

УДК 532

## РАЗРАБОТКА НИЗКОЧАСТОТНЫХ КАВИТАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МОЙКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

© 2011 Д.Г. Громаковский<sup>1</sup>, А.П. Бураков<sup>1</sup>, Н.А. Карева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Самарский государственный технический университет

<sup>2</sup> ОАО «Авиаагрегат» г. Самара

Поступила в редакцию 04.03.2011

В статье рассмотрены задачи разработки кавитационных устройств для мойки поверхностей деталей машин и приборов в машиностроении (перед сборкой узлов трения) и в ремонтно-эксплуатационных предприятиях. Показана разработка устройств, возбуждающих интенсивную кавитацию в моющей жидкости, что позволяет при промывке водой частично или полностью отказаться от применения органических жидкостей и моющих реактивов. Первый тип разработанных установок предназначен для промывки малогабаритных деталей, которые погружаются в моющую жидкость. Во втором типе использована схема струйной промывки, а детали могут иметь неограниченные габариты и сложную конфигурацию. В каждом из этих вариантов определен способ возбуждения кавитации.

Ключевые слова: *кавитация, промывка деталей, моющая жидкость, жировые пленки, органические масла, шероховатость, температура, ударные волны, коммультативные струи, силы Бьеркенса*

Акустические (кавитационные) технологии, как известно, широко используются для очистки деталей, эмульгирования жидкостей, переработки шламов, повышения эффективности электрохимических процессов и т.п. В установках для этих целей кавитацию создают с помощью пониженного и повышенного давления, расположенные на расстоянии длины волны, что сопровождается возникновением ударных волн, высоких локальных температур и давлений. При деформации пузырьков из них выбрасываются коммультативные струйки жидкости, которые, как и ударные волны обладают большой разрушительной силой. В России одна из первых кавитационных установок была создана в 1983 г. в Институте органического синтеза (г. Москва) М.А. Маргулисом и Д.М. Грунделем [1]. Р.А. Татевосян и Н.М. Михайлов (г. Москва) обнаружили частоту, при которой происходит мгновенное перемешивание газа и жидкости. Это явление они назвали «вибротурбулизация». Существуют частоты акустического возбуждения, при которых изготовление продукции ускоряется в десятки раз. В условиях резонансных возбуждений

жидкостей и многофазных сред производят смешивание или диспергирование эмульсий (например, отмывка алмазных порошков от примесей, промывку продуктивных пластов эксплуатационных скважин при бурении), ускоряются химические реакции. Обнаружены «звухохимические» реакции, которые не протекают вне акустического воздействия. Акустические эффекты апробированы также при промывке (очистке) деталей, разделении породы в горном деле, нанесении электролитических покрытий (хромирование, никелирование), усилении фонтанирования нефтяных скважин, осветлении промышленных стоков и др. Наиболее широкое распространение в технике получили промышленные ванны для промывки деталей, где высокое качество очистки поверхностей достигается в полосе ультразвука 20-40 кГц.

В СамГТУ разработана кавитационная моющая установка, работающая в низкочастотном диапазоне (100-200 Гц). При подборе амплитуды возмущающего воздействия, наряду с кавитацией здесь создаются мощные коммультативно направленные струи макроскопических размеров, в то время как кавитационные пузырьки имеют микроскопический масштаб при взаимодействии с твердыми телами и поверхностями раздела. Предполагается также, что здесь проявляются так называемые силы Бьеркенса, возникающие между телами, если хотя бы одно из них пульсирует. В связи с

*Громаковский Дмитрий Григорьевич, доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения». E-mail: rntms3@mail.ru*

*Бураков Александр Петрович, ведущий инженер НТЦ «Надежность»*

*Карева Наталья Анатольевна, аспирантка. E-mail: kareva.natali@yandex.ru*

этим разработан частотный мультипликатор, отвечающий требованиям акустических технологий, позволяющий создавать промышленные установки различного назначения. На конструкцию этого механизма получены патенты РФ № 1734886 от 27.06.88 г. и № 2024336 от 24.06.91 г., а на базе мультипликатора создано семейство гидроволновых установок «Кавитон», предназначенных для промывки деталей машин перед сборкой, при производстве ремонтных работ и другие. Типовая схема таких установок показана на рис. 1.

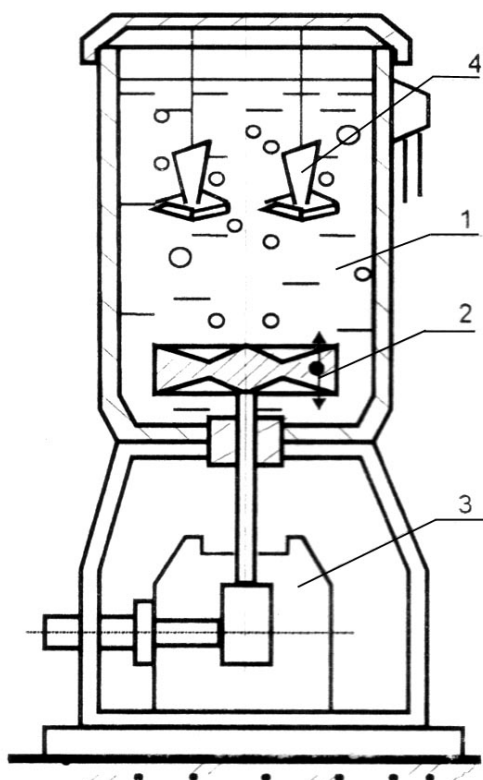


Рис. 1. Схема кавитационной установки

Очищаемые детали 4 размещают в рабочей зоне ванны 1, включают привод 3, который сообщает активатору линейные перемещения на частоте эффективного резонанса, и производят промывку. Настройку на резонанс осуществляют путем плавного изменения частоты вращения привода, связанного с частотным мультипликатором, обеспечивающим получение мощного кавитационного факела в рабочей зоне ванны. В установке, показанной на рис. 1, при размерах камеры  $\varnothing=300$  мм,  $L=1100$  мм освоена промывка наиболее ответственных деталей газотурбинных авиадвигателей в Самарском научно-техническом комплексе имени акад. НД. Кузнецова: подшипников роторов, топливной, гидравлической аппаратуры и др. (всего 28 наименований).

На фотографии рис. 2 приведена установка «Кавитон-Ф», предназначенная для промывки масляных авиационных фильтров. Эта установка поставлена в «Уренгойгазпром» для обслуживания авиадвигателей наземного применения. После промывки характеристики фильтров не отличаются от характеристик новых, не работавших фильтров. Один из вариантов ГВУ «Кавитон-Э/Д» предназначен для промывки роторов генераторов коллекторных электродвигателей, потерявших работоспособность из-за загрязнения. После промывки роторов полностью прекращается электропроводность изоляции и восстанавливается их работоспособность.



Рис. 2. Установка для промывки масляных фильтров



Рис. 3. Фото установки для переработки нефтяных шламов

Важно подчеркнуть, что рабочей жидкостью установок «Кавитон» является техническая вода без каких-либо химреактивов. В стационарных условиях вода очищается и используется повторно, что обеспечивает экологическую чистоту этого процесса. Один из вариантов установок предназначен для переработки застарелых нефтяных шламов (рис. 3). Работы проводились совместно с НГДУ «Сергиевск-нефть» ОАО «Самаранефтегаз» и предназначены для очистки амбаров в нефтедобывающих районах области и страны.

Представляет также интерес разработка способа, при котором кавитация создается в струях моющей жидкости, что особенно важно для очистки поверхностей крупногабаритных изделий (рис. 4-6). Пример установки с возбуждением кавитации в струях моющей жидкости приведен на рис. 4 и 5. Устройство на рис. 4 содержит две струйно-кавитационные головки – 1 и 2, расположенных встречно на лотке в рабочей позиции промываемых подшипников 3. Каждая головка содержит по четыре сопла 4, в которых установлены завихрители – кавитаторы потока эмульсии. В завихрителях-кавитаторах 5 зарождается гидродинамическая кавитация от скоростного потока эмульсии (параметры завихрителей – ноу-хау авторов). На входе форсунки содержится сопло Ловалья, а на выходе – конусные участки.

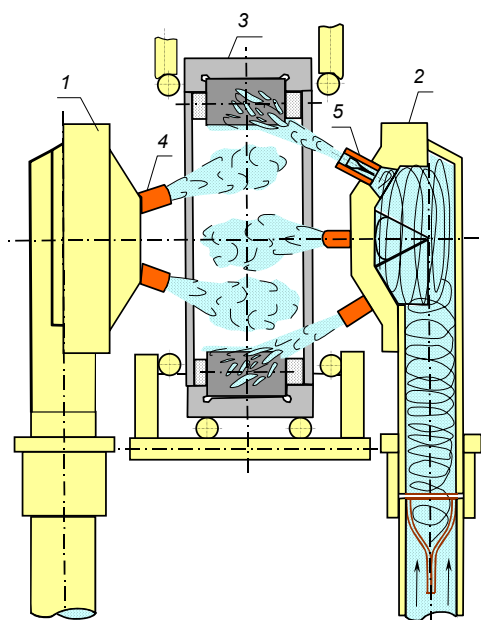


Рис. 4. Струйно-кавитационное устройство: 1, 2 – струйно-кавитационные головки; 3 – промываемый подшипник; 4 – сопла; 5 – кавитатор

При работе двух струйных блоков в подшипнике качения под действием струй эмульсии ролики подшипника получают дополнительное вращение, что способствует лучшему

эффекту промывки (см. рис. 5). Сборку и монтаж составных частей устройства производят в соответствии с рабочим проектом. Струйно-кавитационное устройство встраивается в моечную машину МСП-01 без внесения конструктивных изменений и без перенастройки ее основной (нештатной) схемы; при этом обеспечивается улучшение технических и качественных показателей. Проектирование выше проведенных установок проводилось на базе исследования акустических процессов.

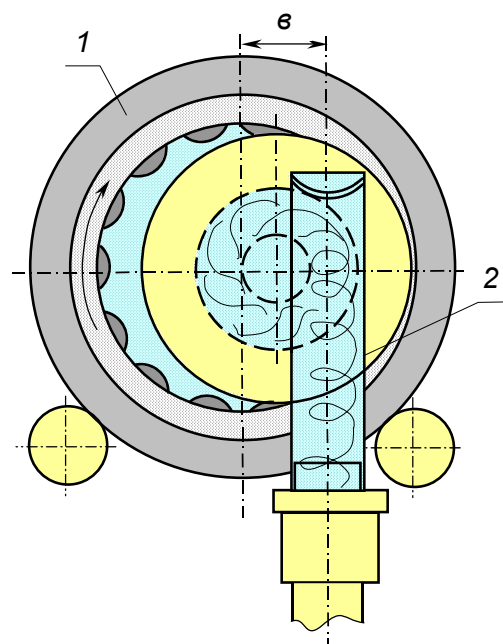
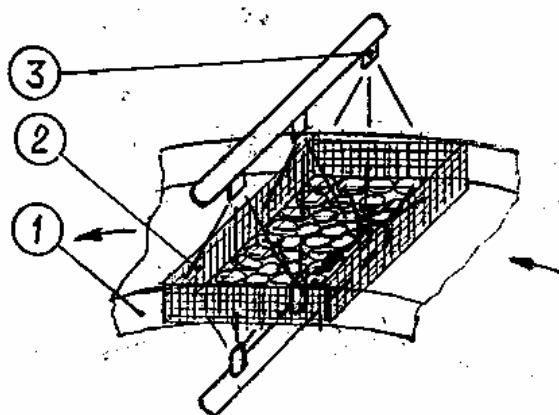
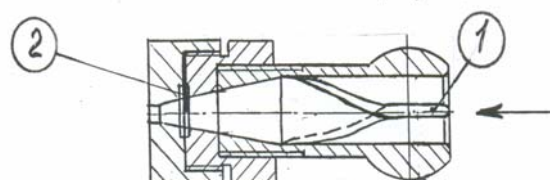


Рис. 5. Способ вращения промывочного подшипника: 1 – подшипник; 2 – кавитатор; в – эксцентриситет подачи струй

Авторами разработаны форсунки [2-4], в которых кавитация создается при пульсации давления внутри струй моющей жидкости. Форсунки апробированы, в частности, для промывки деталей особо точных приборных подшипников, а также при производстве длиномерных цилиндров шасси самолетов. Разработка содержит две основные компоненты: первая – создание форсунок, обеспечивающих необходимый уровень кавитации – достаточный для обеспечения качества промывки. Метод контроля качества – микроскопический осмотр  $\times 32$  поверхностей – не допускает наличие частиц загрязнений в углублениях микронеровностей (порядка долей микрометра). На рис. 6 приведена схема струйно-кавитационной промывки деталей приборных подшипников, а на рис. 7 – схема форсунки, создающей кавитацию моющей жидкости. Приведенные технические решения прошли апробацию в производственных условиях.



**Рис. 6.** Схема промывки мелкогазмерных гагалай приборных паашипников: 1 – вращающийся барабан, несущий кассеты 2 с гагалаями паашипников; 3 – моющие форсунки



**Рис. 7.** Схема форсунки:  
1 – завихритель струи; 2 – упругий пульсатор

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Маргулис, М.А. Акустические поля и кавитация. Обзорная статья в журнале «Наука в СССР». 1983. №4. С. 49-55.
2. Патент РФ №1734886 от 27.06.1988. Устройство для очистки гагалай / Фролов К.В., Кузнецов Н.Д., Ганиев Р.Ф. и др.
3. Патент РФ №2287739 от 06.06.2005. Форсунка // Гонченко Б.В., Громаковский Д.Г., Ковшов А.Г. и др.
4. Патент РФ №2329879 от 19.07.2006. Установки для сушки и мойки паашипников // Гонченко Б.В., Громаковский Д.Г., Меньшов А.П. и др.

## WORKING OUT OF LOW-FREQUENCY CAVITATIONAL DEVICES FOR WASHING THE SURFACES OF MACHINE DETAILS AND DEVICES

© 2011 D.G. Gromakovskiy<sup>1</sup>, A.P. Burakov<sup>1</sup>, N.A. Kareva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Samara State Technical University

<sup>2</sup> Open Society "Aviaagregat" Samara

In article problems of working out the cavitalional devices for washing the surfaces of machine details and devices in machines building industry (before assemblage of friction units) and in the repair-operational enterprises are considered. Working out the devices raising an intensive cavitation in the washing liquid that allows at washing by water partially is shown or completely to refuse the application of organic liquids and washing reactants. The first type of the developed installations is intended for washing the small-sized details which plunge into a washing liquid. In the second type the scheme of jet washing is used, and details can have unlimited dimensions and difficult configuration. In each of these variants the way of excitation of cavitation is defined.

Key words: *cavitation, details washing, washing liquid, fatty films, organic oils, roughness, temperature, shock waves, commulative streams, Berkens forsces*

*Dmitriy Gromakovskiy, Doctor of Technical Sciences, Professor at the "Machines Building Technology" Department. E-mail: pnms3@mail.ru*

*Alexander Burakov, Leading Engineer of Scientific Technical Center "Reliability"*

*Nataliya Kareva, Post-graduate Student. E-mail: kareva.natali@yandex.ru*