

УДК 666.691

Студ. В.Н. Поздняков

Науч. рук. канд. техн. наук, доц. О.А. Петров

(кафедра машин и аппаратов химических и силикатных производств, БГТУ)

ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ СВЕРХКАВИТАЦИОННЫХ ТЕЧЕНИЙ

Явление кавитации известно в науке и технике уже больше сотни лет. Кавитация – образование в жидкости полостей (кавитационных пузырьков, или каверн), заполненных газом, паром или их смесью. Кавитация возникает в результате местного понижения давления в жидкости, которое может происходить либо при увеличении её скорости (гидродинамическая кавитация), либо при прохождении акустической волны большой интенсивности во время полупериода разрежения (акустическая кавитация), существуют и другие причины возникновения данного эффекта.

Перемещаясь с потоком в область с более высоким давлением или во время полупериода сжатия, кавитационный пузырек захлопывается, излучая при этом энергию ударной волны. Необходимо подчеркнуть, что кавитация в основном образуется на кромке срыва при переходе ламинарного течения жидкости, или их смесей, в турбулентное течение.

Отрицательные свойства кавитации

Наличие кавитации неблагоприятно сказывается на работе гидравлических машин, насосов, кавитационных тепловых нагревателей, турбин, судовых гребных винтов, приводящих к разрушению поверхности, или так называемой кавитационной эрозии. Необходимо знать, что на плохо обтекаемых телах, обладающих острыми кромками, формирование струйного вида кавитации происходит очень быстро. Если кавитационная волна встречает на своем пути препятствие, то она создаёт шум, вызывает вибрацию и разрушает его поверхность.

Положительные свойства кавитации

Хотя кавитация и нежелательна во многих случаях, существуют исключения ее полезного применения. Эрозия твердого тела (разрушение поверхности), очистка поверхностей, диспергирование твердых частиц, растворение, экстрагирование, эмульгирование, гомогенизация, пенообразование осуществляются, в основном, за счет двух характерных проявлений кавитации: ударных волн и кумулятивных струек, образующихся при схлопывании кавитационных пузырьков.

Кумулятивные струйки разрушают поверхностные слои и поверхность твердого тела за счет кинетической энергии жидкости. Ка-

витационное воздействие на жидкость позволяет получать высококачественные технологические, пищевые и биологически активные растворы экстрактов, эмульсии и суспензии. Кавитация не только способствует повышению дисперсности эмульсии, но и уничтожает вредные микроорганизмы. Кавитационное воздействие служит эффективным средством для получения водо-угольных суспензий и угольно-масляных паст.

В ходе учебно-исследовательской работы при помощи программы «SOLIDWORKS» была смоделирована труба с участком на подобии сопла Вентури, в расширяющейся части которого расположен конический обтекатель. В качестве модельной жидкости принята вода. Внутренний диаметр трубы 30 мм. Диаметр узкого сечения 18 мм. Угол при вершине конуса 60 град.

В результате опытов, задаваясь необходимой скоростью V на входе в трубу, получены каверны различной длины L , а также распределение жидкости и давления в осевом и закрученном потоках.

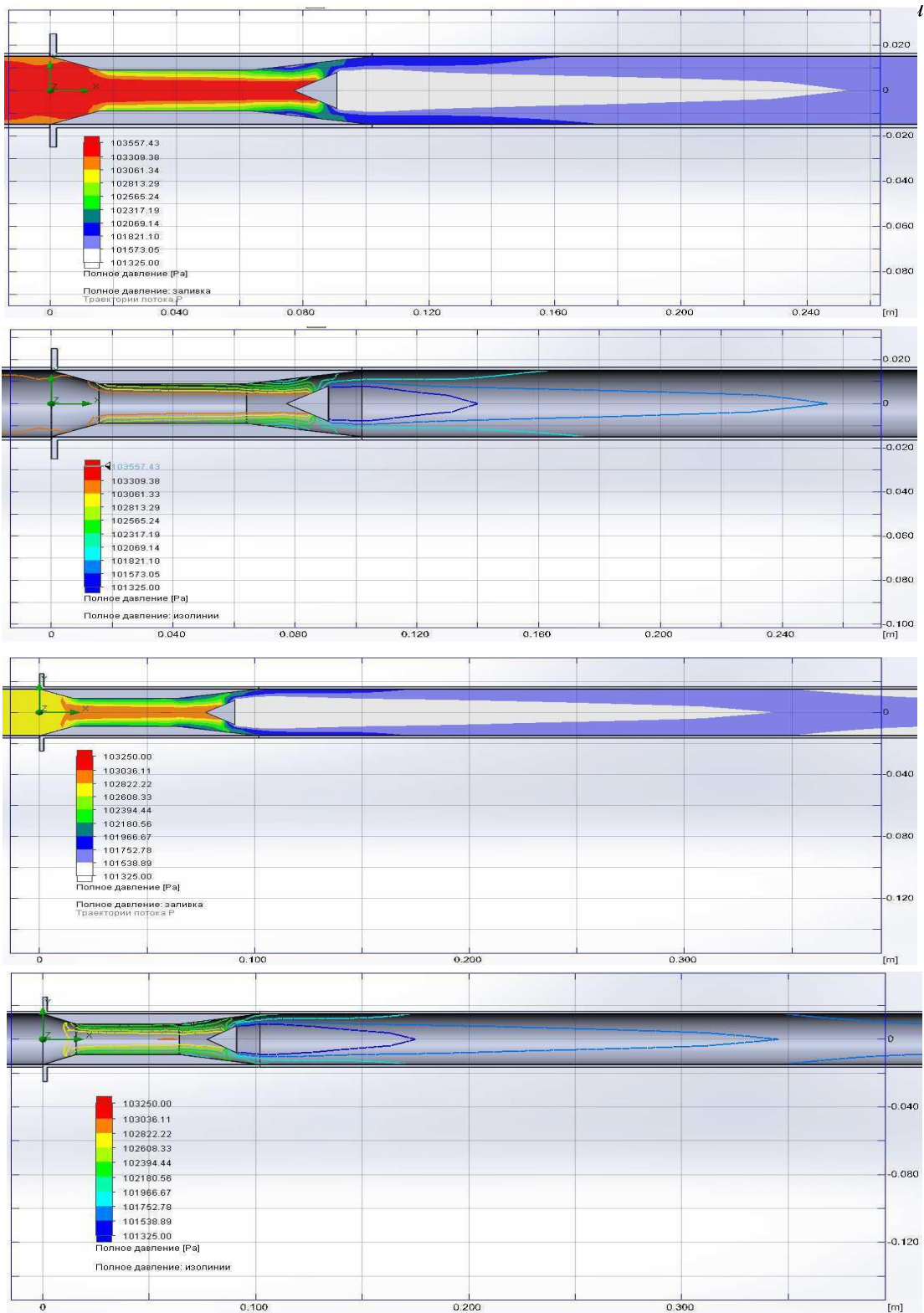
Программа «SOLIDWORKS» смоделировала каверну по методу конечных объемов (МКО). Это численный метод интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных. Суть его заключается в следующем. Выбирается некоторая замкнутая область течения жидкости или газа, для которой производится поиск полей макроскопических величин (например, скорости, давления), описывающих состояние среды во времени и удовлетворяющих определенным законам, сформулированным математически.

Для любой величины ϕ в каждой точке $O(x, y, z, t)$ пространства, окруженной некоторым замкнутым конечным объемом, в момент времени t существует следующая зависимость: общее количество величины ϕ в объеме может изменяться за счет следующих факторов:

- транспорт количества этой величины через поверхность, ограничивающую контрольный объем – поток;
- генерация (уничтожение) некоторого количества величины ϕ внутри контрольного объема – источники (стоки).

Другими словами, при формулировке МКО используется физическая интерпретация исследуемой величины. Например, при решении задач переноса тепла используется закон сохранения тепла в каждом контрольном объеме.

Таким образом, при помощи компьютерного моделирования были получены траектории потоков при разных скоростях жидкости с осевым движением и при дополнительной закрутке (пример распределения для одной скорости 1 м/с показан на рисунке 1).



**Рисунок 1 – Распределение потоков
(скорость жидкости в трубе 1 м/с, первые два рисунка – осевой,
вторые два – закрученный потоки)**

В результате были построены графики зависимости длины образующей сверхкавитационной области от скорости различных потоков $L=f(V)$ (рисунок 2).

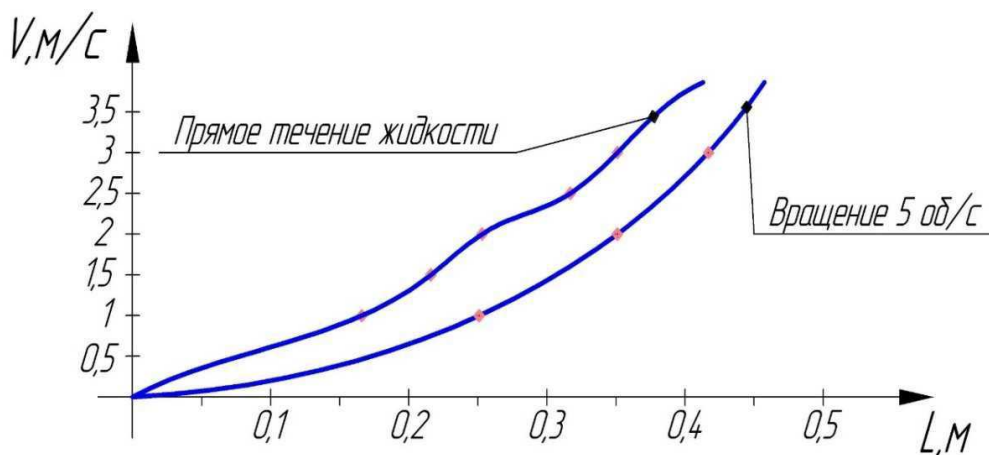


Рисунок 2 – График зависимости длины каверны от скорости движения жидкости

Выводы о проделанной работе

- При закрутке потока каверна становится стабильнее и длиннее, но возникают значительные гидравлические сопротивления.
- Полученные в результате опытов данные близки к расчетным и экспериментальным данным, но не совсем верны, так как для большего приближения к реальным, ресурсов вычислительной системы персонального компьютера недостаточно. Требуются более мощная вычислительная техника.
- Использование программы «SOLIDWORKS» в изучении гидродинамики неограниченно, из-за простоты моделирования различных ситуаций, малых затрат времени и средств.

В дальнейшем планируется продолжить исследования сверхкавитационных течений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кнэпп Р., Дейли Д., Хэммит Ф. Кавитация. – М.: Мир, 1974. – 684 с.
2. Петров О.А., Вайтехович П.Е. Исследование и моделирование гидродинамических кавитаторов // Химическая промышленность сегодня. – № 12 – 2003. С. 52–56.