

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО ШУМА ПРОТОЧНЫХ ЧАСТЕЙ ГИДРОАГРЕГАТОВ

**Крючков А. Н.,
Ермилов М. А.**

Институт акустики машин при
СГАУ
443086, Россия, г. Самара,
Московское шоссе, 34
факс (846) 267-46-62
kan@ssau.ru

Исследованы акустические параметры излучения гидродинамического шума перфорированными втулками-рассекателями выходного потока клапана. Экспериментально и численно исследовано влияние формы проточной части отверстий перфорации на интенсивность шума потока жидкости. Изучены акустические характеристики различных форм каналов: диффузора, конфузора и цилиндра. Показано, что рациональной с точки зрения ГДШ формой отверстия является цилиндр.

**Берестовицкий Э. Г.,
Кизилов П. И.**

Открытое акционерное общество
«Концерн «НПО «Аврора»
196024, Россия,
г. Санкт-Петербург,
ул. Карбышева, 15
Тел.: (812) 316-05-92
Факс: (812) 316-34-29
mail@avrorasystems.com
<http://www.avrorasystems.com>

Ключевые слова: клапан, гидродинамический шум, рассекатель потока коэффициент пропускной способности, эксперимент, численное моделирование

1. Введение

Рассматривается проблема возбуждения гидродинамического шума (ГДШ) в проточных элементах гидравлической арматуры. Снижение колебаний давления и ГДШ в трубопроводных системах в настоящее время является важной проблемой в промышленных и транспортных объектах.

Известно, что при преобразовании энергии жидкости, обтекании препятствий, вихреобразовании возникает ГДШ, который может излучаться вибрирующими элементами арматуры во внешнюю среду. При этом ухудшаются условия обитания, а также возбуждаются элементы конструкции на собственных частотах колебаний, которые становятся дополнительными источниками излучаемого шума.

Для снижения ГДШ регулирующих органов успешно применяются конструкции так называемого клеткового типа, представляющие собой клапан с перфорированным дросселирующим элементом.

Целью данной работы является определение влияния параметров перфорированных дроссельных элементов на уровень ГДШ.

Снижение колебаний давления и ГДШ в трубопроводных системах является актуальной задачей для морских судов, энергетических и химических производств и многих объектов использующих трубопроводные системы. Потребность в устройствах подавления пульсаций рабочей среды и ГДШ в трубопроводных системах обусловлена, с одной стороны, необходимостью обеспечения работоспособности систем при значительных уровнях колебаний давления и, с другой, в связи с ужесточением норм по уровню шума. Последний фактор связан со значительным вкладом в общий шум акустического излучения именно трубопроводных систем.

Известны различные способы борьбы с излучаемым шумом: за счет снижения скорости потока в трубопроводах, улучшения конструкций, излучающих шум, и с помощью специальных устройств, называемых гасителями. Одним из основных источников

шума гидросистем является клапанная арматура, работающая при значительных расходах и перепадах давления. Для снижения ГДШ клапанов успешно применяются перфорированные втулки, рассекающие выходной поток [1] (рисунок 1).

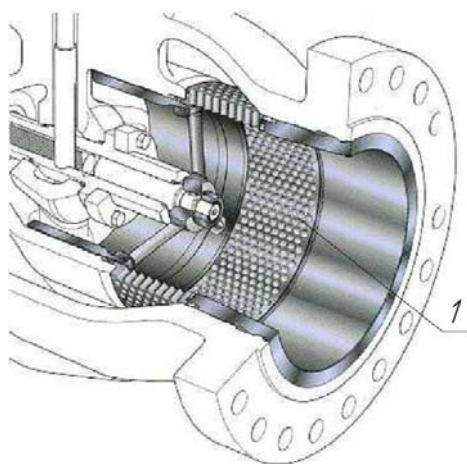


Рисунок 1 Клапан с рассекателем выходного потока в виде перфорированной шумоглушающей втулки (1)

В статье изложен выбор формы канала наименее шумной конструкции проточной перфорированной втулки – рассекателя выходного потока при постоянном расходе и перепаде давления. Формы проточных каналов выбирались в виде диффузора, конфузора и цилиндра, удобных для верификации рассчитанных моделей.

2. Моделирование течения жидкости в каналах различной формы

На рисунке 2 представлены теоретически исследованные каналы: цилиндрический; с диффузорами в 10° и в 1° ; с конфузорами в 10° и в 1° . Результаты исследований представлены на рисунках 3 и 4.

Акустические процессы в приведённых проточных элементах клапанной арматуры были изучены численно в пакете ANSYS. Густота расчетной сетки выбрана достаточной для описания пограничного слоя (т.е., удовлетворяющую условию: $\gamma^+ = 1$). На рисунке 3 представлены результаты моделирования плотности акустической мощности потока в каналах различной формы.

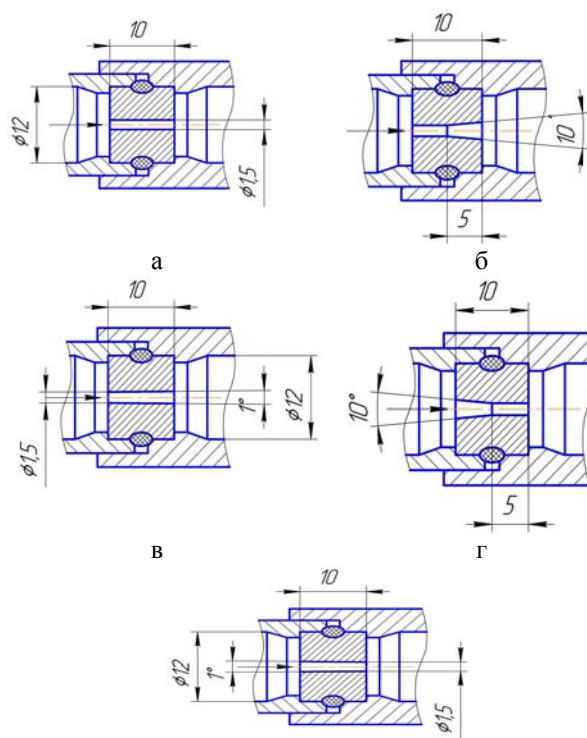
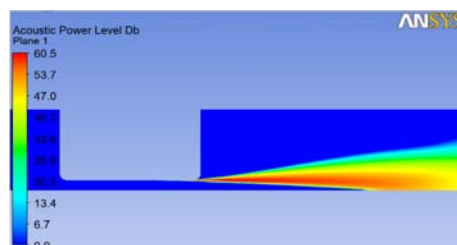
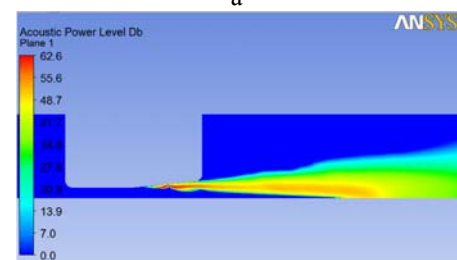


Рисунок 2. Схемы теоретически исследованных каналов:

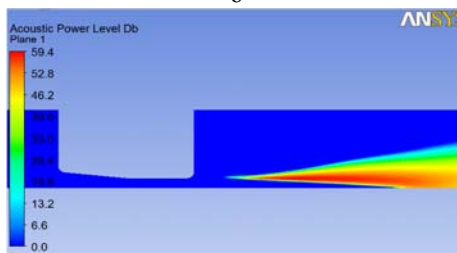
а – цилиндрический канал; б – канал с диффузором в 10° ; в – канал с диффузором в 1° ; г – канал с конфузуром в 10° ; д – канал с конфузуром в 1°



а



б



в

Рисунок 3. Распределение плотности акустической мощности потока в цилиндрическом канале (а), в ка-

нале с диффузором в 10° (б) и в канале с конфузуром в 10° (в)

Из представленных рисунков видно, что основным источником шума является вихреобразование в пристеночном слое ближе к выходу из канала и дальнейшее развитие этих вихрей после выхода из канала [2]. Причём область максимального уровня акустической мощности у конструкций с каналом с диффузором больше по площади, чем у канала с конфузуром [3].

2. Экспериментальные исследования ГДШ каналов различной формы

Результаты теоретических исследований ГДШ, приведенные в разделе 2 проверены экспериментально [4]. Испытания проводились на специальном измерительном участке с установленными образцами исследованных каналов (рисунки 3-5).

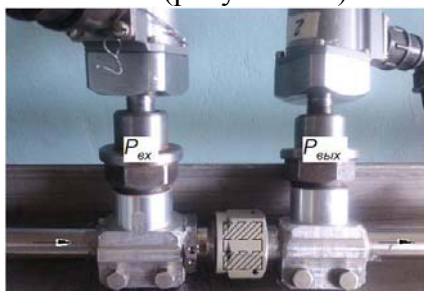
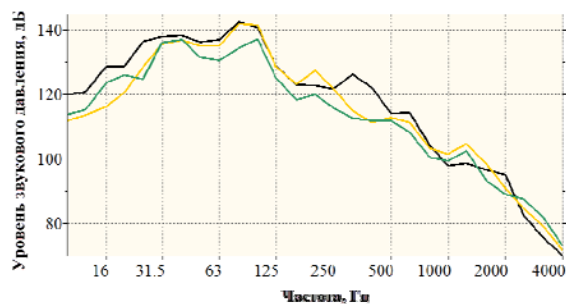
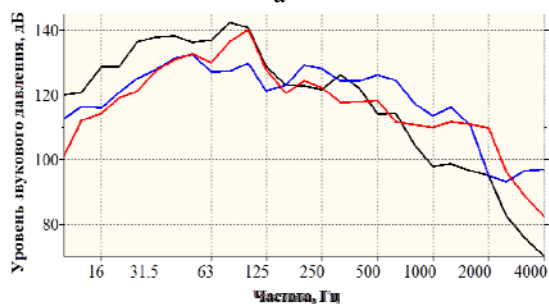


Рисунок 3. Измерительный участок с установленным образцом исследуемого канала



а

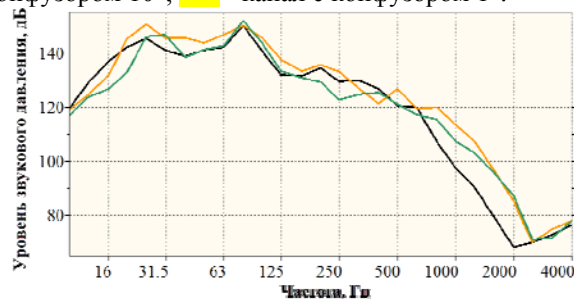


б

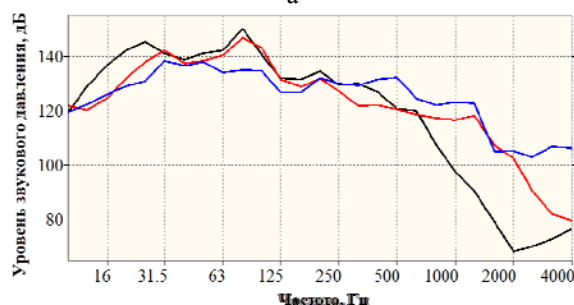
Рисунок 4. Спектры ГДШ цилиндрического канала в

сравнении с ГДШ канала с конфузуром (а) и диффузором (б) на режиме $Q=0,0278$ кг/с:

■ - цилиндрический канал; ■ - канал с диффузором 10° ; ■ - канал с диффузором 1° ; ■ - канал с конфузуром 10° ; ■ - канал с конфузуром 1° .



а



б

Рисунок 5. Спектры ГДШ цилиндрического канала в сравнении с ГДШ каналов с конфузуром (а) и диффузорами (б) на режиме $Q=0,0389$ кг/с:

■ - цилиндрический канал; ■ - канал с диффузором 10° ; ■ - канал с диффузором 1° ; ■ - канал с конфузуром 10° ; ■ - канал с конфузуром 1° .

Анализ экспериментально полученных спектральных характеристик ГДШ позволил сделать следующие выводы:

1. Рациональной формой канала с точки зрения минимального ГДШ является цилиндр, имеющий уровни ГДШ на 5...15 дБ ниже аналогичных уровней канала с диффузором при частотах свыше 125...250 Гц, причем канал с конфузуром также имеет более высокий уровень ГДШ на максимальном расходе жидкости в области частот 500...2000 Гц.

2. С ростом расхода жидкости частота, с которой реализуется превышение ГДШ канала с диффузором над ГДШ цилиндрического канала, возрастает с 125 Гц при 0,0167 кг/с до 500 Гц при 0,0389 кг/с.

3. На низких частотах (менее 125 Гц) диффузор имеет меньшие уровни ГДШ, чем цилиндрический канал, что свидетельствует, по-видимому, меньшей интенсивностью крупных вихрей, возбуждаемых потоком в диффузоре. Энергетика данных вихрей бо-

лее значительна, что вызывает высокие уровни низкочастотного ГДШ, связанного с гидравлическими потерями в канале.

4. Конфузор имеет уровни ГДШ, которые в меньшей степени отличаются от уровней шума цилиндрического канала, причём при малых расходах его ГДШ заметно ниже ГДШ цилиндрического канала, однако это наблюдается не на всех частотах. При максимальном расходе цилиндрический канал имеет меньшие уровни ГДШ в частотном диапазоне 500–2000 Гц.

Как уже отмечалось, наблюдается интересная зависимость между гидравлическим сопротивлением канала и его ГДШ в области высоких частот 500...1000 Гц и выше. Проведем такой анализ с использованием значения коэффициента пропускной способности K_v , обратно пропорционального коэффициенту гидравлических потерь. В таблице 1 показаны значения коэффициента K_v при различных расходах рабочей среды.

Таблица 1. Таблица значений коэффициента K_v

Ре- жимы	Коэффициент K_v [м ³ /ч] для разных форм каналов				
	Конфуз ор (10°)	Конфуз ор (1°)	Ци- линдр	Диффуз ор (1°)	Диффуз ор (10°)
0,0389	0,0739	0,0684	0,0603	0,0832	0,1078
0,0333	0,0743	0,0691	0,0573	0,0804	0,1050
0,0278	0,0772	0,0693	0,0602	0,0842	0,1054
0,0222	0,0776	0,0676	0,0639	0,0871	0,1061
0,0167	0,0733	0,0719	0,0711	0,0878	0,1058
Средн знач. K_v	0,0752	0,0693	0,0625	0,0845	0,1060

Из рисунка 6 видно, что наименьшее среднее (по режимам) значение K_v наблюдается для цилиндрического канала и, в то же время, для этого канала характерны более низкие уровни ГДШ в области высоких частот (500 Гц и выше).

Таким образом, с точки зрения уровня ГДШ в высокочастотной области в диапазоне от 400 Гц до 1000 Гц наиболее эффек-

тивным для конструкции канала в клапане является применение конфузорных участков.

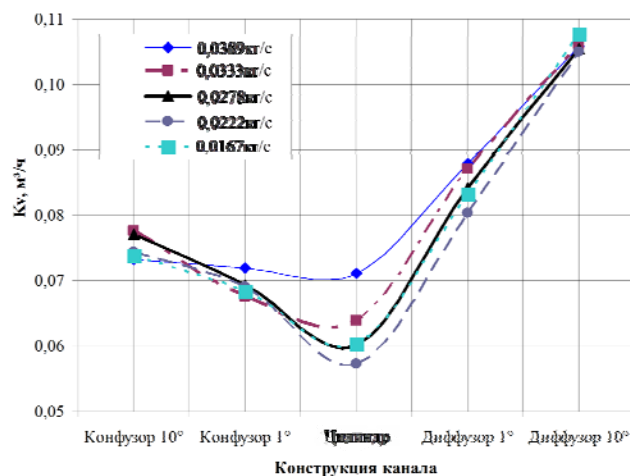


Рисунок 6. Зависимости коэффициента K_v от формы каналов на различных режимах течения

Работа выполнена при государственной поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности СГАУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013-2020 годы.

Список использованных источников

- [1] Берестовицкий, Э.Г. Снижение вибрации и шума гидравлических приборов систем управления техническими средствами [Текст] / Э.Г. Берестовицкий, Ю.Ф. Гладилин, В.И. Голованов, И.А. Сарафанов. - СПб.: Астерион, 2008. - 316 с.
- [2] Смольяков, А.В. Шум турбулентных потоков [Текст] / А.В. Смольяков. - СПб.: ЦНИИ им. акад. А.Н. Крылова, 2005. - 312 с.
- [3] Яковлев, П.Г. Излучение звука плоским локализованным вихрем [Текст] / П.Г. Яковлев // Акустический журнал. - 2012. - Т. 58. № 4. - С. 563-568.
- [4] Ткаченко, В.М. Частотно-волновой спектр турбулентных давлений: способы измерения и результаты [Текст] / В.М. Ткаченко, А.В. Смольяков, В.А. Кольшницын, В.П. Маршов // Акустический журнал. - 2008. - Т. 54. № 1. - С. 127-132.

**Kruchkov A. N.,
Ermilov M. A.**

Samara State Aerospace University
(SSAU)
34, Moskovskoye shosse, Samara,
443086, Russia
kan@ssau.ru

**Berestovitsky A. G.,
Kizilov P. I.**

Public corporation "Concern Aurora"
15, Karbysheva, S-Petersburg,
196024, Russia
tel.: (812) 316-05-92;
fax: (812) 316-34-29
mail@avrora-systems.com
http://www.avrora-systems.com

**EXPERIMENTAL AND NUMERICAL FLOW NOISE
MODELING OF FLOW CHANNELS IN HYDRAULIC
COMPONENTS**

Acoustic parameters of HN emission by perforated sleeve-dissector in outlet flow are investigated in details.

Experimental and numerical research of influence of flow channel configuration of perforation holes on flow noise density is done. Acoustic characteristics of different forms of channel-like diffuser, confuser and cylinder are studied. It is shown, that the most rational form of channel is cylinder, which have the minimal flow coefficient.

Key words: valvola, hydrodynamic noise, rompigetto, flow coefficient, experiment, numerical modeling