные силовые воздействия. В одних случаях их источниками являются возвратно-поступательные движущиеся системы; в других неуравновешенные вращающиеся массы. Иногда вибрации создаются ударами деталей. Величина дисбаланса во всех случаях приводит к появлению неуравновешенных сил, вызывающих вибрацию. Причиной дисбаланса может явиться неоднородность материала вращающегося тела, несовпадение центра массы тела и оси вращения, деформация деталей от неравномерного нагрева при горячих и холодных посадках. Рациональными мерами борьбы с вибрациями являются инженерно-технические мероприятия по улучшению виброакустических характеристик самих машин и оборудования, а так же такие способы как виброизоляция, вибропоглощение, виброгашение.

Данная работа посвящена виброизоляции, как средству уменьшения динамических сил, передаваемых с виброактивной системы на другую систему, защищаемую от вибраций. При этом может достигаться снижение уровня вибраций самой машины. Существует большое разнообразие виброизоляционных схем и конструкций, однако они имеют ограниченный диапазон использования.

Целью данной работы является анализ существующих схем и выбор рациональной конструкции с широким диапазоном использования.

Для реализации поставленной цели, нами были решены следующие задачи:

- на основе исследованной литературы ознакомиться с существующими методами виброзащиты и виброизоляции;
- проанализировать существующие методы решения проблемы защиты от вибраций;
- провести патентное исследование устройств для виброзащиты и виброизоляции;

•разработать рациональную конструкцию устройства для виброзащиты и виброизоляции;

Объектом нашего исследования является процесс поглощения виброизоляций, предметом исследования – разработка устройства виброзащиты.

## ***I.Виброизоляция***

### *1.1 Свойства и значение виброизоляций*

В связи с широким использованием различных машин в сфере промышленности возникает вибрация, которая сопровождается шумом. Колебания конструкций в звуковом диапазоне частот сопровождаются возникновением шума в окружающем пространстве. Обычно снижение колебаний ограждающих конструкций при виброизоляции машин не приводит к уменьшению шума в помещениях, в которых они расположены. Однако в соседних помещениях, в которых шум определяется колебаниями ограждающих конструкций, виброизоляция машин в большинстве случаев приводит к его существенному снижению.

В промышленности большинство проблем, связанных с шумом от вибраций и вибраций в частности, возникают в том случае, когда от одной или нескольких машин колебания передаются полу или несущим конструкциям здания, а вибропоглощение не всегда осуществляется в полную силу.

### *1.2 Методы виброизоляции*

Виброизоляция является средством уменьшения динамических сил, передаваемых с виброактивной системы на другую, защищаемую от вибраций. Виброизолирующий объект может быть источником колебаний, от которых должны быть защищены окружающие конструкции и (или) оборудование, либо он изолируется от колебаний связанных с ним конструкций и (или) оборудования. Разработка мероприятий по снижению производственных вибраций должна производиться одновременно с решением основной задачи современного машиностроения — комплексной механизации и автоматизации производства. Введение дистанционного управления цехами и участками позволит полностью решить проблему защиты от вибраций. Прежде всего следует снижать вибрацию вблизи области резонансов. В этом случае задача упрощается, так как машины и агрегаты можно рассматривать как колебательные системы с одной степенью свободы. Эффективность виброизолирующих систем, характеризующая снижение уровня колебаний защищаемых от колебаний конструкций (или машин), одинакова, когда эти системы предназначены для защиты виброизолируемого объекта от внешних колебаний, или, наоборот, для защиты связанных с ним конструкций. Виброизоляция машин и оборудования в зданиях и сооружениях проектируется с целью снижения колебаний до уровней, которые не опасны для их несущей способности или допустимы с гигиенической точки зрения. Для виброизоляции машины необходимо установить ее на виброизоляторы и виброизолировать подходящие к ней коммуникации. Применяют однозвенную, двухзвенную, а иногда и трехзвенную виброизоляции.

При однозвенной схеме используется опорный и подвесной варианты

опирания машины через виброизоляторы на изолируемую конструкцию, которую называют фундаментом машины. В двухзвенной схеме применяют в качестве промежуточного блока в строительстве обычно массивные плиты или рамы [2].

На практике получили распространение следующие виброизоляторы:

а) в виде отдельных опор:

пружинные виброизоляторы, основным рабочим элементом которых являются одна или несколько стальных винтовых пружин, цилиндрических или конических; параллельно с пружинами иногда устанавливают демпферы колебаний;

резиновые или резинометаллические виброизоляторы, основным рабочим элементом которых является резиновое тело, нередко имеющее сложную форму;

пневматические виброизоляторы, обычно регулируемые:

виброизоляторы из тонкой прессованной стальной проволоки («металлическая резина») и др.;

б) в виде слоя упругого материала, укладываемого между машиной и фундаментом;

в) в виде пола на упругом основании; обычно применяется в двухзвенной схеме с другими виброизоляторами при установке машин на перекрытиях зданий [2].

### 1.3 *Активная виброзащита*

Широкое распространение в промышленности получила так называемая активная виброзащита.

Данный тип защиты предусматривает введение дополнительного источника энергии, осуществляющего обратную связь его от изолируемого объекта к системе виброизоляции, позволяющего регулировать по времени характеристики последней. Это приводит к быстрому затуханию колебаний в виброизолированной системе при внешних воздействиях [3].

### 1.4 *Индивидуальная защита*

При работе с вибрирующим оборудованием рекомендуется включать в рабочий цикл технологические операции, не связанные с воздействием вибрации. При работе с ручным механизированным электрическим и пневматическим инструментом применяют средства индивидуальной защиты рук от воздействия вибраций. К ним относят рукавицы, перчатки, а также виброзащитные прокладки или пластины, которые снабжены креплениями в руке. Иначе может возникнуть вибрационная болезнь, при которой рабочие должны быть переведены на работу, не связанную с вибрацией, со значительным мышечным напряжением и охлаждением рук [1]. Различают общую и локальную вибрации. Общая вибрация с частотой менее 0,7 Гц хотя и неприятна, но не приводит к вибрационной болезни. Следствием этой вибрации является морская болезнь, происходящая из-за нарушения нормальной деятельности органов равновесия (вестибулярного

аппарата) по причине резонансных явлений. Локальная вибрация вызывает спазмы сосудов, которые начинаются с концевых фаланг пальцев и распространяются на всю кисть, предплечье, захватывают сосуды сердца. Все эти влияния усиливаются в холодный и уменьшаются в тёплый период года. При общей и локальной вибрациях наблюдаются нарушения деятельности центральной нервной системы, как и при общей вибрации [3].

#### 1.5 Демпферы.

Гидравлические демпферы применяются в гидравлических системах, автоматических регуляторах и измерительных приборах.

Важным свойством демпфера является уменьшение добротности той колебательной системы, к которой он подключён. Принцип действия демпфера заключается в необратимом переводе полученной им энергии в тепло или разрушение материала.

Недостатки подобных устройств в том, что они имеют ограниченный диапазон демпфирования [5].

## ***II. Анализ методов решения проблемы защиты от вибраций.***

Для создания устройства, способного поглощать вибрацию, необходимо провести анализ существующих методов решения проблемы защиты от вибраций и ознакомиться с методами, которые используются в производстве.

### ***2.1 Параметры вибрации***

Основными параметрами вибрации, происходящей по синусоидальному закону, являются: амплитуда виброперемещения  $X_m$ , амплитуда колебательной скорости  $V_m$ , амплитуда колебательного ускорения  $A_m$ , период колебаний  $T$ , частота  $f$ , связанная с периодом колебаний соотношением  $f=1/T$ .

Вибросмещение в случае синусоидальных колебаний определяют по формуле  $X=X_m \sin(\omega t+\varphi)$ , где  $\omega$ -угловая частота ( $\omega=2\pi f$ );  $\varphi$ -начальная фаза вибросмещения. В большинстве случаев начальная фаза в задачах охраны труда значения не имеет и может не учитываться [3].

### ***2.2 Недемпфированные стальные пружины***

Незакреплённые стальные пружины следует использовать при статическом отклонении  $>25,4$  мм, и они должны быть достаточно большого диаметра для обеспечения поперечной стабильности при вертикальной нагрузке [4].

### ***2.3 Демпфированные стальные пружины***

Хотя недемпфированные стальные пружины обеспечивают оптимальную изоляцию при рабочих скоростях, иногда необходимо вводить небольшое демпфирование в амортизирующую опору для того, чтобы ограничить движение машины во время пуска или выключения, когда она проходит через резонанс[4].

### ***2.4 Высокоэластичные амортизирующие опоры общего назначения***

Высокоэластичные материалы, например неопрен, обладают свойствами, которые особенно пригодны для амортизирующих опор. Амортизирующие опоры из таких материалов могут быть отлиты различной формы и размеров и иметь требуемые характеристики жёсткости как в вертикальном, так и в поперечном направлении [4].

### ***2.5 Амортизирующие прокладки***

Различные материалы, включая резину, войлок, пробку и спрессованное стекловолокно, могут использоваться для прокладок, обеспечивающих эффективную виброизоляцию у точек крепления механизма. Одной из наиболее универсальных является ребристая неопреновая прокладка [4].

### ***2.6 Резинопневматические амортизаторы***

Амортизаторам данной конструкции свойственны идеальная поперечная стабильность, отвечающая требованиям внутреннего



демпфирования, самовыверка горизонтальности с помощью регулировки объёма воздуха и защита от воздействия ударных нагрузок [4].

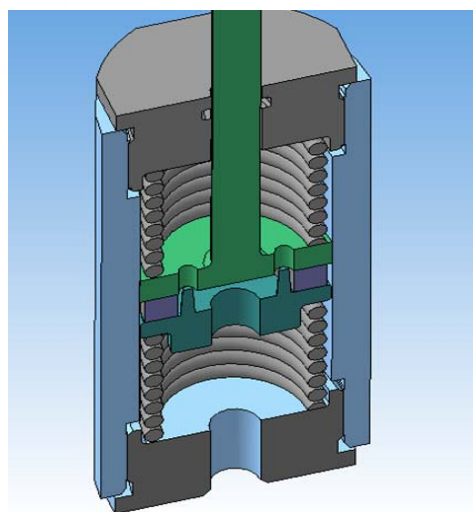
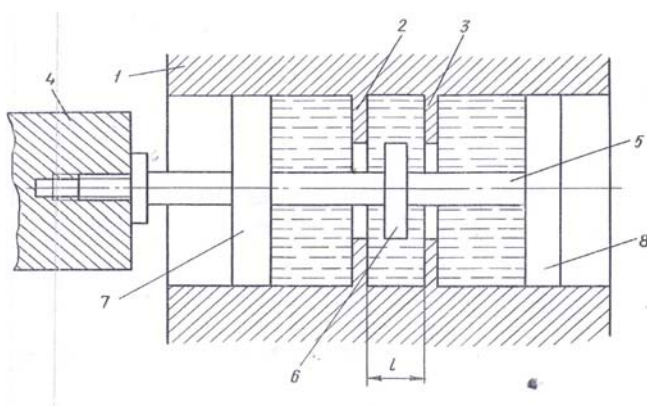
Известны также комбинированные устройства для виброзащиты в виде амортизаторов, например, комбинированный пружинно - резиновый амортизатор. В таком устройстве используется сочетание упругих свойств пружины и резинового стержня, каждый из которых имеет свою линейную характеристику упругости:  $\Delta = K * P$ , где  $\Delta$  - величина деформации,  $P$  - внешняя нагрузка,  $K$  - коэффициент упругости, разные соответственно для пружины и для резины.

Данное устройство имеет недостаток: входит в область резонанса при совпадении собственных частот колебаний (соответственно, пружины и резины) с частотой внешней нагрузки. Это обусловлено тем, что упругие свойства пружины и резины постоянны.

Аналогичные недостатки имеет комбинированный упругий элемент, в котором реализована комбинация пружины и силфона [6].

### III. Разработка рациональной конструкции устройства для виброзащиты и виброизоляции.

За основу нами был гидравлический демпфер, в котором для гашения колебаний используется гидроцилиндр, заполненный рабочей жидкостью и имеющий несколько полостей. Однако в этом устройстве, для изменения частотной и амплитудной характеристики демпфера необходима переналадка, связанная с изменением расстояния между внутренними перегородками. При каждой переналадке демпфера, его частотные и амплитудные характеристики будут другими, но так же постоянными. Это устройство не может гасить колебания с большой амплитудой [7]. Переналадка сопряжена с технологическими трудностями и предполагает предварительный частотный анализ внешних возмущающих сил.



Устранение недостатков достигается за счет того, что гидравлический демпфер, содержащий корпус, заполненный рабочей жидкостью, и расположенный в корпусе шток, с двумя поршнями, отличающийся тем, что в корпусе над и под поршнями установлены пружины. Верхний поршень имеет симметричные отверстия, а нижний снабжён центральным отверстием и выступами имеющими форму усеченного конуса и расположенными под отверстиями верхнего поршня, а между поршнями установлена резиновая втулка.

На рис. 2 представлена схема комбинированного гидравлического демпфера.

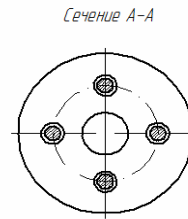
Рис. 2

Здесь:

1. Корпус гидроцилиндра,

2. Пружина нижняя,

3. Поршень,
4. Резиновая втулка,
5. Поршень,
6. Шток,
7. Пружина верхняя,
8. Жидкость.



При воздействии внешней силы на шток 6 начинает перемещаться верхний поршень 5 в направлении нижнего поршня 3, который так же перемещается в направлении пружины 2, преодолевая её упругость. Жидкость 8 из полости, находящейся под нижним поршнем 3, через отверстие В начинает перетекать между поршнем 5 и нижнем поршнем 3. При достижении определённого давления жидкости в полости под нижнем поршнем 3, поршень 3 начинает перемещаться вверх, к поршню 5, деформируя резиновую втулку 4. Конические выступы на нижнем поршне 3 начинают входить в отверстия Б, перекрывая проходные сечения и увеличивая гидравлическое сопротивление. При достижении определённого давления в полости между верхним 5 и нижним 3 поршнями начинает перемещаться поршень 5, преодолевая усилие верхней пружины 7 и внешней силы, воздействующей на шток 6. При прекращении действия внешней силы на шток, процесс взаимодействия сил пружин 2 и 7, упругого действия дополнительного поршня 3 и гидростатических сил жидкости в полостях гидроцилиндра повторяется в обратной последовательности.

Наличие в одном устройстве комбинации нескольких упругих элементов: пружины, резины и гидростатических сил жидкости с переменными характеристиками позволяет осуществлять демпфирование колебаний в широком диапазоне параметров, т. к. пружины гасят вибрации с низкой частотой, резиновая шайба эффективна для высоких частот, а наличие гидроцилиндра с переменными амплитудно-частотными характеристиками позволяет эффективно воспринимать колебания с различными усилиями.

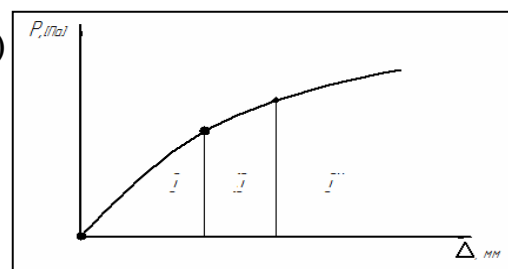
Качественная схема работы демпфера на рис.3. поясняет характер взаимодействия внешних сил  $P$  и деформации элементов демпфера.

Можно выделить 3 характерные зоны работы:

1 зона:  $P=f(S_{\text{отв. поршня}})$

2 зона:  $P = f(F \text{ резины} + S \text{ отв. шайбы})$

3 зона:  $P=f(S_{\text{отв. шайбы}}+F_{\text{пружины}})$



## **ВЫВОДЫ**

1. Проведен анализ методов и конструкций решения проблемы защиты от вибраций.

2. Выявлено, что они имеют ограниченный диапазон демпфирования.

3. Для устранения недостатков, нами были предложены улучшения, направленные на упрощение конструкции и расширение диапазона демпфирования в широком спектре колебаний. Разработано устройство, которое позволяет без всякой переналадки осуществлять демпфирование в широком диапазоне колебаний.

Результаты исследований, представленные в работе, имеют практическую ценность и могут быть использованы в любой отрасли машиностроения, где требуется виброизоляция. В нашем устройстве есть особенность в конструкции, которая является главным отличием от предшественников. Наше устройство может саморегулироваться, т.е. имеет не линейную диаграмму характеристики устройства. В отличие от: «Комбинированный пружинно - резиновый амортизатор» ( см. в кн."Охрана труда в строительстве ".Учебное пособие. Контев Д. В. и др. Под ред. Д. В. Контева. М. МЦФЭР. 2007.512с. рис. 11.12. стр.171). «Комбинированный упругий элемент» (а. с. №1184987, бюл. № 38. 15. 10. 85 ) в котором реализована комбинация пружины и сильфона.

«Гидравлический демпфер гидроударного действия» (а. с. №538173 , бюл. №45. 16. 10. 78).

Устройство, позволяющее гасить колебания в широком спектре параметров. Также оно способно предотвращать заболевания людей, связанные с развитием профессионального заболевания - виброболезни. Устройство позволяет снизить износ оборудования.

### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. "Охрана труда в строительстве ". Учебное пособие. Коптев Д. В. и др. Под ред. Д. В. Коптева. М. МЦФЭР. 2007.512с. рис. 11.12. стр.171, стр. 162.
2. Борьба с шумом на производстве: Справочник/Е. Я. Юдин, Л. А. Борисов, И. В. Горенштейн и др.; Под общ. ред. Е. Я. Юдина — М.: Машиностроение, 1985. - 400с., ил. Стр. 245; стр. 246.
3. Охрана труда в машиностроении: Учебник для машиностроительных вузов/Е. Я. Юдин, С. В. Белов, С. К. Баланцев и др.; Под ред. Е. Я. Юдина, С. В. Белова — 2-е изд., перераб. И доп. - М.:Машиностроение, 1983, 432с., ил. стр. 160; стр. 139; стр 136.
4. Применение виброизоляций для ослабления шума. Джеймс Ф. Гамильтон. Мальколм Дж. Крокер. стр. 238; стр.239; стр. 241.
5. Энциклопедия «Техника». — М.: Росмэн. 2006.
6. Упругий элемент: К.М. Рагульскис, А. Р. Якштас, П. И. Илгакоис, А. Ю. Ключининкас и Р. Ю. Бансевичюс. № F 16f 13/00, 18.12. 75.
7. Гидравлический демпфер гидроударного действия: Я. А. Виба, И. И. Вятерс, Т. Н. Новохатская и Э. А. Цирулис. № F 16 F 9/14, 24. 01. 77.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ**



**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

**№ 121541**

**КОМБИНИРОВАННЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ДЕМПФЕР**

Патентообладатель(ли): *Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение "Лицей № 145" Авиастроительного района города Казани (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2012117326

Приоритет полезной модели **26 апреля 2012 г.**

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации **27 октября 2012 г.**

Срок действия патента истекает **26 апреля 2022 г.**

*Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности*

*Б.П. Симонов*

