



УДК 629.5:504

Мизгирев Дмитрий Сергеевич, доктор технических наук, доцент, доцент кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

Шляхтин Дмитрий Евгеньевич, аспирант кафедры подъемно-транспортных машин и машиноремонта
Волжский государственный университет водного транспорта
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУДОВОЙ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ БАЛЛАСТНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАВИТАЦИИ «ВЕЛИКИЕ РЕКИ»

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние гидродинамической кавитации на балластную воду. Данные исследования предназначены для применения очистки балластной воды.

Ключевые слова: гидродинамическая кавитация, кавитатор, балластная вода, система очистки балластной воды.

Кавитация – процесс зарождения и схлопывания пузырьков газа (пара) в жидкости при резком изменении давления в ней перед препятствием.

При гидродинамической кавитации паро - газовые пузырьки могут достигать весьма малых размеров (порядка 10^{-6} - 10^{-8} см). Рассматриваемое гидродинамическое явление в системах и устройствах возникает, прежде всего, в тех местах, где поток претерпевает местное сужение с последующим расширением, например в запорных и регулирующих органах, диафрагмах, коленах, отводах и других элементах трубопроводов и машин при течении всех капельных жидкостей, в том числе и жидких металлов [1].

По расчетным данным был изготовлен экспериментальный эжектор-кавитатор, схематично представленный на рисунке (рис.1). Опытный образец был разработан на кафедре подъемно-транспортных машин и машиноремонта, но для оптимизации конструкции эжектора-кавитатора необходимо провести его экспериментальные исследования.

С этой целью необходимо было разработать универсальную конструкцию эжектора-кавитатора, позволяющую по ходу экспериментального исследования менять конструктивные элементы с целью получения математической модели работы эжектора-кавитатора.

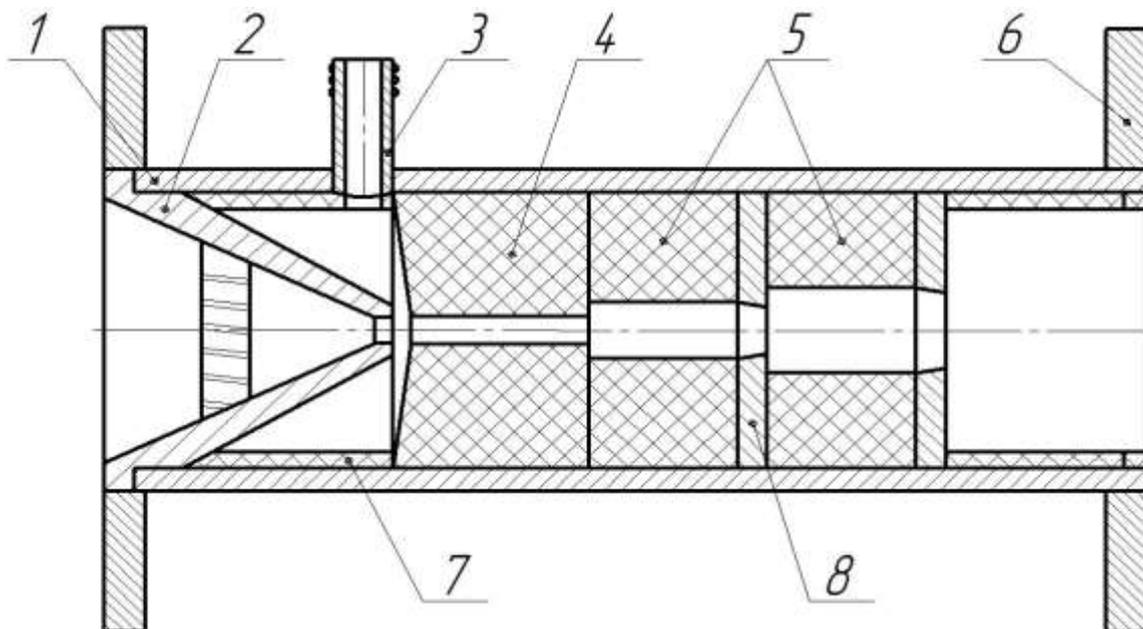


Рис.1. Схема эжектора – кавитатора
 1 – корпус; 2 – сопло; 3 – штуцер; 4 – камера смешения; 5- кольца ступеней; 6 – фланец;
 7 – втулка; 8 – шайба.

Оптимизация конструкции эжектора-кавитатора производилась по 4 факторам, к которым относятся [2]:

- L - расстояние между срезом сопла и входным отверстием камеры смешения, мм;
- F_1/F_c - отношение площадей входной камеры смешения к выходному отверстию сопла, мм;
- Δp - перепад давлений, $\Delta p = p_1 - p_2$, кПа;
- α – угол атаки на выходе из колец диффузора.

Параметром оптимизации является давление в камере смешения $p(y)$.

Все факторы, от сочетания которых зависит данный параметр, делятся на 2 группы.

К первой группе относятся конструктивные факторы, такие как расстояние между срезом сопла и входным отверстием камеры смешения L , отношение площадей выходного отверстия сопла к входному отверстию камеры смешения F_1/F_c и угол атаки на выходе из шайб диффузора α , а во вторую группу – внешние условия протекания процессов: перепад давления на кавитатор Δp .

Значения варьирования факторов при проведении экспериментального исследования приведены в Таблице 1.

Значения варьируемых факторов

| Наименование фактора | Производительность кавитатора, м ³ /ч | |
|---|--|----------|
| | 1,0 | 10 |
| Расстояние между срезом сопла и входным отверстием камеры смешения L, мм | (3...7) | (7...12) |
| Отношение площадей входной камеры смешения к выходному отверстию сопла F ₁ /F _c | (1,2...2,4) | |
| Перепад давлений Δр, кПа | (150...250) | |
| Угол α | (10°...30°) | |

Остальные размеры эжектора-кавитатора определялись конструктивно.

При проведении экспериментальных исследований были использованы основные положения теории планирования [3, 4, 5]. Матрица планирования принимается типа 2⁴, позволяющая сократить количество опытов в 2 раза без ухудшения точности эксперимента. Сама матрица представлена в Таблице 2 для эжектора-кавитатора производительностью 1 м³/ч.

Таблица 2

Матрица планирования и результаты эксперимента типа 2⁴

| Факторы | L, мм | F ₁ /F _c | Δр (dP), кПа | Угол α | р (у), кПа | Количество сигнальных ламп кавитометра |
|-------------|-------|--------------------------------|--------------|--------|------------|--|
| Номер опыта | 1 | - | - | - | -30 | 3 |
| | 2 | - | - | + | -76 | 7 |
| | 3 | - | - | - | +150 | - |
| | 4 | - | - | + | +88,5 | - |
| | 5 | - | + | - | -30 | 3 |
| | 6 | - | + | + | -89 | 8 |
| | 7 | - | + | - | -21 | 2 |
| | 8 | - | + | + | -90,5 | 8 |
| | 9 | + | + | - | -20 | 2 |
| | 10 | + | + | + | -86 | 8 |
| | 11 | + | - | - | +180 | - |
| | 12 | + | - | + | +110 | - |
| | 13 | + | + | - | -30 | 3 |
| | 14 | + | + | + | -85 | 8 |
| | 15 | + | - | - | +20 | - |
| | 16 | + | - | + | -65 | 6 |

Список литературы:

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М.: Наука, 1987.-840с.
2. Установка водоподготовки патент RU 2439 000 С2.
3. Адлер О.П. Введение в планирование эксперимента.-М.: Металлургия, 1968.-155с.
4. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах.-СПб.: Питер, 1997.-240с.
5. Клейнен Дж. Статистические методы в имитационном моделировании.-М.: Статистика, 1978.-335с.

EXPERIMENTAL STUDIES OF THE SHIP'S BALLAST WATER TREATMENT SYSTEM USING HYDRODYNAMIC CAVITATION

Dmitry S. Misgirev, Dmitry E. Shlyakhtin

This article discusses the effect of hydrodynamic cavitation on ballast water. These studies are intended for the use of ballast water purification.

Keywords: hydrodynamic cavitation, cavitator, ballast water, ballast water purification system.