

## ПРИМЕНЕНИЕ МАЛЫХ ЗАГЛУШЕННЫХ КАМЕР ПРИ КОНТРОЛЕ ВИБРОАКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОРОБОК СКОРОСТЕЙ В ЦЕХОВЫХ УСЛОВИЯХ

*Институт механики и надежности машин НАН Беларуси  
Минск, Беларусь*

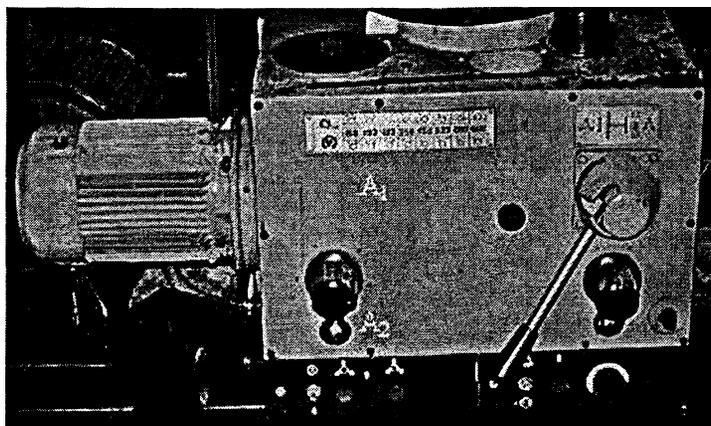
Виброакустическую активность мобильных машин, станков и различных устройств сервисного и бытового назначения можно отнести к одному из основных параметров, все в большей мере определяющих их конкурентоспособность и ликвидность. Во многом она складывается из шума и вибраций, генерируемых трансмиссией. Поэтому в технологических процессах изготовления трансмиссий за рубежом широко используются различные методы и средства пооперационного контроля виброакустических параметров, что позволяет снизить до минимума вероятность превышения их нормируемых значений после окончательной сборки объекта.

Необходимо отметить то, что успешное использование в ряде случаев методик определения в цеховых условиях акустических характеристик по вибрационным параметрам, хотя, как правило, они и имеют один исходный источник возникновения, не всегда позволяет обеспечить достоверное получение требуемой информации. Так, например, анализ результатов исследований вибраций и шума, генерируемых коробкой скоростей сверлильных станков 2К52-1 (рис.1 а) показал существенные отличия состава и формы их амплитудных спектров (рис.1 б).

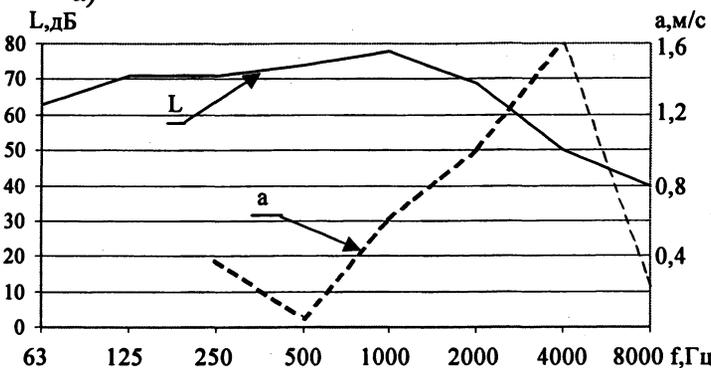
Более того, при анализе результатов исследований было установлено, что уровень регистрируемых в идентичных условиях функционирования коробки скоростей виброускорений существенно зависит от места расположения первичного преобразователя. Для количественной оценки этого влияния на передней панели корпуса коробки скоростей наносилась сетка с ячейками 50х50 мм. В ее узловых точках, а также вдоль вертикальных, горизонтальных осей и диагоналей внутри сетки осуществлялись измерения уровней виброускорений, генерируемых зубчатыми передачами и элементами коробки скоростей (рис.1 в, г). Значения регистрируемых параметров отличались в 3-6 раз при относительно небольшом смещении первичного преобразователя. Это связано с колебаниями геометрических размеров и наличием внутри корпуса приливов и ребер жесткости. Таким образом, несмотря на то, что для контроля шума по параметрам вибраций достаточно было создать только виброизолированный от площадки цеха стенд, его реализация оказалась весьма проблематичной.

С учетом приведенного выше контроль в цеховых условиях шума узлов механических трансмиссий ведущими зарубежными производителями мобильных машин и оборудования, как правило, осуществляется с использованием специальных стендов, оснащенных средствами, обеспечивающими непосредственный контроль генерируемого ими шума. Для этого, как правило, используются:

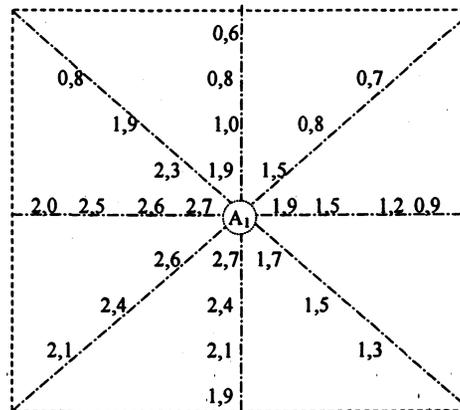
- специальные заглушенные камеры со значительным объемом внутреннего пространства, позволяющего разместить весь контролируемый объект, однако из-за высокой стоимости и технологической сложности реализации процесса контроля, они в основном применяются только при оценке шума образцов и уникальных изделий с повышенными требованиями к уровню виброакустической активности;
- специальные стенды, оснащенные комплектом специальных измерительных средств, оснащенных узконаправленным микрофоном;



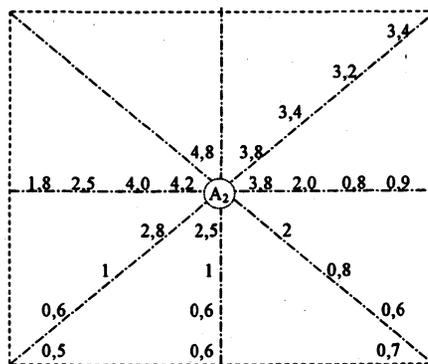
а)



б)



в)



г)

Рис.1 Коробка скоростей сверлильного станка 2К52-1 (а); скорректированный по характеристике  $A$ , спектр шума ( $L$ , дБА) и виброускорений в точке  $A_1$  ( $a$ , м/с) (б); изменение виброускорений при смещении измерительной точки на передней панели (в, г)

- так называемые малые заглушенные камеры (МЗК), позволяющие в цеховых условиях изолировать от источников внешнего шума либо контролируемый относительно небольшой объект в целом, либо только измерительный микрофон.

Типовая конструкция малой заглушенной камеры [1], ориентированной на звукоизоляцию от внешних источников шума измерительного микрофона, и схема ее применения для непосредственного измерения шума коробок скоростей в цеховых условиях показана на рис. 2.

В МЗК толщина стенок и материал звукоизолирующего кожуха подбирается таким образом, чтобы обеспечить требуемый уровень звукоизоляции в заданном частотном диапазоне. При этом необходимо учитывать то, что конусообразность его формы приводит к искажению регистрируемого измерительным микрофоном спектра звукового давления. Величина этого искажения существенно зависит от геометрических параметров, в частности осевых размеров, и угла конусности.

Схемы определения звукоизолирующих свойств кожуха и вносимых его формой искажений, а также результаты исследований приведены на рис. 3.

Анализ результатов исследований показывает следующее:

- наиболее целесообразной областью применения МЗК для контроля шума в цеховых условиях является диапазон частот от 300 Гц, в котором достигается уровень звукоизоляции от 10 дБ до 43 дБ (рис.3 в) и может быть обеспечена требуемая разница между измеряемым уровнем звукового давления и внешним шумом;

- конусообразная форма звукоизолирующего кожуха обуславливает

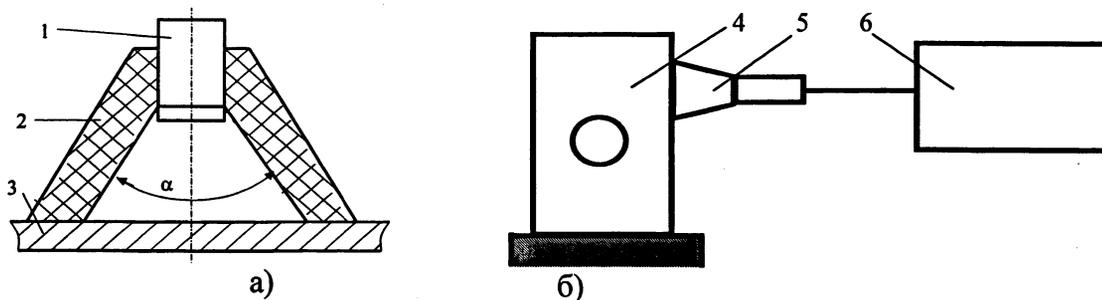


Рис. 2. Типовая конструкция МЗК, обеспечивающая изоляцию измерительного микрофона от внешних источников шума (а) и схема ее применения при измерении шума в цеховых условиях: 1 – измерительный микрофон; 2 – звукоизолирующий конусообразный кожух; 3 – корпус контролируемой коробки передач; 4 – контролируемая коробка передач; 5 – малая заглушенная камера в сборе; 6 – прибор для измерения акустических характеристик

усиление регистрируемого шума, при этом уровень увеличения звукового давления существенно зависит от его частоты, угла конусности, осевых размеров МЗК и звукопоглощающих свойств материала ее звукоизолирующего кожуха;

- при регистрации звуковых колебаний внутренняя полость МЗК создает резонансную систему в определенном диапазоне частот, который расчетно-эмпирическим методом может быть смещен в область наиболее «проблемных» или информативных частот, что позволяет обеспечить приемлемый, для выделения и последующей обработки, уровень их амплитудных значений;

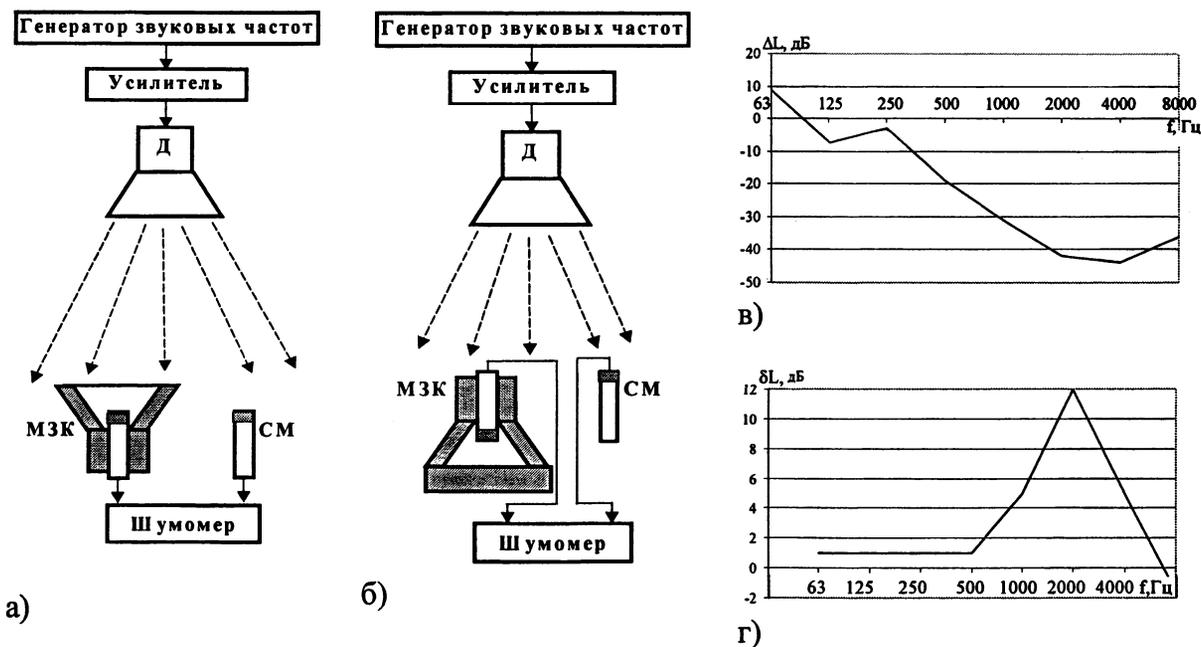


Рис. 3. Схемы определения корректирующих поправок для учета искажений, вносимых конусообразным звукоизолирующим кожухом МЗК (а) и уровня шумоизоляции в нормируемых полосах частот (б), уровень звукоизоляции МЗК для коробки скоростей сверлильного станка 2К52-1 (в) и влияние формы звукоизолирующего кожуха на изменение уровня звукового давления (г); СМ- свободный микрофон

Необходимо отметить, что построение диаграммы влияния формы и геометрических параметров звукоизолирующего кожуха МЗК позволяет ввести

соответствующие корректирующие поправки в регистрируемый амплитудный спектр шума. В рассматриваемом случае рассеивание уровней звукового давления, регистрируемого с использованием МЗК на различных участках передней, боковых и задней панелях не превышало  $\pm 1$ дБ, что обеспечивало приемлемую для инженерной практики точность контроля акустических характеристик станка 2К52-1 в цеховых условиях, соответствующую техническому способу измерения шума в соответствии с ГОСТ 23941-2002 (табл. 1).

Таблица 1

Допустимые значения средних квадратических отклонений  $S$  регистрируемой звуковой мощности (дБА)

Метод определения	$S$ , дБА	Метод определения	$S$ , дБА
Точный метод в заглушенной камере: - со звукопоглощающим полом - со звукоотражающим полом	1 1,5	Технический метод в свободном звуковом поле на звукоотражающей плоскости	2
Технический метод в реверберационном помещении	2	Ориентировочный метод	4

Таблица 2

Материал	Плотность в сжатом состоянии, г/см <sup>3</sup>	Средняя скорость звука $\times 10^{-3}$ , см/с	Динамически модуль упругости скелета, Н/см <sup>2</sup>	Коэффициент потерь	Частота, при которой определены потери, Гц	$E_{дин}/E_{ст}$
Губчатая резина	0,72	5,98	257	0,15	176	2,2
Пенопласт ПХВ-Э	0,17	5,8	57,5	0,85	172	4,0
Стекловолоконистые плиты на фенолоспиртах	0,06	3,4	7,0	0,1	-	2,3
Минеральная вата на синтетической связке	0,15	3,16	15,0	0,04	-	3,2
Минеральная вата на битумной вяжущей основе	0,08	3,88	12,0	0,03	-	4,8
ДВП толщиной 1,25 мм	0,20	0,30	9,0	16,2	200...300	2,1

Для изготовления звукоизолирующего кожуха МЗК могут быть использованы различные материалы. Технические характеристики некоторых из них, приемлемых для использования в МЗК, приведены в табл.2 [1].

Конструкция МЗК проста [1], имеет малую, по сравнению со специализированным аппаратным обеспечением с узконаправленным микрофоном, стоимость и ориентирована на использование в составе стандартных средств контроля шума. Она может быть эффективно использована для контроля в цеховых условиях шума генерируемого различными объектами, так и на испытательных стендах для исследования зубчатых передач (рис.4) [3,4] и трансмиссий в целом.

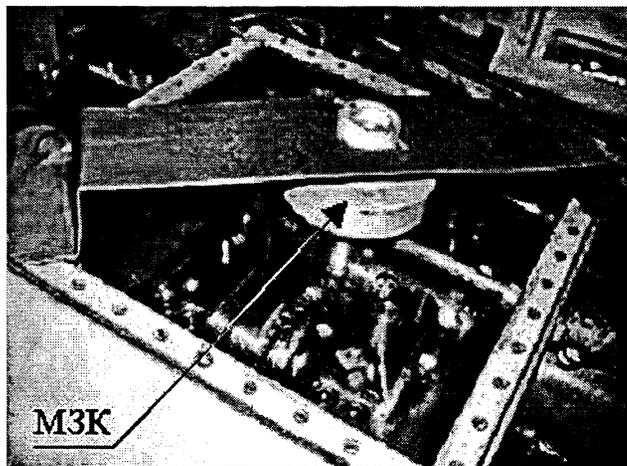


Рис.4. МЗК для контроля шума на стенде ИМИНМАШ НАН Беларуси для испытаний зубчатых передач

Методика подготовки и реализации процесса съема и обработки диагностической информации включает в себя следующее:

- в заглушенной камере или цеховых условиях с соблюдением требований ГОСТ 23441–2002 определяются реальные амплитудные спектры шума, генерируемого контролируруемыми узлами или объектами в сборе, который сопоставляется с соответствующими регламентированными техническими требованиями к предельным значениям звукового давления в октавных, третьоктавных или иных полосах частот и на основе анализа полученных данных выделяются наиболее «проблемные» для изготовления или информативные из них, используемые в дальнейшем при контроле качества изготовления и сборки с использованием виброакустических параметров;

- определяется амплитудный спектр внешних источников цехового шума в месте размещения диагностического пункта и рассчитывается требуемый уровень звукоизоляции кожуха МЗК, который в каждой из регламентированных полос частот должен обеспечить на 6...10 дБ (минимум – 3 дБ) меньший, по сравнению с предельно допустимыми по техническим условиям;

- подбирается материал для изготовления кожуха МЗК, рассчитываются толщина стенок МЗК и геометрические параметры, обеспечивающие требуемый уровень звукоизоляции или выделение (в резонансном режиме) наиболее «проблемных» и (или) информативных частот;

- изготовление и апробация МЗК, определение корректирующих поправок к результатам контроля уровней звукового давления в регламентированных полосах частот, разработка методики регистрации параметров шума в цеховых условиях, включающей алгоритмы обработки зарегистрированных параметров в регламентированных «проблемных» и (или) наиболее информативных полосах частот.

Опыт реализации приведенного методического подхода в ИМИНМАШ НАН Беларуси [2,3] показал не только возможность его эффективного использования для контроля шума в цеховых условиях серийно изготавливаемых узлов трансмиссий, но и при осуществлении виброакустического мониторинга качества изготовления и сборки зубчатых передач, а также оценки их технического состояния при испытаниях и, в отдельных случаях, в условиях эксплуатации [4-8].

#### ЛИТЕРАТУРА

1.Иванов Н.И. Борьба с шумом и вибрациями на путевых и строительных машинах.- М.: «Транспорт».- 1979.- 272с; 2. Свид. на пол. мод. RU 20963 U1, МПК 7 G 01 H 17/00. Устройство для виброакустической диагностики передач зацеплением/ Я.В.

Басинюк, Н.Н. Ишин, И.Н. Усс, В.Л. Басинюк, Е.И. Мардосевич, Л.М. Антюшеня. – №2001112940/20; Заявл. 11.05.2001; Оpubл. 10.12.2001// Бюл. № 34; 3. Пат. РБ 632U, МПК G 01 H 17/00. Устройство для виброакустической диагностики передач зацеплением/ Я.В. Басинюк, Н.Н. Ишин, И.Н. Усс, В.Л. Басинюк, Е.И. Мардосевич, Л.М. Антюшеня. – № u 20010117; Заявл. 17.05.2001; Оpubл. 30.09.2002// Бюл. № 3; 4 Пат. 4261 C2 BY, МПК G 01 M 13/02. Способ вибрационной диагностики нагруженности зубьев зубчатых передач при испытаниях/ О.В. Берестнев, Н.Н. Ишин, В.Л. Басинюк, Я.О. Берестнев, Я.В. Басинюк. – № а 19980960; Заявл. 21.10.1998; Оpubл. 30.12.2001// Афіцыйны бюлетэнь/ Дзярж. пат. камітэт Рэсп. Беларусь. – 2001. – №4. – С. 171 – 172; 5. Пат. 2224232 C1 RU, МПК G 01 M 13/02. Способ виброакустической диагностики передач зацеплением./Я.В. Басинюк, Н.Н. Ишин, В.Л. Басинюк, Е.И. Мардосевич.- № 2002113404; Заявл. 22.05.2002; Оpubл. 20.02.2004. Бюл. № 5; 6. Пат. 2231768 C2 RU, МПК G 01 M 13/02. Способ вибродиагностики передач зацеплением/ Я.В.Басинюк.- №2002125140; Заявл. 19.09.2002; Оpubл. 27.06.2004. Бюл. №18; 7. Пат. 4872337 США, МКИ G 01 M 13/02. Nondestructive Testing of Gear/ Robert J. Watts (США).– № 150114, Заявл. 29.01.1988; Оpubл. 10.10.1989; НКИ 73/162.– 12 с; 8. Пат. 2224223 C1 RU, МПК G 01 H 17/00, G 01 M 13/02. Устройство для виброакустической диагностики передач зацеплением// Я.В. Басинюк. - № 2002123956; Заявл. 09.09.2002; Оpubл. 20.02.2004. Бюл. № 5.

УДК 629.113

Э.Б. Куновский, С.М. Минюкович

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИСТОЧНИКОВ ШУМА

*Минский автомобильный завод  
Минск, Беларусь*

Публикация работы [1] Кули – Тьюки в 1965 году положила начало использованию преобразования Фурье в широчайшем диапазоне научной и инженерной практики.

Любой периодический процесс, например колебание уровня звукового давления  $p(t)$  в какой либо точке среды, можно представить в виде набора гармонических колебаний на основе ряда Фурье [2]:

$$p(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} C_n e^{jn\omega t}, \quad (1)$$

где  $\omega = 2\pi/T$  – угловая частота основного тона (основная угловая частота).

Величины  $C_n$  являются комплексными амплитудами отдельных гармоник  $C_n e^{jn\omega t}$  периодического процесса и вычисляются по формуле:

$$C_n = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) e^{-jn\omega t} dt \quad (2)$$

Спектр, представляющий собой совокупность коэффициентов Фурье, определяемый формулой (2), является периодической функцией, в силу периодичности  $e^{-jn\omega t}$ .

Ряды Фурье определены для периодических процессов, если процесс не является периодическим, но продолжается конечный интервал времени, то вместо рядов Фурье используют пару преобразований на основе интеграла Фурье: