

**О ПРИМЕНЕНИИ НАПРАВЛЕННЫХ ЧАСТОТНО-НАСТРОЕННЫХ
МИКРОФОНОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ШУМНОСТИ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

В. К. НЕЧАЕВ

Экспериментальные исследования шумности быстроходных дизелей, в том числе проведенные в лаборатории двигателей внутреннего сгорания Томского политехнического института, показывают, что общий (суммарный) шум, создаваемый дизелем (и измеренный в какой-либо точке вблизи двигателя), имеет, как правило, сплошной спектр, различный в зависимости от условий работы двигателя и места замера шума.

Однако при внимательном рассмотрении спектрограмм шума можно заметить, что в спектре шума имеются каждый раз определенные пики, положение которых на спектрограммах остается при всех скоростных и нагрузочных режимах двигателя неизменным. Эти пики во многих случаях резко выделяются над общим уровнем сплошного спектра.

Стабильное положение этих пиков по оси частот дает основания считать, что они являются результатом сильных вынужденных (резонансных) колебаний каких-то узлов или деталей двигателя.

Естественно, возникает вопрос о путях и методах отыскания в двигателе источников этих сильных частотно-фиксированных колебаний окружающей двигатель воздушной среды.

Как показывает практика экспериментального исследования шумности двигателей, малая направленность обычных микрофонов и сильная неравномерность звукового поля около двигателя не дают возможностей для надежной локализации отдельных источников шума двигателя.

Это крайне осложняет решение всех вопросов, связанных с задачами снижения шумности двигателей.

Однако направленность микрофона (обычного, электродинамического типа) можно значительно повысить, установив на микрофоне цилиндрическую трубу-насадку, внутренняя поверхность которой покрыта каким-либо сильно звукопоглощающим материалом (рис. 1).

Теперь, при достаточно большой длине этой трубы-насадки, все «боковые» звуковые колебания будут глохнуть ранее достижения ими самого микрофона из-за многократного отражения их от звукопоглощающей внутренней поверхности трубы-насадки. Практически микрофон будет воспринимать только сигналы, направленные вдоль оси трубы.

Но такая система акустического приемника труба-микрофон будет иметь очень неравномерную частотную характеристику, так как труба-

насадка даст ряд достаточно острых резонансных пиков на этой характеристике, соответствующих частотам свободных колебаний столба, находящегося в трубе-насадке воздуха.

При обычных измерениях и исследованиях общей шумности двигателя эта сильная неравномерность частотной характеристики приемно-измерительного устройства труба-микрофон оказывается его существеннейшим недостатком, исключающим возможность его практического применения. Наличие сильных колебаний столба воздуха в трубе будет искажать частотный спектр измеряемого шума, общий уровень шума и уровень отдельных его составляющих.

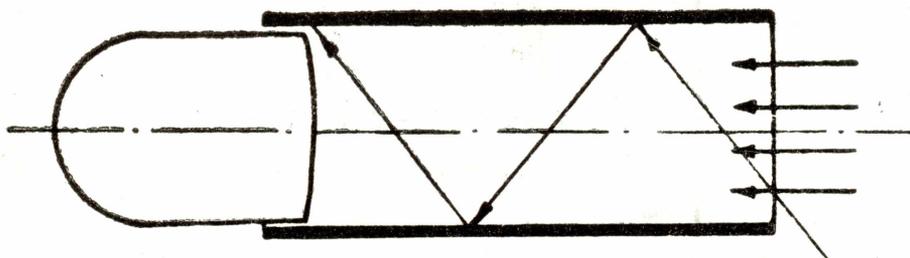


Рис. 1.

Однако в наших условиях при решении задач об отыскании в двигателе источников частотно-фиксированных акустических пиков указанный недостаток превращается в существенное достоинство такого приемного устройства.

Теперь достаточно настроить трубу-насадку (конечно, с микрофоном) на интересующую нас частоту f , чтобы получить сравнительно остро направленный приемник, обладающий в силу своих резонансных характеристик повышенной чувствительностью именно к этой частоте (если пренебречь возможными искажениями, связанными с отражениями звука от стен машинного зала и т. п.). Частотная характеристика

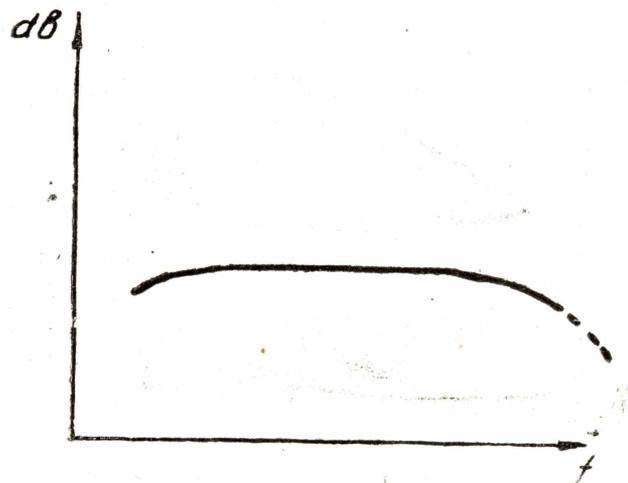


Рис. 2.

микрофона (рис. 2) превратится теперь в очень неравномерную частотную характеристику системы труба-микрофон (рис. 3).

Однако резонансные колебания в трубе-насадке могут быть созданы не только звуковыми колебаниями частоты f , идущими вдоль оси трубы, но и звуковыми колебаниями той же частоты, подходящими к обрезу трубы-насадки под острым углом к этой оси.

Следствием этого явится, неизбежно, ослабление направленности нашего приемного устройства. Для смягчения такого недостатка следует на входе в трубу-насадку поставить толстую решетку с многочисленными сверлениями и профилированной передней поверхностью.

Для обеспечения возможности настройки трубы-насадки точно на интересующую нас частоту f конструкция трубы должна позволять изменять ее длину в необходимых пределах.

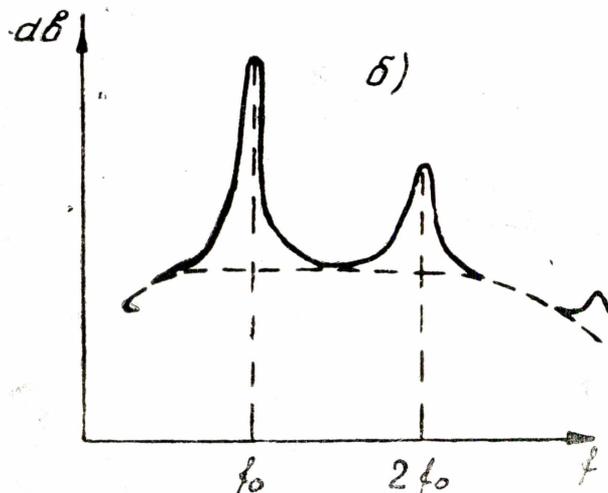


Рис. 3.

Длину трубы, соответствующую заданной частоте f , можно приближенно подсчитать по известным аналитическим зависимостям для закономерностей свободных колебаний столба воздуха в цилиндрической трубе, закрытой с одного конца. Однако, учитывая влияние дополнительных воздушных объемов перед диафрагмой микрофона, этот расчет должен быть уточнен с помощью сигнал-генератора, динамика и какого-либо достаточно чувствительного индикатора уровня выхода с усиленного устройства после микрофона.

Теперь измерительная система труба-микрофон готова для проведения измерений шумности моторной установки (рис. 4).

Меняя угол α направления оси микрофона и проводя одновременно замеры показаний индикатора выхода (градуированного в децибелах), можно построить график типа, показанного на рис. 5, дающий указания о положении в двигателе основного источника звуковых колебаний с частотой f .

Такого рода измерения (с построением соответствующих графиков) можно произвести, меняя угол α как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях.

Однако здесь следует учесть, что система труба-микрофон:

1) будет иметь, как правило, несколько резонансных пиков (в соответствии с многозначностью форм свободных колебаний столба воздуха в трубе-насадке), то есть система труба-микрофон будет воспринимать усиленными не только направленные вдоль оси трубы колебания с интересующей нас частотой f , но и колебания с кратными частотами $2f$, $3f$ и т. д.;

2) будет воспринимать и все другие, направленные вдоль оси трубы звуковые колебания, создаваемые двигателем; эти колебания могут оказаться сильными и, следовательно, явятся источником маскировки интересующих нас колебаний с частотой f .

Все это может существенно исказить исследуемую нами картину зависимости уровня звуковых, направленных вдоль оси трубы, колебаний с частотой f от направления оси трубы-микрофона, если только пользоваться при этом обычным суммирующим (усредняющим) шумомером, которому всегда, как правило, стремятся придать по возможности равномерную (горизонтальную) частотную характеристику чувствительности.

Очевидно, что в нашем случае целесообразнее иметь шумомер с очень неравномерной, избирательной характеристикой чувствитель-

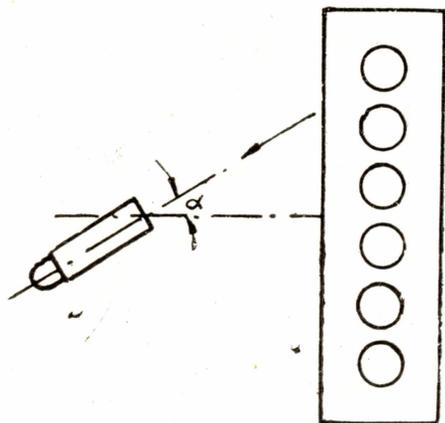


Рис. 4.

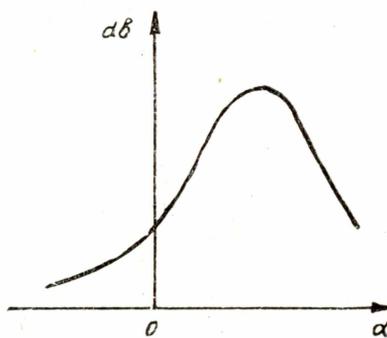


Рис. 5.

ности, с максимумом чувствительности на частоте f и с резким спадом ее в обе стороны от этой частоты.

Этого можно достигнуть, например, путем включения перед шумомером частотного фильтра, настроенного на ту же частоту f . Однако создание достаточно избирательного фильтра на звуковые частоты с переменной частотой настройки является сложной задачей.

Поэтому более целесообразными являются следующие пути обеспечения высокой частотной избирательности нашей системы труба-микрофон:

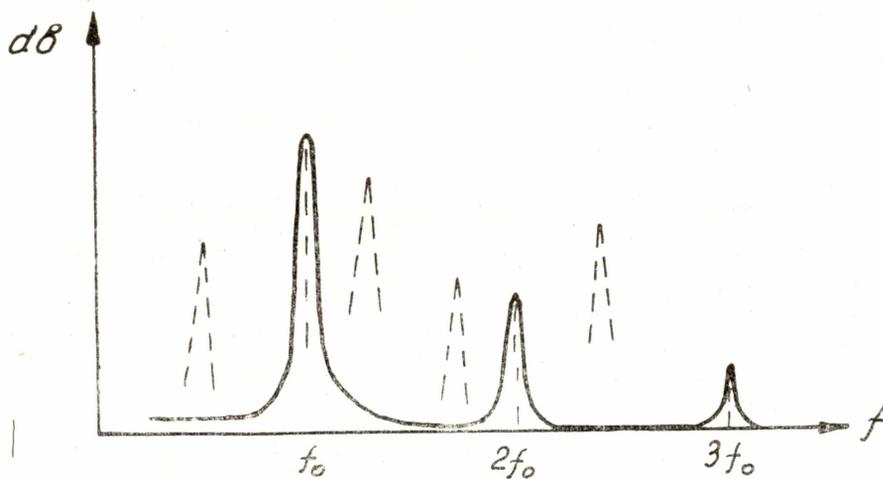


Рис. 6.

1) использование вместо шумомера в качестве измерителя уровня звуковых колебаний с частотой f готового гетеродинного анализатора звукового спектра, настраивая этот анализатор каждый раз точно на интересующую нас частоту f ;

2) использование вместо шумомера анализатора с качающейся частотой (например, прибора типа АСЧХ отечественного производства) с определением теперь интенсивности (уровня) звуковых колебаний частоты f по высоте резонансного пика на экране прибора (рис. 6).

Однако во 2 случае картина на экране прибора АСЧХ будет загромождена также гармоническими компонентами общего шума двигателя, прошедшего через трубу-насадку в микрофон вдоль оси трубы (см. пунктир на рис. 6).

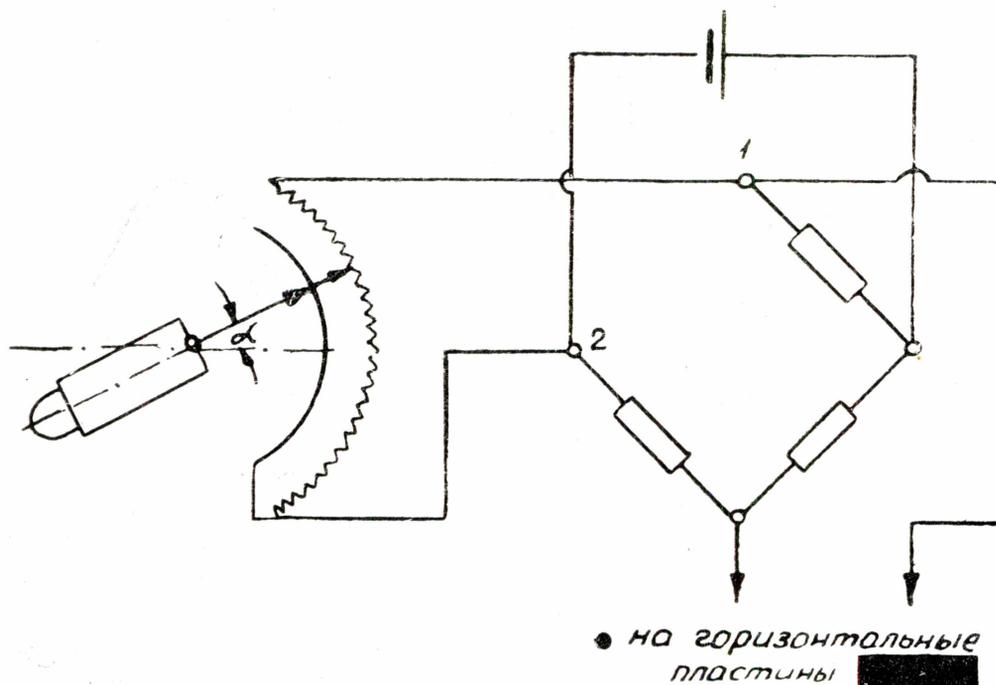
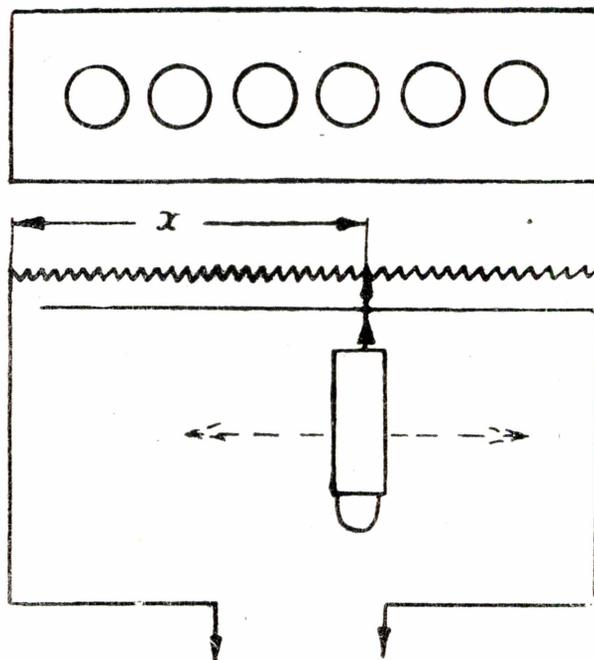


Рис. 7.



К точкам 1 и 2 моста на рис. 7

Рис. 8.

Правда, эти «помехи» окажутся сравнительно сильно смягченными, так как в отличие от колебаний частот f , $2f$ и т. д. они не будут усили-

ваться в трубе-насадке за счет резонансных явлений в содержащемся в ней столбе воздуха.

Но от этих помех можно избавиться. Для этого необходимо соответствующим вмешательством в схему прибора АСЧХ устранить (выключить) качания частоты настройки его и установить эту частоту неизменной, соответствующей настройке трубы-микрофона на интересующую нас частоту f . Теперь величина вертикального отклонения луча на экране прибора даст величину, пропорциональную интенсивности звуковых колебаний частоты f . Развертка по оси абсцисс здесь будет отсутствовать.

Продолжая вмешательство в схему прибора АСЧХ можно использовать эту горизонтальную развертку для визуального (или фотографического) фиксирования уровня звуковых колебаний частоты f в зависимости от угла α направления оси трубы-микрофона (рис. 7).

Равным образом на экране АСЧХ можно получить график зависимости уровня звука частоты f , например, от координаты x вдоль оси двигателя (рис. 8).