

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:

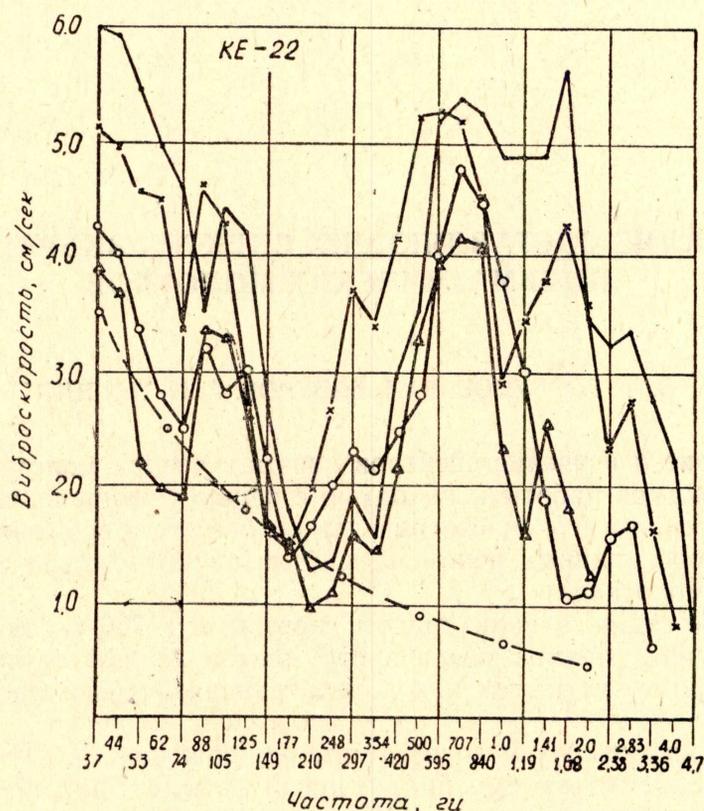


Рис. 1. Огибающие спектров виброскорости молотка КЕ-22 при усилиях нажатия: \triangle — \triangle — \triangle —29 кг, \circ — \circ — \circ —25 кг, \times — \times — \times —21 кг, \bullet — \bullet — \bullet —17 кг

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 «пигов» 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-

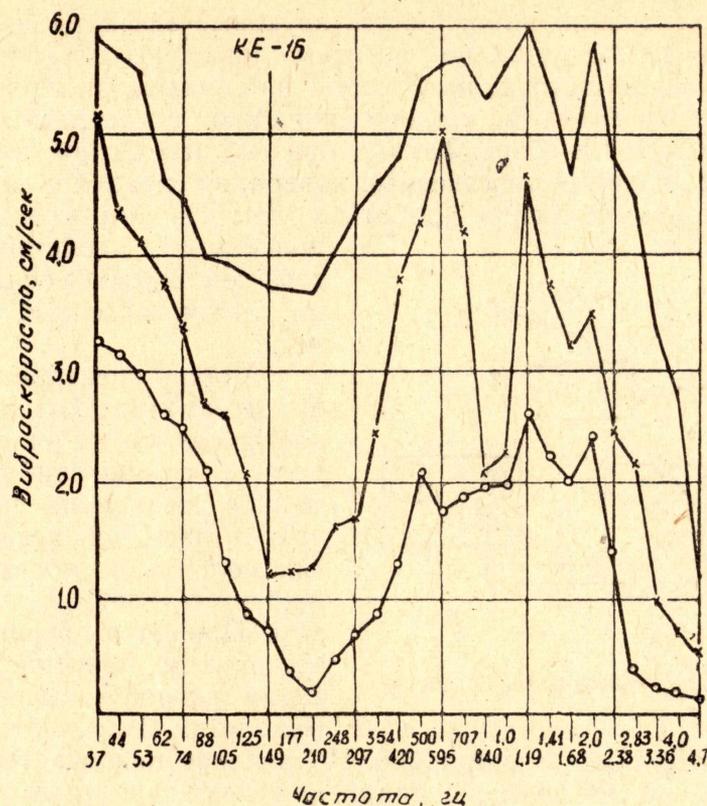


Рис. 2. Огибающие спектров виброскорости молотка КЕ-16 при давлении воздуха в сети ●—●—●— 6 ати, ×—×—×— 5 ати, ○—○—○— 4 ати.

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
БСЗ-135	3700	6100	1050	870, 3400
MP-6	4880	5850	1650	.990, 2320
КЕ-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

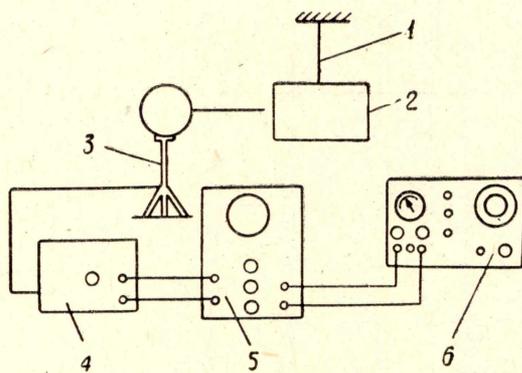
собственных колебаний наблюдались звуковые эффекты и резкое увеличение ускорения. Данные по частотам приведены в таблице.

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.

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:

Рис. 3. Схема экспериментальной установки



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 отодвинуть 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. Тиспу. К hygiene práce srasním náradím. Praha, 1965.
