

## Влияние параметров кавитации на процесс эмульгирования

**Сергеева Ю.Н., Горбунов А.Д.**

Украина, г.Днепродзержинск, Днепропетровская обл.,  
Днепродзержинский Государственный Технический Университет

**Черниченко В.Е.**

Украина, г.Кременчуг, Полтавская обл.,  
Кременчугский Государственный Политехнический Университет

*When functioning (working) all disintegration device exists origin to turbulences. The Turbulent pressure to liquids is characterized number Reynoldsa Re. At number Re 100 appear the centres to turbulences, quickly fading removing from the source. It Is Installed that in the field of arising the turbulences occurs диснепгирование, but in the other area - only transport small part .*

Главная трудность, тормозившая развитие исследований физической природы кавитации, заключается в том, что кавитация — быстропротекающее явление. Это ограничивает возможности и усложняет методы исследования зарождения, роста и схлопывания каверн как в потоках, так и в покоящихся жидкостях. Отдельные фазы кавитации протекают настолько быстро, что подробности не улавливаются человеческим глазом. Дополнительная трудность заключается в том, что кавитация обычно происходит в относительно недоступных местах и ее невозможно наблюдать без специальных устройств [1-3].

Таким образом, основная задача, связанная с исследованиями кавитации, заключалась в разработке удобных методов воспроизведения кавитации, наблюдения и выявления областей, в которых она происходит, а также получения мгновенных картин кавитационного процесса. В связи с этим возникает вопрос о существенных параметрах, характеризующих кавитацию. Ниже будет дано определение наиболее часто используемого кавитационного параметра — числа кавитации.

Опыты показывают, что в области кавитации устанавливается давление, равное давлению насыщенного пара  $p_n$ . Поэтому в качестве критерия подобия при опытных исследованиях кавитационных потоков принято число Эйлера, которое здесь записывается в виде

$$K = 2 \frac{p - p_n}{\rho V^2}$$

где  $p$  - гидростатическое давление набегающего потока,  $p_n$  - давление насыщенного пара,  $\rho$  - плотность жидкости,  $V^2$  - скорость жидкости на достаточном отдалении от тела. Этот параметр называют числом кавитации. Он служит одним из критериев подобия при моделировании гидродинамических течений. Увеличение скорости потока после начала кавитации вызывает быстрое возрастание числа кавитационных пузырьков, вслед за чем происходит их объединение в общую кавитационную каверну, затем течение переходит в струйное. При этом течение сохраняет нестационарный характер только в области замыкания каверны. Особенно быстро струйное течение организуется в случае плохо обтекаемых тел.

Всплывание такой кавитационной каверны будет определяться числом Фруда  $Fr = \frac{v_0^2}{gd}$ , где  $g$  - ускорение силы тяжести, а  $d$  - некоторый характерный линейный размер.

В зависимости от величины  $K_a$  можно различать четыре вида потоков:

- 1) докавитационный сплошной (однофазный) поток при  $K_a > 1$ ,
- 2) кавитационный (двухфазный) поток при  $K_a \sim 1$ ,
- 3) пленочный с устойчивым отделением кавитационной полости от остального сплошного потока (пленочная кавитация) при  $K_a < 1$ ,
- 4) суперкавитационный при  $K_a < 1$ .

Следует отметить, что  $K_a$  не единственный критерий, определяющий вид движения. Поэтому указанная классификация потоков в известной мере условная. На структуру кавитационного потока оказывают влияние не только другие критерии подобия, но и физико-химические свойства жидкостей.

Основными факторами, влияющими на возникновение и последующее развитие кавитации в потоках жидкости, являются форма границ течения, параметры течения (абсолютное давление и скорость) и критическое давление  $p_{кр}$ , при котором могут образовываться пузырьки или возникать каверны. Однако на зависимость критического давления от формы границ, давления и скорости могут существенно влиять другие факторы [4-6]. К ним относятся свойства жидкости (например, вязкость, поверхностное натяжение, параметры, характеризующие испарение), любые твердые или газообразные примеси, которые могут быть взвешенными или растворенными в жидкости, и состояние граничных поверхностей, включая их чистоту и трещины, в которых могут находиться нерастворенные газы. Кроме динамики течения для больших перемещающихся или присоединенных каверн существенное значение имеют градиенты давления, обусловленные силами тяжести. Наконец, физические размеры границ течения могут оказывать существенное влияние не только на размеры каверн, но и на зависимость от некоторых параметров основного течения и течения в пограничном слое. При выводе критерия подобия невозможно учесть все эти факторы. Поэтому обычно на практике используют основной параметр, выведенный из элементарных условий подобия, и учитывают влияние других факторов как отклонения от основного закона подобия. Кавитация начинается с возникновения очень маленьких каверн в точках тела с минимальным давлением или в их окрестности. Дальнейшее увеличение  $V_0$  (или уменьшение  $p_0$ ) приводит к падению давления до критического значения и в других точках поверхности тела. Поэтому зона кавитации начинает распространяться от точек ее возникновения.

Рассмотрев изменение числа кавитации в этом процессе, снова приходим к выводу, что если пренебречь влиянием числа Рейнольдса, то коэффициент зависит только от формы тела и принимает постоянное значение перед возникновением кавитации. После возникновения кавитации этот коэффициент уменьшается, поскольку  $p$  остается равным давлению в каверне, которое стремится сохранять постоянное значение при увеличении  $V_0$  и уменьшении  $p_0$ . Поэтому число кавитации принимает определенное значение, соответствующее каждой стадии развития («степени») кавитации на данном теле. Значения  $K$  в последующих стадиях кавитации зависят главным образом от формы тела, обтекаемого жидкостью [6-7]. Обтекаемым телом, о котором идет речь во всех предыдущих рассуждениях, может быть как стенка канала, по которому движется поток, например горло трубки Вентури, так и тело, которое действительно обтекается потоком, например гидрокрыло. При течении с кавитацией (включая возникновение кавитации), число кавитации  $K$  является определяющим критерием подобия наряду с такими критериями динамического подобия, как критерий Рейнольдса, Фруда, Вебера и т. д. Здесь и ниже рассматривается лишь влияние числа кавитации, что оправдано теоретически при фиксированных значениях  $Re$ ,  $Fr$ ,  $We$ , а практически связано с приближенным учетом влияния этих критериев, что авторы называют частичным подобием [5-8].

С помощью числа  $K$  можно связать условия течения с возможностью кавитации и степенью ее развития. Любой степени развития кавитации, начиная от ее возникновения, соответствует определенное значение этого числа. Изменяя условия течения таким образом, чтобы  $K$  становилось больше, равно или меньше  $K_c$ , можно воспроизвести весь возможный диапазон режимов течения от бескавитационного до течения с развитой кавитацией.

Простой физический смысл числа кавитации выясняется непосредственно из рассмотрения процесса образования кавитационной каверны и ее дальнейшего движения из области низкого давления в область высокого давления. В числитель этого параметра входит полное давление или напор, под действием которого каверна схлопывается, а знаменатель представляет собой скоростной напор потока. Изменение давления на поверхности тела или на стенках любого канала, ограничивающего течение, связано в основном с изменением скорости течения. Поэтому скоростной напор можно рассматривать как величину, определяющую падение давления, в результате которого может образоваться и расширяться каверна. С этой точки зрения число кавитации представляет собой отношение давления, под действием которого происходит схлопывание каверны, к давлению, под действием которого каверна возникает и растет. Параметр  $K$  является очень полезной величиной и позволяет объяснить многочисленные и разнообразные особенности явления кавитации. Например, из его определения непосредственно следует, что  $K$  можно использовать для оценки относительного сопротивления кавитации при заданной форме передней части или всего узла гидравлического устройства. Чем меньше это значение, тем большее падение давления допустимо в системе до начала кавитации и, следовательно, выше сопротивление объекта кавитации.

Основное значение числа кавитации обусловлено тем, что оно является критерием динамического подобия условий течения, при которых происходит кавитация. Поэтому его применимость ограничена рядом факторов. Для полного динамического подобия течений в двух системах необходимо, чтобы влияние всех физических параметров выражалось одними и теми же соотношениями. Поэтому даже при идентичных термодинамических и химических свойствах и одинаковой форме твердых границ без учета влияния примесей, содержащихся в жидкости, для динамического подобия необходимо, чтобы влияние вязкости, сил тяжести и поверхностного натяжения выражалось одним и тем же соотношением в обоих случаях кавитации. Другими словами, заданное условие кавитации воспроизводится точно только в том случае, когда числа Рейнольдса, Фруда, Вебера и т. д., а также число кавитации  $K$  имеют определенные значения, соответствующие единому соотношению между ними.

#### Перечень ссылок

1. Корнфельд М., *Упругость и прочность жидкостей*, М. - Л., 1951.
2. Биркгоф Г., Сарантонелло Э., *Струи, следы и каверны*, пер. с англ., М., 1964.
3. Перник А. Д., *Проблемы кавитации*, 2 изд., Л., 1966.
4. Ошеровский С. Х., *Кавитация в генераторах*, "Энергетика и электрификация", 1970, № 1.
5. Кнэпп Р., Дейли Дж., Хэммит Ф. *Кавитация*. М., 1974.
6. Акуличев В.А. *Кавитация в криогенных и кипящих жидкостях*. М., 1978
7. Левковский Ю.Л. *Структура кавитационных течений*. Л., 1978.
8. Иванов А.Н. *Гиродинамика развитых кавитационных течений*. Л., 1980.