

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НИИ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ ТОМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
СОВЕТ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ ТГУ



Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики

Международная молодежная научная конференция

17–19 ноября 2014 г., Томск



Издательство Томского университета
2015

ДВИЖЕНИЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ МОДЕЛЕЙ В ВОДНОЙ СРЕДЕ

К.Г. Перфильева, В.А. Архипов

Рассматривается движение моделей в режиме суперкавитации. Показываются зависимости числа кавитации от скорости модели для различных глубин погружения и область границы суперкавитации в зависимости от глубины погружения. Проводятся расчеты движения инерционной модели в воде в режиме суперкавитации.

MOVEMENT OF AXISYMMETRIC MODELS IN THE WATER MEDIUM

K.G. Perfilieva, V.A. Arhipov

The motion of models are to be considered in the superactivation range. There is a cavitation number to demonstrate its dependence from velocity of the model for different immersion depths and the border region of supercavitation, depending on immersion depth. Motion calculations of the inertial model are carried out in water, in the supercavitation range.

При движении тел в водной среде сила сопротивления намного выше, чем при движении в воздухе, плотность которого на три порядка меньше. Значительное снижение коэффициента сопротивления можно получить при движении тел в режиме суперкавитации. При этом сопротивление среды снижается с помощью специального головного кавитатора, образующего полость, в которой находится модель.

Классическое уравнение движения тела постоянной массы m_0 в жидкой или газообразной среде имеет вид

$$m_0 \frac{du}{dt} = -C_x S_M \frac{\rho u^2}{2}, \quad (1)$$

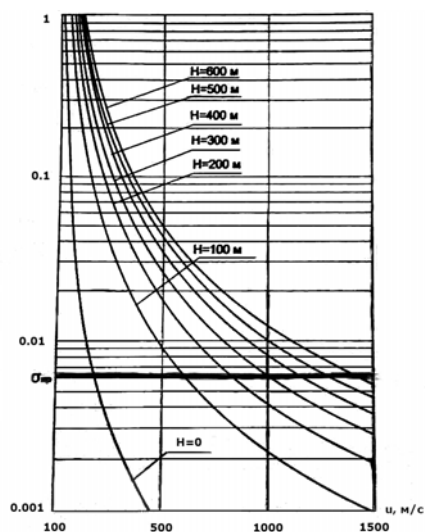
где u – скорость движения тела; t – время; C_x – безразмерный коэффициент сопротивления; S_M – площадь миделева сечения тела; ρ – плотность жидкости.

Основным критерием подобия суперкавитационного движения является число кавитации

$$\sigma = \frac{2 \cdot \Delta p}{\rho \cdot u^2}, \quad (2)$$

где $\Delta p = p(H) - p_k$; $p(H)$ – гидростатическое давление, которое зависит от глубины погружения; p_k – давление насыщенных паров воды при пузырьковой кавитации (рис. 1, 2).

Проведенные оценки показывают, что при значениях числа кавитации $\sigma_{кр} < 0,06$ суперкавитирующий аппарат испытывает меньшее сопротивление, чем тот же аппарат при сплошном обтекании. При уменьшении числа кавитации σ эффект суперкавитационного обтекания быстро возрастает. Движение свободной суперкавитирующей модели существенно отличается от движения любого обычного тела при сплошном обтекании. Это различие определяется тем, что большая часть суперкавитирующей модели не взаимодействует с набегающим потоком и гидравлические силы возникают только на переднем торце модели (на кавитаторе).



H , м	u , м/с
0	200
100	600
200	850
300	1000
400	1180
500	1280
600	1380

Рис. 1. Зависимость числа кавитации от глубины погружения

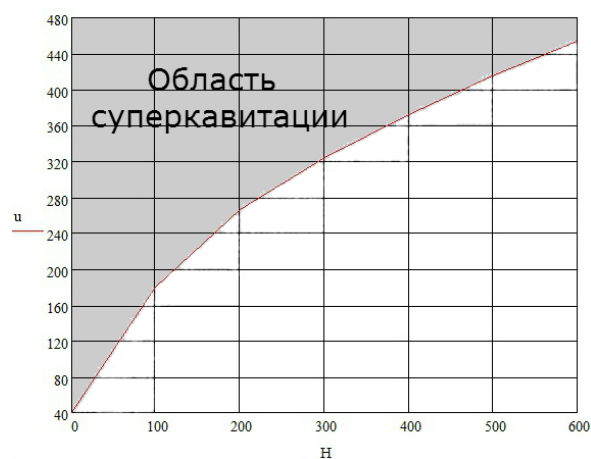


Рис. 2. Области границы суперкавитации в зависимости от глубины погружения

Сопротивление движению суперкавитирующей модели, полностью охватываемой газовой каверной, определяется сопротивлением кавитатора и рассчитывается по формуле

$$R_x = C_x S_k \frac{\rho u^2}{2}. \quad (3)$$

Рассмотрим движение инертной модели в жидкости в режиме суперкавитации.

В режиме суперкавитирующего движения уравнение движения модели можно представить в виде

$$m \frac{du}{dt} = -C_x S_k \frac{\rho u^2}{2}. \quad (4)$$

В качестве начальных условий задается начальная скорость u_0 .

Уравнение (4) можно представить в виде

$$\frac{du}{dt} = -ku^2, \quad (5)$$

где $k = \frac{\rho C_x S_k}{2m}$.

Алгебраическая формула для расчета скорости движения модели от времени t (рис. 3)

$$u(t) = \frac{u_0}{1 + kt \cdot u_0}. \quad (6)$$

В качестве параметров задачи задается масса, площадь поперечного сечения кавитатора $S_k = \pi r^2$ и плотность жидкости.

Коэффициент сопротивления для кавитатора в форме диска определяется формулой

$$C_x = 0,82(1 + \sigma),$$

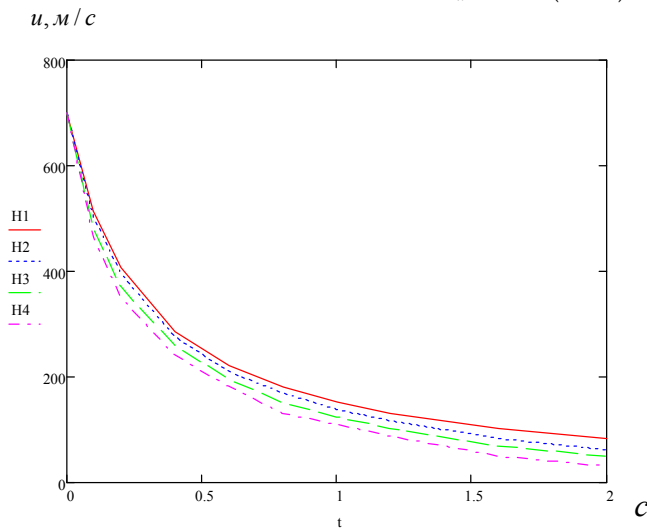


Рис. 3. Зависимость скорости движения модели от времени t

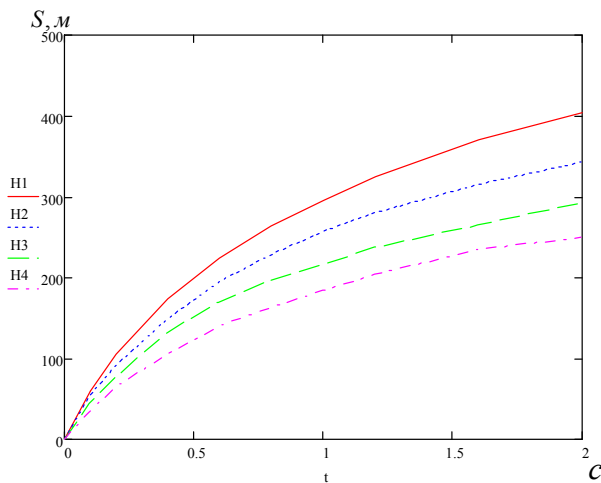
Расстояние, пройденное моделью, определяется следующим уравнением:

$$S = u \cdot t. \quad (7)$$

Алгебраическая формула для расчета расстояния, пройденного моделью за время t ,

$$S(t) = \frac{\ln(1 + kt \cdot u_0)}{k}. \quad (8)$$

Зависимость расстояния пройденного моделью за время t приведена на рис. 4.

Рис. 4. Расстояние, пройденное моделью за время t

Вывод. Движение модели в режиме суперкавитации имеет большое преимущество. За счет снижения коэффициента сопротивления, можно создать подводные аппараты, движущиеся со скоростями порядка (100–1500) м/с.

Литература

1. Савченко Ю.Н., Семенко В.Н., Путилин С.И. Нестационарные процессы при суперкавитационном движении тел // Прикладная гидромеханика. 1999. Т. 1 (73), № 1. С. 79–97.
2. Власенко Ю.Д. Экспериментальные исследования суперкавитационных режимов обтекания самоходных моделей // Прикладная гидромеханика. 2000. Т. 2 (74), № 3. С. 26–39.
3. Савченко Ю.Н., Савченко Г.Ю. Оценка эффективности использования суперкавитации на осесимметричных корпусах // Прикладная гидромеханика. 2004. Т. 6 (78), № 4. С. 78–83.
4. Савченко Ю.Н. Исследования суперкавитационных течений // Прикладная гидромеханика. 2007. Т. 9, № 2–3. С. 150–158.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА АНСАМБЛЕЙ ТОНКОСТЕННЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПРОВОДНИКОВ АКСИАЛЬНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Н.В. Селюнина, С.В. Синяев

Приводятся моделирующие уравнения, методика и результаты численных расчетов быстрого индукционного нагрева ансамблей полых тонкостенных цилиндрических проводников в переменном магнитном поле соленоида. Оценивается влияние различных параметров моделируемого устройства на динамику и эффективность процесса нагрева проводников в соленоиде.

MATHEMATICAL MODELING OF INDUCTIVE HEATING ENSEMBLES OF LIGHT-WALL CYLINDRICAL CONDUCTORS BY AXIAL MAGNETIC FIELD

N.V. Selyunina, S.V. Sinyayev

The modeling equations, technique of numerical calculation and simulation data of the quick induction heating of hollow light-wall cylindrical conductors in a variable magnetic field of the solenoid are given. Influence of the different simulated device characteristics on the dynamics and energy efficiency of the heating are determined for the conductors within solenoid.

Введение. В работе моделируется процесс быстрого индукционного нагрева большого количества проводников в перспективных устройствах многоочагового