

В. Г. В ы с к р е б ц о в (Москва, МГТУ «МАМИ»). **Влияет ли вращение Земли на спиральное движение воздушных пузырьков в воде?**

Вначале проводилось наблюдение за траекторией подъема пузырьков в воде, что удобно делать с помощью имеющихся в продаже ночников в виде прозрачного пластмассового цилиндра длиной около полуметра и диаметром восемь сантиметров. В цилиндр, расположенный вертикально и заполненный водой, снизу нагнетается насосом воздух и дается подсветка. Воздушные пузырьки поступают из трубочки на дне цилиндра, в которую нагнетается воздух. Наблюдения за одиночными пузырьками (при многочисленности пузырьков наблюдение за траекторией каждого практически невозможно) путем дросселирования воздушного насоса и при наблюдении с верхнего торца цилиндра выявило (и это зафиксировано на видеоклипах длительностью 15–50 секунд), что вначале траектория пузырьков плоская, в виде синусоиды. По мере дальнейшего подъема пузырьков траектория принимает форму винтовой линии, причем направление кручения (правое или левое) этой линии непредсказуемо может меняться. Не удалось наблюдать какой-либо закономерности в направлении закручивания траекторий. В этих наблюдениях диаметр пузырьков был несколько миллиметров, причем этот диаметр увеличивался по мере подъема пузырьков за счет расширения воздуха в пузырьке. Такой же характер движения пузырьков наблюдался и в других вязких жидкостях, например, в бензине.

Можно сказать, что у автора в ходе наблюдений над реальными, наблюдаемыми течениями создалось впечатление, что эти течения не могут быть описаны с помощью численных методов, применяемых в настоящее время для решения уравнений Навье–Стокса ввиду того, что все известные численные методы и соответственно так называемые пакеты программ для работы на современных компьютерах изначально не предполагают расчеты течений сплошных сред с изменяющимися во времени траекториями течений, хотя бы в режимах так называемого ламинарного течения. Другими словами, не предполагают рассмотрения неустановившихся течений с неустановившимися траекториями даже в простейших случаях (единственным исключением из этого может служить работа А. В. Шапеева, в которой делается попытка рассмотреть нестационарность траекторий течения [1]). Во всех современных компьютерных программах используются приближения, не содержащие возможности изменений линий тока во времени (аналогично тому, как при расчетах на прочность отсутствует возможность изменения во времени линий главных напряжений) и которые поэтому не позволяют, по мнению автора, адекватно моделировать действительные движения вязких жидкостей.

Другим существенным, по мнению автора, упущением программного обеспечения на настоящий момент является отсутствие требования достаточной гладкости линий тока, т. е. непрерывность изменения кривизны линий тока (радиуса кривизны или третьей производной от ординаты линии тока), что учитывается дополнительным к уравнению Навье–Стокса «геометрическим» уравнением [2, 3]. Это требование непрерывности кривизны линий тока по существу физического содержания означает то, что движение по линиям тока должно происходить без ударов. В результате этого так называемые «приближенные» решения не стремятся при увеличении точности (путем, например, уменьшения шага сетки) к пределу (к точному решению).

Таким образом применение численных методов для расчета течений вязких сред оказывается сложнее, чем упругих сред. Поэтому, по мнению автора, перспективным программным обеспечением при расчетах течения вязких сред могут быть только такие, в которых предусмотрена возможность влияния времени на поведение линий тока, а также предусмотрен учет достаточной гладкости этих линий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шапеев А. Н.* Вязкие несжимаемые течения жидкости в секторах и конусах. Автореферат дисс. на соискание уч. ст. канд. физ.-матем. наук. Новосибирск: 2009.
2. *Выскребцов В. Г.* О свойстве самопроизвольного образования винтообразности траекторий при движении осесимметричных тел в сплошной среде. — Сборник докладов конференции МГТУ «МАМИ». М.–Сочи: 2008, с. 121–127.
3. *Сью Т. С.* Получение точного решения уравнений Навье-Стокса. — International Journal of non-linear mechanics, 1985, v. 20, № 20.
4. *Выскребцов В. Г.* Гидромеханика в новом изложении. М.: Изд-во Спутник+, 2001.
5. *Жуковский Н. Е.* Собрание сочинений. Т. 2. Гидродинамика. М.–Л.: 1949, с. 698.