

**Учредители**

- Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
- Московский государственный индустриальный университет

**Издатель**

ФГБОУ ВПО «МГИУ»

Журнал зарегистрирован 30 декабря 2004 г. Федеральной службой по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-19294

# МАШИНОСТРОЕНИЕ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

## № 4'2011

Выходит 4 раза в год

ISSN 1815-1051

## В номере

**РЕДКОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА :****ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР**

**Ганиев Р.Ф.**, академик РАН, директор Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН)

**ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР**

**Скопинский В.Н.**, д.т.н., проф. (ФГБОУ ВПО «МГИУ»)

**ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА**

**Овчинников В.В.**, д.т.н., проф. (ФГУП «РСК МИГ»)

**ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ:**

**Алешин Н.П.**, академик РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Асташев В.К.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Беляков Г.П.**, д.э.н., проф. (Красноярск)

**Бобровницкий Ю.И.**, д.ф.-м.н., проф. (Москва)

**Вайсберг Л.А.**, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Горкунов Э.С.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Екатеринбург)

**Григорян В.А.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Дроздов Ю.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Индейцев Д.А.**, член-корр. РАН, д.ф.-м.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Колесников А.Г.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Кошелев О.С.**, д.т.н., проф. (Н. Новгород)

**Лунев А.Н.**, д.т.н., проф. (Казань)

**Махутов Н.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Пановко Г.Я.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Перминов М.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Петров А.П.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Полилов А.Н.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Поникаров С.И.**, д.т.н., проф. (Казань)

**Приходько В.М.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Резчиков А.Ф.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Саратов)

**Рототаев Д.А.**, д.т.н., проф., акад. РАН (Москва)

**Теряев Е.Д.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Федоров М.П.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Санкт-Петербург)

**Чаплыгин Ю.А.**, член-корр. РАН, д.т.н., проф. (Москва)

**Шляпин А.Д.**, д.т.н., проф. (Москва)

**Штриков Б.Л.**, д.т.н., проф. (Самара)

**МАШИНЫ И СИСТЕМЫ МАШИН**

**М.В. Куклин**

Использование присоединенных резонаторов в гидросистемах для снижения шума и вибрации ..... 2

**И.В. Кузнецов**

Расчет смесеобразования в двигателе внутреннего сгорания с искровым зажиганием и продуваемой форкамерой ..... 6

**ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**С.Ю. Элькин, В.В. Сафонов, И.Т. Полупанов**

Технология восстановления пружинных зубьев сеноуборочных машин электрохимической обработкой ..... 13

**И.О. Аверьянова**

Определение состава парка металлорежущих станков с ЧПУ для обработки массива деталей ..... 19

**КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ**

**С.С. Муравьев-Смирнов, А.Г. Батищев, К.Ф. Власик,**

**С.С. Грабчиков, В.М. Грачев, В.В. Дмитренко,**

**Е.Е. Земсков, Н.П. Калашников, С.Е. Улин,**

**З.М. Утешев, В.Ф. Федоров**

Многослойные магнитные экраны на основе пленочных наноструктур ..... 24

**А.Д. Шляпин, В.В. Рыбальченко,**

**Д.А. Иванов, А.Х. Хайри, А.Ю. Омаров**

Физико-механические свойства нового керамического материала ..... 30

**О.В. Алехин, В.П. Алехин**

Изучение закономерностей микродеформации поверхностных слоев молибдена методами внутреннего трения и акустической эмиссии (часть I) ..... 35

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ****МОДЕЛИРОВАНИЕ МАШИН И СИСТЕМ**

**Н.С. Вольская, Я.Ю. Левенков, О.А. Русанов**

Моделирование взаимодействия автомобильного колеса с неровной опорной поверхностью ..... 40

**А.А. Шейпак, В.В. Порошин**

Механизм влияния шероховатости каналов на гидравлические потери при ламинарном режиме течения ..... 47

**И.В. Демьянушко, Н.П. Великанова**

Влияние эксплуатационных факторов на долговечность роторных деталей газотурбинных двигателей ..... 51

**Н.И. Авдеев, А.М. Гуськов, Г.Я. Пановко**

Рациональное размещение виброизоляторов под рамой технологической машины ..... 56

Перечень статей, опубликованных в 2011 г. .... 61

**ВНИМАНИЮ ПОДПИСЧИКОВ!**

Подписка на журнал

«Машиностроение и инженерное образование» проводится в Издательском центре МГИУ

Тел.: (495) 620-39-92

E-mail: mio@msiu.ru

Подписной индекс в каталоге «Пресса России» 13115

**Уважаемые читатели!**

*Журнал «Машиностроение и инженерное образование» входит в Перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.*

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИСОЕДИНЕННЫХ РЕЗОНАТОРОВ В ГИДРОСИСТЕМАХ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ШУМА И ВИБРАЦИИ

М.В. Куклин

*Представлены результаты исследований присоединенного резонатора в трубопроводной системе охлаждения теплообменника холодильной машины. Показано, что эффективность присоединенного резонатора зависит от выявления основного тракта передачи колебаний по трубопроводу. Даны рекомендации по эффективному использованию резонаторов в гидросистемах.*

**Ключевые слова:** трубопроводная система, холодильная машина, присоединенный резонатор.

## Введение

При работе судового оборудования в трубопроводных системах возникают повышенный шум и вибрация. Разрешение этих проблем – весьма сложная задача. Большое количество и различные источники колебаний в трубопроводных системах современных энергетических установок, разнообразие путей распространения колебаний в таких системах, зависимость виброакустического излучения от мощности источника вибраций и пульсаций, а также другие многочисленные факторы создают определенные трудности в проведении мероприятий по улучшению виброакустических характеристик энергетических установок.

## Пути передачи колебаний, способы борьбы с шумом и вибрацией в гидросистемах

В настоящее время имеются различные конструкции, предназначенные для снижения уровня колебаний, распространяющихся по структуре (стенкам) трубопроводов (гибкие металлические шланги, сильфонные компенсаторы, резинотканевые рукава и т.д.) или в рабочей среде (жидкости) трубопроводов (глушители гидродинамического шума, емкости, шумозаглушающие решетки). Рациональное использование этих средств, а значит, эффективная борьба с шумом и вибрацией энергетических установок, могут быть лишь в случае точного выявления основного тракта передачи колебаний в гидросистеме [1], который может

быть определен с помощью присоединенных резонаторов.

Сущность такого способа заключается в следующем. При наличии в спектре вибрации шума трубопроводной системы дискретной составляющей, на частоте которой имеются интенсивные колебательные процессы, в гидросистеме необходимо установить присоединенные резонаторы, частота собственных колебаний которых равна частоте дискретной составляющей. При этом, если уровень дискретной составляющей существенно снизится (на 10 – 20 дБ и более), то основным трактом передачи колебаний будет рабочая среда [2]. В этом случае необходимо применить средства борьбы с шумом и вибрацией по тракту рабочей среды. Если после установки резонаторов уровень дискретной составляющей не изменится (или уменьшится незначительно), то основным трактом передачи колебаний будет структура (стенки) трубопровода. В этом случае необходимо использовать в системе неопорные виброизолирующие конструкции.

В работе [3] приведена информация о конструктивных схемах гасителей типа присоединенного резонатора (рис. 1, а, б). Присоединенные резонаторы могут быть выполнены в виде нескольких полостей, сообщающихся с основной магистралью трубопровода соединительными каналами различной конфигурации (рис. 1, в), а также в виде четвертьволнового типикового отвода (рис. 1, г).

Снижение виброакустической активности трубопроводных систем с жидкими рабочими средами при использовании присоединенных резонаторов будет существенным лишь в том случае, когда основным трактом передачи колебаний является тракт рабочей среды, как это, например в системе рулевой гидравлики, где основным источником пульсаций давления являются насосы переменной производительности [4].

В действительности в реальных гидросистемах источниками интенсивных пульсаций давления рабочей среды могут быть не только насосы, но и арматура, резонирующие участки труб или элементов систем и т.д.

### **Использование присоединенных резонаторов для диагностики путей распространения колебаний**

В качестве примера рассмотрим некоторые результаты испытаний трубопроводной системы охлаждения теплообменника фреоновой холодильной машины. В этой системе присутствует интенсивная дискретная составляющая пульсаций давления на частоте 199 Гц, основным источником которой является компрессор, возбуждающий корпус холодильной машины. На корпусе расположен теплообменник. Отсюда вибрации и передаются охлаждающей жидкости.

С целью проверки возможности снижения

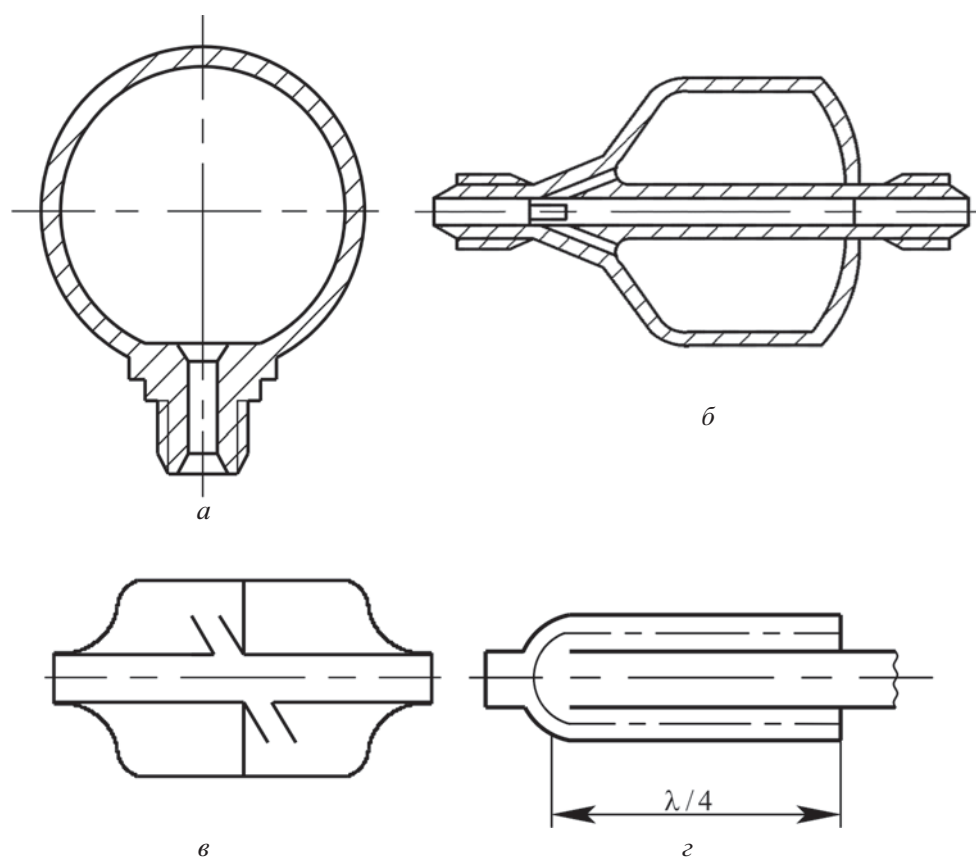


Рис. 1. Конструктивные схемы (а, б) и виды (в, г) гасителей типа присоединенного резонатора:  
 $\lambda$  – длина волны

*Эффективность установки резонатора в систему охлаждения  
теплообменника холодильной машины*

Место замера	Уровни вибрации на частоте 199 Гц, дБ	
	ХМ № 1	ХМ № 2
Корпус холодильной машины	74	76
Приемный кингстон	6	13
Отливной кингстон	7	20