

ОПТИМИЗАЦИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАТОРА
ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО НИЗКОЧАСТОТНОГО ТИПА ВПН-1

При проведении конфиденциальных переговоров требуется качественная защита информации от утечки по всем каналам: акустическим, виброакустическим, лазерным, акустоэлектрическим и т.д.

В данной работе будет идти речь о защите речевой информации по виброакустическому и лазерному каналам. К ним относится съём акустической информации через элементы строительных конструкций, в частности с окон и батарей отопления.

Защита осуществляется путем закрепления на защищаемом строительном элементе вибратора, на который подается электрический сигнал типа "белый" шум в частотном диапазоне разговорной речи, после чего защищаемый элемент приводится вибратором в колебательное движение. Так как уровень воздействия с вибратора сигнала больше уровня, который возникает на защищаемой поверхности под воздействием речи человека, то информацию невозможно снять как контактным (виброакустический канал), так и бесконтактным (лазерный канал) способом.

Условия "зашумливания" оконного стекла и батареи отопления различные. При этом с повышением частоты увеличивается энергетическая емкость процесса создания вибрации. Различные конструкции вибраторов имеют различный спектр частот. Это приводит к избыточному потреблению мощности для достижения необходимого уровня вибрации во всем спектре частот. Поэтому в этой работе ставится цель - получить оптимальную конструкцию вибратора, с минимальным энергопотреблением, с характеристиками, которые позволят применять его для установки как на оконном стекле, так и на батарее отопления.

Измерения производили в соответствии с методикой контроля эффективности защиты речевой информации от утечки по акустическому, лазерному, и виброакустическому каналу, разработанному на предприятии ГНПП "УКРСПЕЦТЕХНИКА", г.Киев.

Измерения преобразования звукового сигнала в вибрацию проводили по схеме (См. Рис.1).

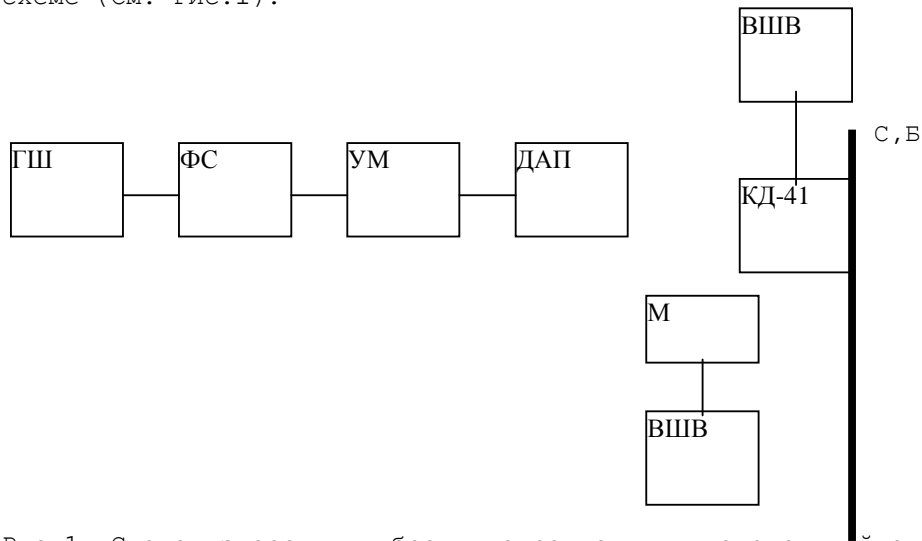


Рис.1. Схема измерения вибрации строительных конструкций от акустического сигнала.

Где: ГШ - генератор шума Г2-59; ФС - формирователь спектра речевого сигнала; УМ - усилитель мощности 50У000МС; ДАП - датчик акустического поля 15АС232; М - микрофон М-101; ВШВ - измеритель шума и вибраций ВШВ-003-М2; С,Б - стекло, батарея отопления; КД-41 - датчик КД-41

Измерения проводили октавным методом в пяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами (f_{cp}) равными: 250; 500; 1000; 2000 и 4000 Гц. .

Измерение величины вибрации проводили при озвучивании строительных конструкций заданным сигналом от излучателя ДАП в звуковом диапазоне частот.

Органами управления приборов ГШ, ФС, УМ и ДАП был выставлен уровень акустического поля, равный 74 дБ. Контроль параметров излучения

проводился шумомером ВШВ с помощью микрофона М в широкой полосе частот. Далее величины виброускорений, наведенных опасным сигналом на стекле и батарее отопления в пяти октавных полосах со среднегеометрическими частотами (f_{cp}) были сняты со стекла или батареи отопления с помощью вибродатчика КД41 и шумомера ВШВ. В результате измерений установлено, что зависимость амплитуды вибрации в октавных полосах имеет различное значение для стекла и батареи отопления (См. Рис.2).

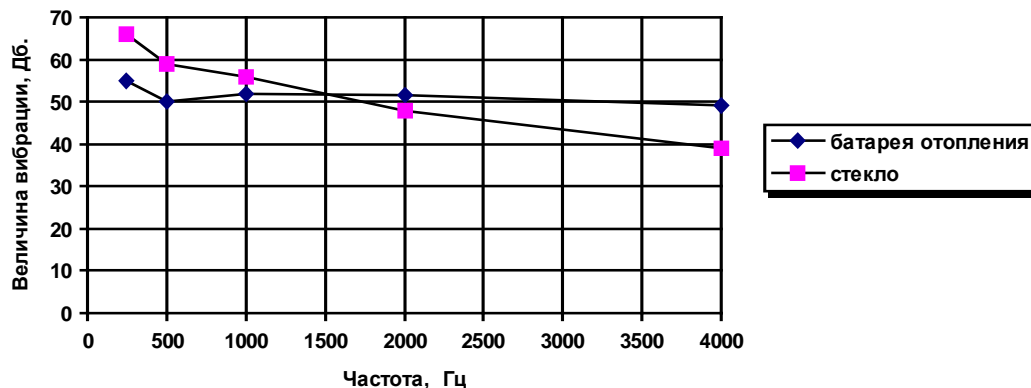
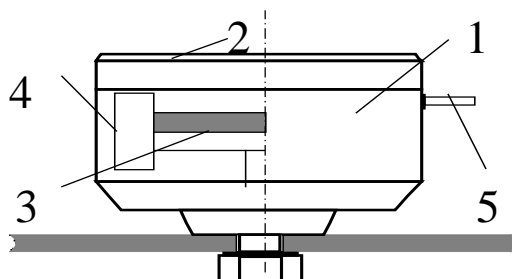


Рис.2. Зависимость величины виброускорения создаваемого на стекле и батарее отопления звуковым сигналом.

Конструкция вибратора пьезоэлектрического низкочастотного типа ВПН разработана "Конструкторским бюро "КОНТАКТ" г. Чернигов. В конструкции применен металло- пьезокерамический элемент мембранного типа, изготовленный методом сварки в твердой фазе.

Общий вид вибратора пьезоэлектрического низкочастотного ВПН-1 (в дальнейшем - вибратор) представлен на рис.3.



- | | |
|------------------|-----------------------|
| 1 - корпус | 4 - масса инерционная |
| 2 - крышка | 5 - изолятор |
| 3 - пьезоэлемент | |

Рис.3. Общий вид вибратора ВПН-1.

Вибратор состоит из корпуса 1, металлопьезокерамического пьезоэлемента 3 мембранного типа, на котором закреплена инерционная масса 4. Конструкция закрывается крышкой 2. Подключение вибратора к генератору осуществляется через два изолированных контакта 5, не связанных электрически с корпусом. Вибратор - герметичен.

Работа вибратора основана на пьезоэлектрическом принципе. Вибратор преобразует электрический сигнал, подаваемый от генератора, в механическую вибрацию.

Крепление вибратора на объект осуществляется с помощью винта М4 и шайбы. Также ВПН может крепиться на плоской поверхности стекла или металла клеем через подпятник.

Амплитудно-частотная характеристика вибратора ВПН и следовательно параметры вибрации создаваемые им на строительных конструкциях будут зависеть от жесткости мембраны и массы закрепленного на ней груза. Увеличение массы груза будет сдвигать собственный резонанс вибратора в область более низких частот и таким образом изменять его спектральную характеристику. Очевидно, что определенным механическим характеристикам

металло- пьезокерамического элемента (мембраны) будет соответствовать определенная масса груза. При этом оптимальная амплитудно-частотная характеристика вибратора будет иметь минимальное потребление энергии от генератора белого шума с линейным выходным сигналом.

Измерения параметров вибрации при воздействии на оконное стекло вибратора типа ВПН проводили в соответствии с рис.4.

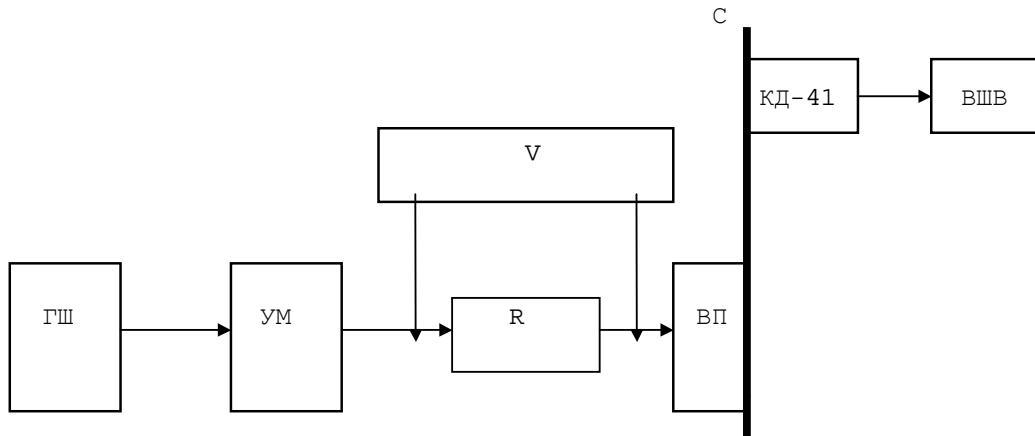


Рис.4. Схема измерений вибраторов ВПН-1 на стекле при возбуждении широкополосным шумом.

Где: ГШ - генератор шума Г2-59; УМ - усилитель мощности 50У0008С; R - резистор; ВП - вибратор ВПН-1; V - мультиметр DM27ХТ; ВШВ - измеритель шума и вибраций ВШВ-003-М2; С - стекло.

Сравнительные измерения параметров вибраторов ВПН производили при настройке их на одно значение амплитуды вибрации в октавной полосе 1000 Гц. После чего измерялись значения вибрации в октавных полосах с помощью датчика КД-41 и шумомера ВШВ. Далее с помощью мультиметра проводили измерение напряжения, потребляемого тока и расчет потребляемой мощности.

Измерения величины вибрации, создаваемой вибратором ВПН на стекле, проведенные в диапазоне 100...5000 Гц показали, что с увеличением веса груза АЧХ вибратора изменяется (см. Рис.5). При этом мощность вибропреобразования, необходимая для достижения требуемого уровня вибрации, имеет максимальные значения как при небольших значениях груза, так и значительно завышенных (См. Рис.6) Величина паразитного акустического излучения, которое создает вибратор при включенном генераторе шума G, измеренная в широкой полосе соизмерима с величиной акустических фоновых помех в помещении (60 дБ).

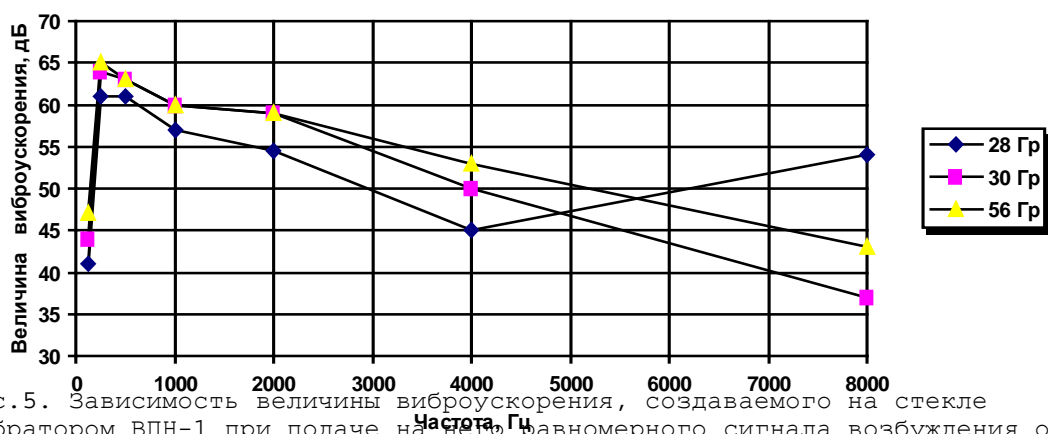


Рис.5. Зависимость величины виброускорения, создаваемого на стекле вибратором ВПН-1 при подаче на него равномерного сигнала возбуждения от генератора шума.

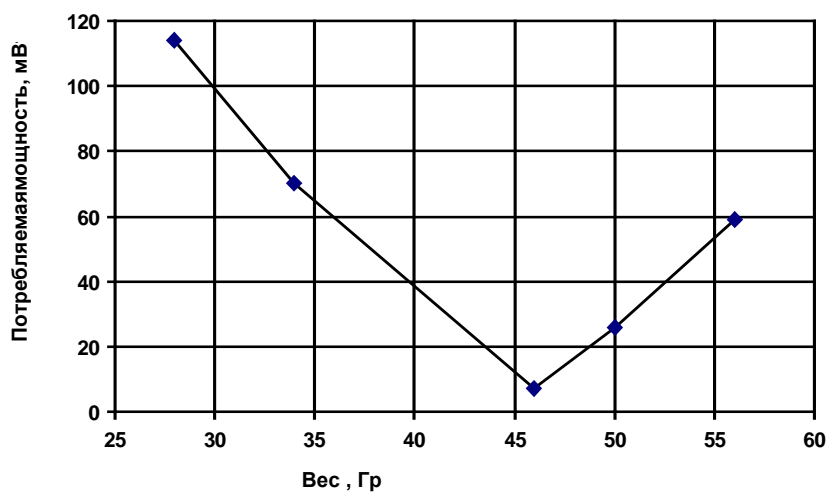


Рис 6. Зависимость величины мощности, потребляемой вибратором на стекле от веса инерционной массы.

Минимальное энергопотребление имеют вибраторы с параметрами груза, находящимися в диапазоне 46...50 Гр.

Испытания этих вибраторов на батарее отопления показали, что с изменением веса груза энергопотребление вибратора изменяется. Диапазон веса груза, обеспечивающий минимальное потребление сдвинут в сторону большего веса груза. (См. Рис.7).

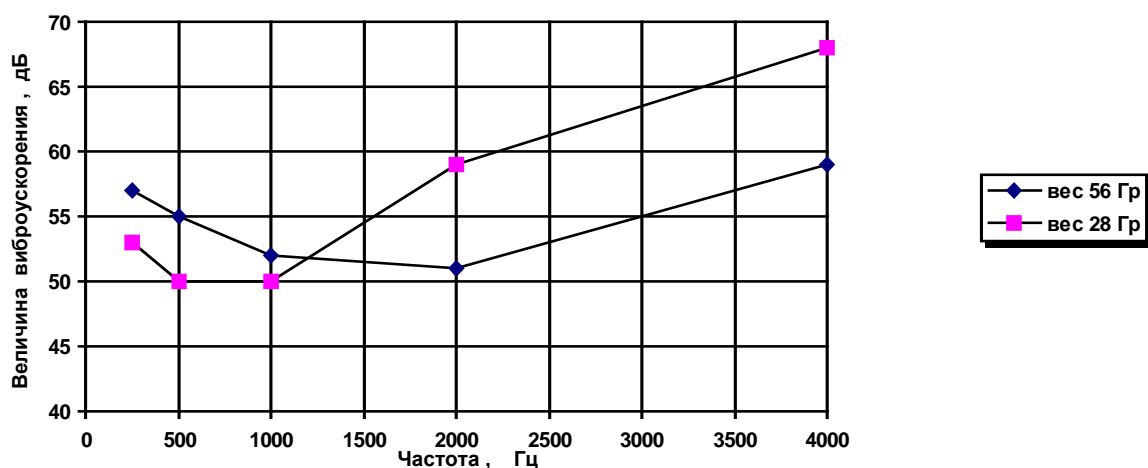


Рис.7. Зависимость величины виброускорения, создаваемого вибратором на батарее отопления при возбуждении его равномерным сигналом.

Учитывая, что выпуск специализированных вибраторов для стекла, батареи отопления и других конструкций нецелесообразен по экономическим соображениям, то можно считать оптимальной по отношению к стеклу и батарее отопления конструкцию вибратора, имеющую вес груза равный 46 Гр.

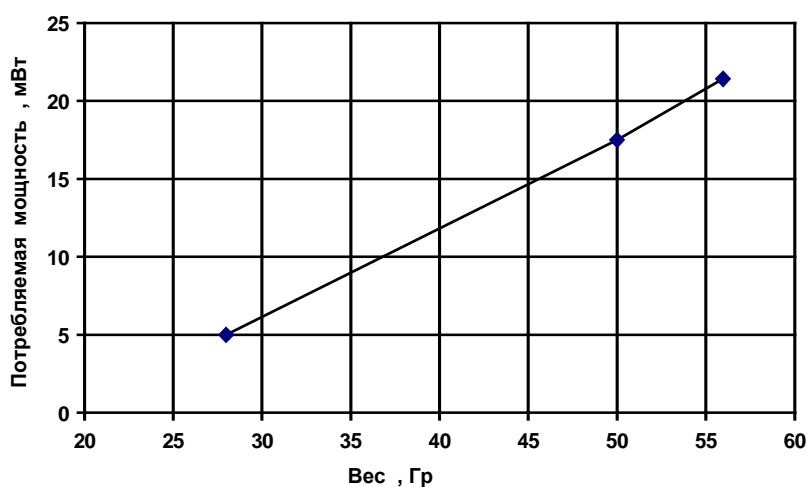


Рис.8. Зависимость величины мощности, потребляемой вибратором на батарее отопления, от веса инерционной массы.

Выводы:

Проанализировав результаты проведенных исследований можно предположить, что оптимальным вариантом конструкции вибратора ВПН-1 для стекла и батареи отопления будет вибратор с весом инерционной массы 46 Г.

При возбуждении широкополосным шумом вибратор будет потреблять при работе на стекле мощность равную 7 мВт (см. Рис.6).

При возбуждении сигналами близкими к условиям эксплуатации вибратор будет потреблять при работе на батарее отопления мощность равную 15 мВт (см. Рис.8), а при работе на стекле - 22 мВт (см. Рис.6).

При этом его частотные характеристики будут наилучшим образом сбалансированы в речевом диапазоне частот.

Литература :

1. Ультразвуковые преобразователи., Пер. с англ., М., 1972 г.
2. Кикучи Е. Ультразвуковые преобразователи., М., 1968 г.