

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАЕКТОРИЙ ДРЕЙФА ВСПЛЫВАЮЩИХ ЭЙЛЕРОВЫХ МНОГОГРАННИКОВ

Л. Н. Буркова, К. А. Рыбкин

Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
614990, Пермь, Букирева, 15

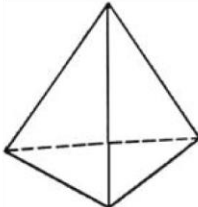
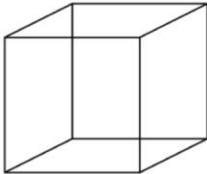
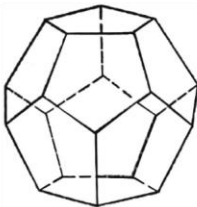
Работы по исследованию обтекания твердого тела, проводятся на протяжении долгого времени. Рассмотрено множество задач, когда на закрепленное тело набегают поток жидкости. Обтекаемые тела были самой различной формы, начиная с цилиндра в плоской тонкой ячейке, до обтекания куба покоящегося на плоской поверхности [1–3].

Процесс всплытия твердых тел, таких как твердая сфера, 2-х осные и 3-х осные эллипсоиды изучался в работе [4]. Статья посвящена обнаружению колебаний центра масс твердых тел, а также исследованию влияния формы объекта на возникающие в окружающей жидкости вихри.

В настоящей работе рассмотрена система, в которой свободное тело всплывает в неподвижной жидкости.

Определяющим параметром, по которому будет происходить сравнение параметров дрейфа тел, выберем количеству вершин. По этому параметру, из выше указанного набора тел, больше всего по своей форме напоминает шар додекаэдр, меньше всего – тетраэдр. Есть мнение, что движение тетраэдра должно быть более предсказуемо по сравнению с движением других тел.

Таблица 1. Характеристики тел

Изображение многогранников			
Название	Тетраэдр	Куб	Додекаэдр
Число граней	4	6	12
Число ребер	6	12	30
Число вершин	4	8	20
Площадь поверхности	$1,7a^2$	$6a^2$	$8,7a^2$
Объем	$0,12a^3$	$a^3$	$7,7a^3$

Для проведения эксперимента использовалась установка, состоящая из двух осветительных приборов, зеркала, запускающего устройства, камеры и компьютера. Всплывающими объектами служили бумажные многогранники, покрытые эпоксидным клеем. Было изготовлено три набора тел разного размера. Основные свойства тел приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Свойства тел**

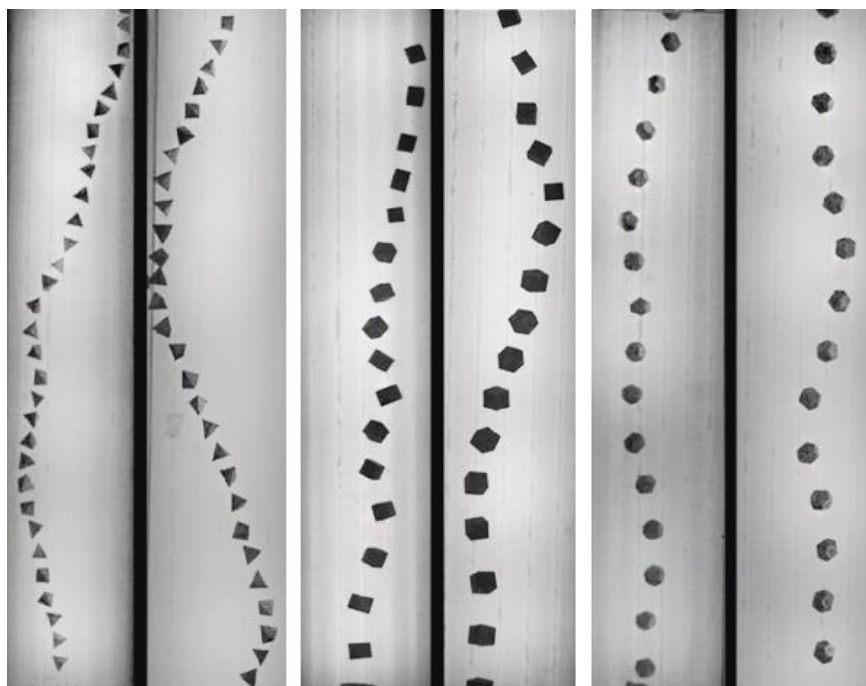
I				
Куб				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
4,0	0,28	1,132	2,0	49,0
Додекаэдр				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
7,7	0,13	0,985	1,0	56,1
II				
Куб				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
2,9	0,39	1,125	1,7	40,0
Додекаэдр				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
3,9	0,18	0,686	0,8	51,2
III				
Тетраэдр				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
1,6	0,28	0,450	2,4	28,3
Куб				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
1,4	0,26	0,372	1,2	42,6
Додекаэдр				
V тела, см <sup>3</sup>	ρ тела, г/см <sup>3</sup>	m, г	Внеш. сторона, см	Скорость, м/с
2,6	0,20	0,526	0,7	48,5

Чтобы на траекторию тел влияла лишь их форма необходимо постоянство безразмерных параметров. Управляющими параметрами при всплытии тела являются число Рейнольдса и число Архимеда. Для каждого набора тел безразмерные параметры были одного порядка.

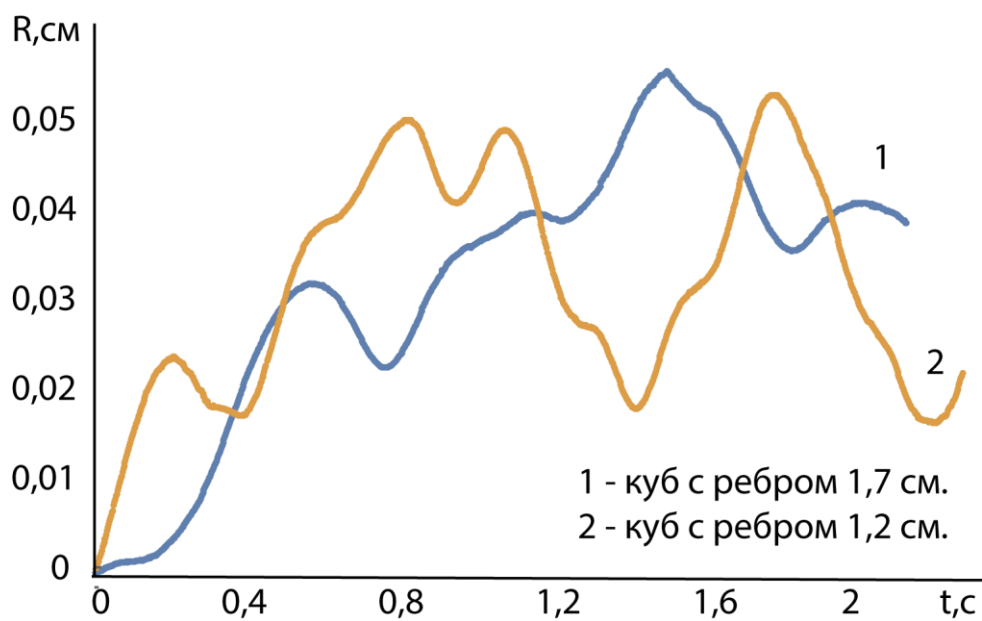
В ходе эксперимента было выявлено, что траектории движения многогранников сильно отличаются по амплитуде. Тетраэдр движется с наибольшей амплитудой, в связи с этим не удалось проанализировать траекторию всплытия. Кювета оказалась неподходящей для данного эксперимента. В подавляющем большинстве случаев, тетраэдр с момента запуска сразу сильно отклонялся и ударялся о стенку кюветы (рис. 1).

Траектория всплытия куба и додекаэдра была проанализирована с помощью программного комплекса Wolfram Mathematica с целью нахождения координаты центра масс всплывающего объекта на каждом кадре.

Для выявления зависимости траектории всплытия от размеров тела были проведены эксперименты с кубами и додекаэдрами разного размера. Как оказалось, при уменьшении размера тела уменьшается период колебаний радиальной компоненты и азимутального угла (рис. 2). Обнаружено, что скорость всплывающего тела напрямую зависит от его формы - чем больше у тела углов, тем быстрее оно всплывает, при прочих равных условиях.

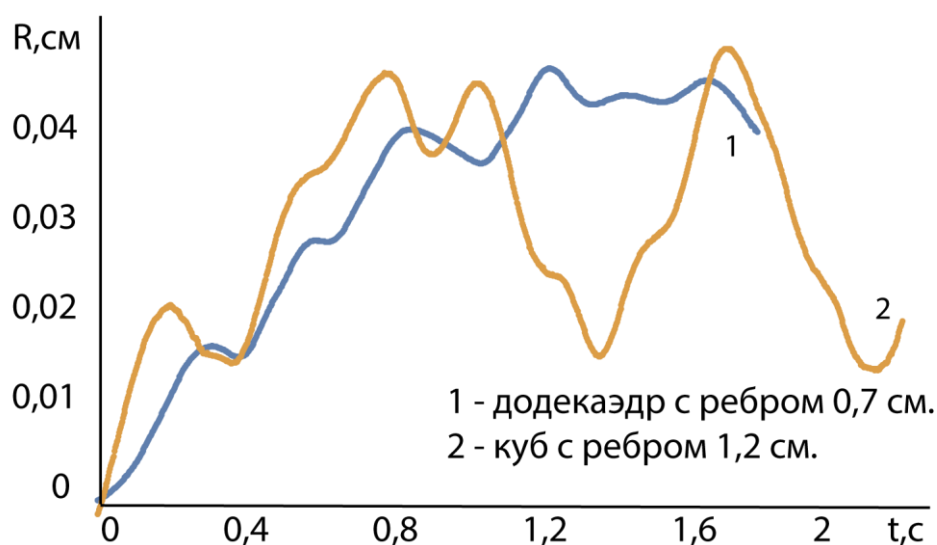


**Рис. 1.** Траектории всплытия многогранников



**Рис. 2.** Сравнение радиальных компонент кубов разного размера

Сравнение характеристик всплытия куба и додекаэдра показало, что период колебаний додекаэдра больше периода колебаний куба при той же амплитуде (рис. 3). Средняя скорость всплытия многогранника возрастает с увеличением его размера.



**Рис. 3.** Сравнение радиальных компонент куба и додекаэдра

### Список литературы

1. Федяев В. Л., Моренко И. В., Серазетдинов Н. З. Обтекание кругового цилиндра вязкой жидкостью с примесями // Актуальные проблемы механики сплошной среды. К 20-летию ИММ КазНЦ РАН. Казань: Фолиант. Вып. 1. С. 176–197.
2. Чумаковой А. Т. Расчёт отрывных течений за плохо обтекаемым телом // 10-я между-нар. научно-техн. конф. ОМИП. 2008. Вып. 2. С. 32–37.
3. Сенницкий В. О. Поведение пульсирующего твердого тела в вязкой жидкости в отсутствие силы тяжести // ПМТФ. 1997. Вып. 4. С. 19–23.
4. Братухин Ю. К., Рыбкин К. А., Юдин Р. С. Хаотическая динамика дрейфа сферических тел в вязкой жидкости // Вестник Пермского университета. Серия: Физика. 2012. Вып. 4. С. 15–18.