

## АНАЛИЗ СОСТАВЛЯЮЩИХ СПЕКТРА ВИБРАЦИИ ПНЕВМАТИЧЕСКИХ МОЛОТКОВ

В. Ф. ГОРБУНОВ, В. И. БАБУРОВ, А. И. ПАШНИН

Получение и изучение спектров пневматических молотков в зависимости от режимов работы необходимо с целью установления причин вибрации, особенно высокочастотной. На основе этого возможна разработка научно обоснованных рекомендаций по виброизоляции ручных пневматических молотков.

В соответствии с санитарными нормами (1966 г., № 626) оценка вибрации ручных механизмов и инструментов должна производиться по спектру виброскорости, так как колебательная энергия пропорциональна ей.

Из всех возможных методов получения спектров пневматических молотков наиболее приемлем аппаратурный анализ, для целей которого авторами разработана методика [1].

Нами исследовались рубильно-клепальные пневматические молотки, серийно выпускаемые Томским электромеханическим заводом. При изучении спектров виброскорости пневматических молотков установлены общие закономерности. Вид огибающей спектра и уровни его составляющих зависят от режима работы молотка (давление воздуха в сети и усилие нажатия). На рис. 1 показаны спектры виброскорости клепального молотка КЕ-22 при различных усилиях нажатия и постоянном давлении воздуха, равном 5 *ати*. Как видно из рисунка, с увеличением усилия нажатия уровни составляющих спектра имеют тенденцию к понижению, причем это понижение не носит монотонного характера. Вид огибающей спектра в общих чертах сохраняется. Но на некоторых частотах (полосах частот) в зависимости от нажатия появляются новые «пики» или происходит перераспределение уровней виброскорости. Таким образом, уровень колебательной энергии, пропорциональный площади спектра, передаваемый работающему, понижается с увеличением усилия нажатия.

На рис. 2 приведены спектры скорости клепального молотка КЕ-16 при постоянном усилии нажатия, но при разном давлении воздуха. С увеличением давления воздуха, подводимого к молотку, уровни составляющих спектров заметно повышаются. Причем общий вид огибающей составляющих спектра имеет один и тот же характер.

Рис. 1 и 2 показывают, что спектр пневматического молотка существенно зависит от режима его работы. Отметим некоторые общие особенности спектров вибрации различных конструкций молотков при работе их в одном и том же режиме, характерном для производства, а имен-

но: при давлении воздуха 5 *ати*; усилие нажатия 20 кг пружиной жесткостью 5 кг/см; поглотитель энергии ударов — стальная плита.

В этих условиях работы молотков спектры виброскорости имеют общие закономерности:

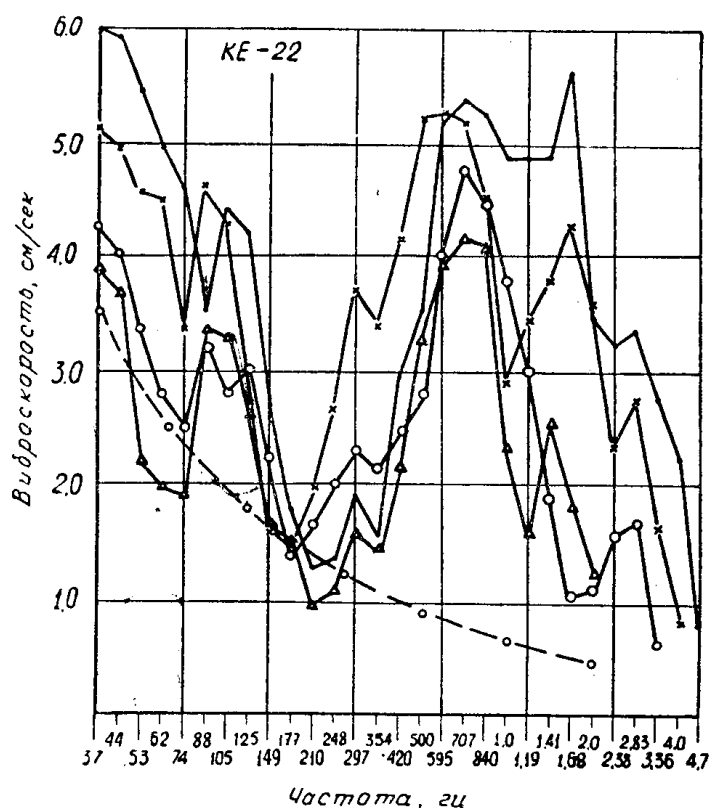


Рис. 1. Огибающие спектров виброскорости молотка KE-22 при усилиях нажатия:  $\triangle$ — $\triangle$ — $\triangle$ —29 кг,  $\circ$ — $\circ$ — $\circ$ —25 кг,  $\times$ — $\times$ — $\times$ —21 кг,  $\bullet$ — $\bullet$ — $\bullet$ —17 кг

а) все спектры начинаются с основной (первой) гармоники, равной частоте ударов молотка; это характерно для всех режимов, однако в некоторых из них возможно появление составляющих более низкой частоты, наличие их объясняется случайным характером вибрации и сложностью формы колебаний;

б) падение величины виброскорости с начала спектра до частот 100—300 гц;

в) наличие, как правило, нескольких максимумов в спектре на частотах выше 300 гц.

Переменное давление воздуха в полостях молотка не может создать высокочастотных колебаний, поэтому в зоне спектра до 300 гц наблюдается понижение уровней виброскорости. Если наличие низкочастотной части спектра можно объяснить действием вибрации, создаваемой изменяющимся давлением воздуха в молотке, то природа высокочастотных «пиков» не может быть удовлетворительно объяснена без специальных экспериментов.

Для этих целей были найдены частоты собственных колебаний деталей и молотка в сборе. Некоторые их значения приведены в таблице. Определение собственных частот колебаний производилось методом сравнения частот. На рис. 3 показана схема экспериментальной уста-

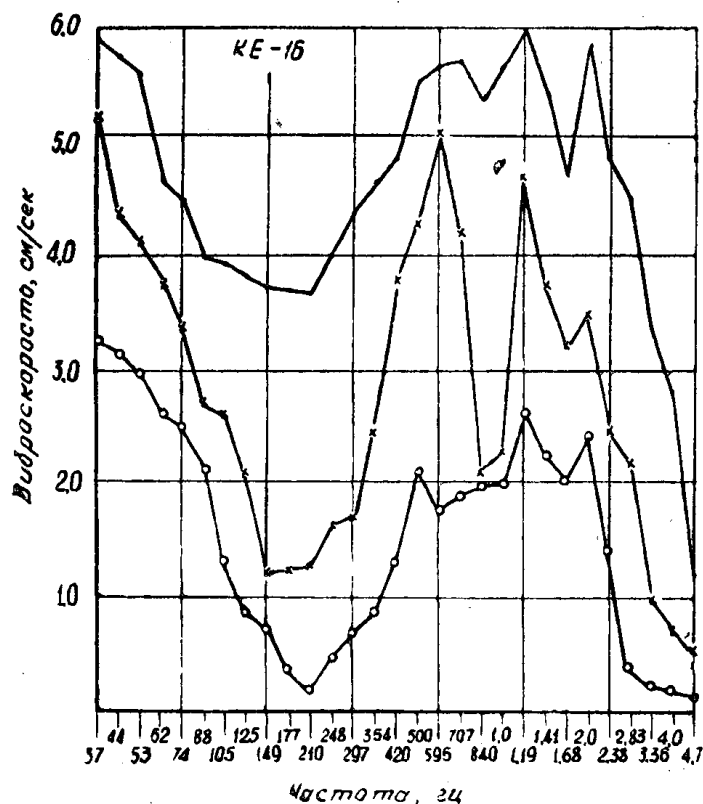


Рис. 2. Огибающие спектров виброскорости молотка KE-16 при давлении воздуха в сети ●—●—●— 6 ати, ×—×—×— 5 ати, ○—○—○— 4 ати.

новки. Деталь 2 подвешивали на гибкой нити 1. В детали ударом возбуждали колебания собственной частоты; сигнал улавливался акустическим зондом (АЗ-1) 3 и усиливался специальной приставкой 4 типа УПУ-1. Усиленный сигнал подавали на осциллограф 5. Одновременно на осциллограф 5 подавался сигнал стандартной калиброванной частоты от звукового генератора 6.

Т а б л и ц а

Частоты собственных колебаний пневмомолотка и его деталей в гц

Тип молотка	Рукоятка	Ствол	Инструмент	Частота собственных колебаний молотка в сборе
MP-4	5720	6260	1700	1650—2850
BC3-135	3700	6100	1050	870, 3400
MP-6	4880	5850	1650	990, 2320
KE-16	3460	3800	2250	1190, 2000

При совпадении частот этих сигналов или их кратности на экране осциллографа наблюдается соответствующая фигура Лиссажу, по которой и судят о собственной частоте колебаний детали.

Собственную частоту молотка в сборе определить таким методом не удалось из-за быстрого затухания сигнала. Поэтому для этой цели применялся широкодиапазонный (до 5000 гц) электродинамический вибростенд. При совпадении (резонансах) частоты возбуждения с частотой

собственных колебаний наблюдались звуковые эффекты и резкое увеличение ускорения. Данные по частотам приведены в таблице.

Если сравнить частоты, на которых наблюдаются «пики» в спектре виброскорости, то заметим, что они совпадают с частотой собственных колебаний молотков в сборе. Таким образом, источником высокочастотной вибрации являются собственные колебания деталей и молотка в целом. При ударном характере работы молотка в деталях возбуждаются колебания с собственной частотой, тем самым увеличивая уровни высокочастотных составляющих.

Анализ спектров виброскорости пневматических молотков показывает, что имеется два основных источника вибрации: переменное во времени давление воздуха в передней и задней полостях молотка и собственные колебания деталей и молотка в целом. При этом первый является источником низкочастотной вибрации, второй — высокочастотной.

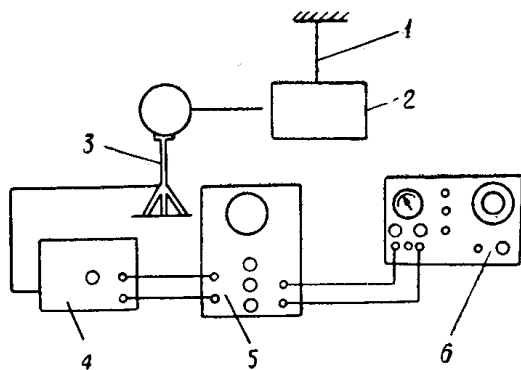


Рис. 3. Схема экспериментальной установки

Исходя из этого, можно рекомендовать методы борьбы с вибрацией. Подавление низкочастотной вибрации возможно путем виброизоляции рукоятки упругими элементами, применения динамических поглотителей, изменения рабочего цикла и т. д. Для уменьшения высокочастотной вибрации возможно только виброгашение, так как она обусловлена колебаниями деталей с собственной частотой. Поэтому необходимо:

а) стремиться исключить удары при посадке корпуса молотка на буртик инструмента, за счет применения специальных буск и виброзащитных муфт;

б) собственную частоту пневмомолотков как можно дальше отодвигать в область высоких частот;

в) производить выбор материала деталей молотков с расчетом уменьшения частоты собственных колебаний.

Собственная частота

$$f = k \sqrt{\frac{c}{m}}$$

зависит от отношения жесткости детали к ее массе и от условий ее закрепления. Увеличение этого отношения за счет уменьшения массы нецелесообразно, так как вместе с этим уменьшается и жесткость детали. Рационально повышать  $f$  увеличением жесткости детали. Например, замена державки рукоятки молотка круглого сечения коробчатой приводит к резкому повышению жесткости без заметного увеличения веса. Но при увеличении жесткости рукоятки молотка необходимо учитывать также эстетические и технологические требования к ее конструкции с точки зрения удобства охвата рукой рабочего и уменьшения гидравлических потерь сжатого воздуха. В этом случае наиболее удобной формой сечения следует считать треугольную с закругленными вершинами, предложенную Тучны [2]. Для уменьшения гидравлических потерь воздуха необходимо спрямлять каналы, по которым проходит воздух, но нельзя уменьшать их сечение.

## Выводы

1. Спектральным анализом вибрации серийно выпускаемых пневматических молотков установлено, что с увеличением усилия нажатия уровни составляющих спектра виброскорости понижаются, причем не монотонно. Огибающая спектра на некоторых частотах имеет максимумы. Повышение давления воздуха в сети приводит к возрастанию уровней составляющих. Для всех типов молотков огибающая спектра при этом имеет один и тот же характер.

2. Показаны общие закономерности изменения спектров виброскорости молотков при работе их в равных условиях.

3. Установлены источники низко- и высокочастотных вибраций, а также показан способ их ограничения за счет изменения частот собственных колебаний отдельных деталей молотка.

## ЛИТЕРАТУРА

1. В. Ф. Горбунов, В. И. Бабуров, А. И. Пашнин, Ю. А. Опарин, А. Ф. Козлов. Методика получения спектров вибраций пневматических молотков. (Настоящий сборник).

Р. Тисп<sup>у</sup>. К hygiene práce s<sup>г</sup>аспim n<sup>а</sup>гadim. Praha, 1965.

---