

## Особенности перемешивания газа и жидкости при наличии в гидродинамической системе вентилируемой каверны с отрицательным числом кавитации<sup>1</sup>

Козлов И.И., Очеретяный С.А., Прокофьев В.В.

Институт механики МГУ, Москва

Во многих технических задачах и гидродинамических схемах используется метод создания искусственных вентилируемых каверн с повышенным по отношению к окружающему пространству давлением (каверны с отрицательным числом кавитации). В отличие от обычных вентилируемых каверн, поддув газа, здесь осуществляется не в область разряжения, а в зону течения с повышенным давлением. При решении таких задач следует учитывать, что механизм уноса газа здесь принципиально отличается от обычных вентилируемых каверн.

Проведенные в институте механики МГУ экспериментальные исследования плоского струйного течения с образованием искусственной вентилируемой каверны с отрицательным числом кавитации показали, что в зависимости от величины поддува газа в каверну могут образовываться различные режимы течения. Для каверны с отрицательным числом кавитации имеет место некоторая предельная величина, соответствующая условию существования замкнутой кавитационной полости. Эксперимент показал, что по отношению к этой величине режим кавитационного течения можно разделить на докритический и сверхкритический. Докритический режим может быть описан схемой замыкания каверны с возвратной струйкой, что практически означает, как и для обычных каверн, нестационарное течение в хвостовой области каверны, при сверхкритических условиях каверна становится разомкнутой – с чем связано появление дополнительного механизма уноса газа из каверны. Важно, что в отличие от обычных каверн здесь имеет место неустойчивость границы каверны в смысле Релея – Тейлора (P-T). Экспериментально показано, что основные характеристики возникающих при этом P-T структур, согласуются с известными в литературе результатами для классического P-T перемешивания. В начальной стадии развития волн (в головной части каверны) режим близок к периодическому, причем доминирующая длина волны близка к теоретической величине. Затем, за счет нелинейных эффектов, перемешивание

переходит в турбулентную автомодельную стадию. Скорость распространения Релей – Тейлоровских структур в поперечном к потоку направлении весьма велика и сравнима с характерной скоростью течения. Измерения коэффициента расхода газа, уносимого из каверны, показали, что в докритическом режиме эта величина растет приблизительно линейно с ростом модуля числа кавитации. Величина коэффициента уноса в околоскритическом режиме оказалась пропорциональной квадрату длины каверны, что соответствует автомодельному закону развития P-T структур.

При сверхкритических условиях поддува происходит значительное увеличение расхода поддуваемого газа – зависимость коэффициента давления от модуля числа кавитации аппроксимируется показательной функцией с показателем степени 0.1-0.2. Обнаружено, что в этом режиме могут возникнуть низкочастотные (по сравнению с P-T структурами) автоколебательные пульсации, которые сильно изменяют механизм перемешивания жидкости и поддуваемого газа. При значительных поддувах автоколебания переходят в развитую стадию – течение становится помпажным, почти разрывным, P-T структуры здесь возникают в процессе выталкивания газом отдельных жидких массивов. Обнаружено, что могут реализовываться различные моды автоколебаний, причем частоты связаны с количеством волн, образующихся на поверхности каверны. Интересно, что зависимость числа кавитации от коэффициента поддува не меняется при изменении частотных мод.

Показана возможность создания устройства, использующего помпажный режим кавитационных автоколебаний для генерации периодических импульсных струй.

### Список литературы:

- [1] Козлов И.И., Очеретяный С.А., Прокофьев В.В. О различных модах автоколебаний в течениях с вентилируемой каверной и возможности их использования для формирования периодических импульсных струй // Изв. РАН. МЖГ. 2019. № 3. С. 16–27.

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-01-00040)