

DOI: 10.24937/2542-2324-2020-3-393-97-102
УДК 532.52

И.В. Стецюк 
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

РАСЧЕТ СТРАТИФИЦИРОВАННОГО ТЕЧЕНИЯ ЗА ПОДВОДНЫМ ПРЕПЯТСТВИЕМ

Объект и цель научной работы. Цель работы – сопоставление вихревых процессов и распределения скалярного поля в жидкости при отрывном обтекании твердого тела. Объектом исследования является куб, расположенный на твердой поверхности.

Материалы и методы. Расчет произведен методом крупных вихрей.

Основные результаты. Приводятся результаты расчета стратифицированного течения за подводным препятствием при умеренных числах Рейнольдса. Показано, что при начальном малом градиенте плотности жидкости по вертикали происходит существенная перестройка скалярного поля плотности в результате натекания потока на препятствие. При этом наблюдается как совпадение в отдельных областях векторного и скалярного полей, так и независимость образованных структур в подветренной области от ориентации вихревых образований по полю скорости.

Заключение. Учет наличия плотностного градиента важен при проектировании выступающих частей морских технических подводных объектов и исследованиях потоков вблизи морских подводных природных объектов, таких как подводные горы, банки, т.к. формируемые плотностные структуры могут существенно влиять на развитие потоков вверх и вниз по течению.

Ключевые слова: стратификация, вихри, вязкая жидкость, подпорный вихрь, препятствие.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2020-3-393-97-102
UDC 532.52

I. Stetsyuk 
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

CALCULATION OF STRATIFIED FLOW BEHIND UNDERWATER OBSTACLE

Object and purpose of research. This study is intended to compare vortex processes and scalar field distribution in the separated flow around a solid body. Test object is a cube on a solid surface.

Materials and methods. The study was performed as per Large Eddy Simulation (LES) method.

Main results. This study gives calculation results for a stratified flow behind an underwater obstacle at moderate Reynolds numbers. It is shown that scalar density field of a water flow, having low density gradient, undergoes considerable changes as the flow encounters an obstacle. This process also features both coincidence of vector and scalar fields (in certain areas) and independence of the structures formed in the leeward area on the orientation of eddies with respect to the velocity field.

Conclusion. Density factor is an important factor in design of appendages for marine underwater objects, as well as in the flow studies of natural marine underwater features, like subsea rocks, banks, etc., because density patterns formed by them might have considerable effect upon both upstream and downstream flows.

Keywords: stratification, eddies, viscous fluid, horseshoe vortex, obstacle.

Author declares lack of the possible conflicts of interests.

Для цитирования: Стецюк И.В. Расчет стратифицированного течения за подводным препятствием. Труды Крыловского государственного научного центра. 2020; 3(393): 97–102.

For citations: Stetsyuk I. Calculation of stratified flow behind underwater obstacle. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2020; 3(393): 97–102 (in Russian).

Введение

Introduction

Одним из распространенных явлений в потоках движущихся сред является вихревое движение. Причины образования вихрей в природе, в технике могут быть различными: в частности, они формируются при отрывном обтекании тел. При наличии в среде неоднородного распределения скалярных физических полей вихревое движение будет вносить изменения в его структуру. Природная стратификация свойственна как воздушным, так и водным массам. Для океана неоднородность распределения плотности по глубине обуславливается главным образом солнечной радиацией, т.е. прогревом верхних слоев жидкости, и опресняющими стоками рек. Количественные характеристики этих процессов в первую очередь зависят от географического местоположения акватории и времени года. Целью настоящей работы является сопоставление вихревых процессов и распределения скалярного поля в жидкости при отрывном обтекании твердого тела. В качестве твердого тела в работе рассматривается куб, расположенный на твердой поверхности. Расчет произведен методом крупных вихрей [1, 2].

Постановка задачи

Formulation of task

Для описания течения вязкой стратифицированной жидкости используются осредненные по пространству уравнение неразрывности

$$\frac{\partial \langle u_i \rangle_\Delta}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

уравнение Навье – Стокса

$$\begin{aligned} \frac{\partial \langle u_i \rangle_\Delta}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \langle u_i \rangle_\Delta}{\partial x_j} = \\ = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \langle p \rangle_\Delta}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \nu \frac{\partial \langle u_i \rangle_\Delta}{\partial x_j} - \frac{\partial \tau_{ij}^{SGS}}{\partial x_j} + g_i \end{aligned} \quad (2)$$

и уравнение переноса безразмерной плотности морской среды

$$\frac{\partial \langle f \rangle_\Delta}{\partial t} + \langle u_j \rangle \frac{\partial \langle f \rangle_\Delta}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} D_S + \frac{\partial \langle f \rangle_\Delta}{\partial x_j} - \frac{\partial J_j^{SGS}}{\partial x_j}, \quad (3)$$

где $\langle \rangle$ – осреднение; u_i – компонента вектора скорости; p – давление; ν – кинематическая вязкость

жидкости; D_S – коэффициент диффузии; g_i – компонента вектора ускорения свободного падения; $\tau_{ij}^{SGS} = \tilde{u}_i \tilde{u}_j - \tilde{u}_i \tilde{u}_j$ – тензор подсеточных напряжений; $f = (\rho - \rho_{\min}) / (\rho_{\max} - \rho_{\min})$ – безразмерная плотность морской среды; ρ_{\min} – минимальная плотность жидкости; ρ_{\max} – максимальная плотность жидкости. Параметризация подсеточных напряжений и потоков скаляра осуществляется на основе модели добавочной вязкости Смагоринского

$$\tau_{ij}^{SGS} = -2\nu_{SGS} \langle S_{ij} \rangle_\Delta, \quad J_j^{SGS} = -\frac{\nu_{SGS}}{Sc_{SGS}} \frac{\partial \langle f \rangle_\Delta}{\partial x_j}, \quad (4)$$

где ν_{SGS} – подсеточная вязкость; Sc_{SGS} – подсеточное число Прандтля – Шмидта. Подсеточная вязкость ν_{SGS} находится согласно гипотезе длины пути смешения

$$\nu_{SGS} = (C_S \Delta)^2 |S|, \quad (5)$$

где C_S – константа Смагоринского; Δ – ширина фильтра; $|S| = \sqrt{2 \langle S_{ij} \rangle_\Delta \langle S_{ij} \rangle_\Delta}$ – характерная отфильтрованная скорость сдвига.

Для решения конкретной задачи система уравнений (1)–(3) дополняется начальными и краевыми условиями.

В начальный момент времени известны компоненты скорости

$$u_i(x_i, 0) = u_{0i}, \quad (6)$$

поле давления

$$p = p_0 = \text{const}, \quad (7)$$

где постоянная определяется из закона гидростатики $\text{const} = \rho gh$ и поля плотности.

На твердой стенке должно выполняться условие прилипания

$$u_i = 0 \quad (8)$$

и должен отсутствовать поток скаляра сквозь твердые стенки.

На входной границе должен быть определен вектор скорости

$$u_1(t) = u_{1in}; \quad u_2(t) = u_{2in}; \quad u_3(t) = u_{3in} \quad (9)$$

и задано поле плотности.

На выходной границе для выполнения условия постоянства расхода должна быть определена нормальная компонента скорости

$$u_1(t) = u_{1out}. \quad (10)$$

Результаты расчетов

Calculation results

Размер области, в которой производился расчет, составлял $L_d \times B_d \times H_d = 10 \times 7 \times 2$ м. Размер ребра куба – $H_c = 1$ м. Количество расчетных элементов сетки $N_e = 2746132$. Длина грани минимального элемента у твердой стенки $L_{\min} = 0,0125$ м. Плотность менялась линейно в пределах от $\rho_{\min} = 1028$ кг/м³ до $\rho_{\max} = 1028,32$ кг/м³, частота Вайсяля – Брента имела при этом постоянное значение и составляла $N = 0,04$ с⁻¹. Первый расчет был произведен при внутреннем числе Фруда $F = U/(NH_c) = 1,25$ и числе Рейнольдса $Re = (UH_c)/\nu = 4 \cdot 10^4$. Во втором случае внутреннее число Фруда составляло $Fi = U/(NH_c) = 29$, число Рейнольдса $Re = (UH_c)/\nu = 9 \cdot 10^5$. Результаты расчетов представлены в безразмерных координатах. Безразмерные геометрические размеры области $L_d/H_c \times B_d/H_c \times H_d/H_c$ здесь численно соответствуют выраженным в метрах.

На рис. 1 (см. вклейку) приведены картины вихреобразования в различных сечениях расчетной области в момент времени $St = 4,5$, полученные по результатам расчета. Здесь $St = (t \cdot U)/H_c$; t – время счета.

На рис. 1а можно видеть подпорный вихрь с наветренной стороны куба. Над верхней стенкой куба различимы два вихря, вращающиеся по часовой стрелке, за кубом формируется система из нескольких вихрей: подпорный вихрь, вращающийся против часовой стрелки, вихрь с поперечной осью вращения у верхней грани (рис. 1а) и два симметрично расположенных вихря с вертикальной осью вращения (рис. 1б). Структура вихрей на боковых гранях не является симметричной: в нижней полуплоскости они выделяются более отчетливо. Сопоставление рис. 1а и б свидетельствует о трехмерном характере вращающегося. Над верхней стенкой куба (рис. 1в) различается несимметричное растекание жидкости вихревого характера.

Экспериментально поле скорости вокруг куба было исследовано Н.Ж. Hussein, Р.Ж. Martinuzzi [3]. Измерение поля скорости течения вокруг куба проводилось с помощью лазерного доплеровского анемометра (ЛДА). Принцип действия ЛДА состоит в том, что к исследуемой точке газового потока направляются два лазерных сфокусированных пучка излучения и в области их пересечения формируется интерференция. Область интерференции образует объем, в котором происходит измерение – в нем частицы рассеивают излучение, попадающее на фо-

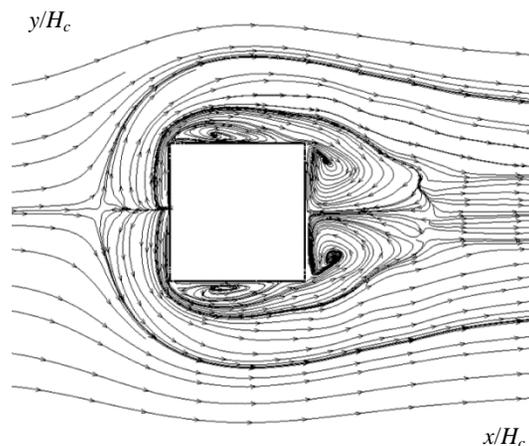


Рис. 2. Линии тока в плоскости $Z/H_c = 0,1$

Fig. 2. Streamlines in planes $Z/H_c = 0.1$

топриемник. Метод считается точным, суммарная погрешность скорости газового потока определяется погрешностью измерения доплеровской частоты. Высота канала, в котором проводились измерения, составляла 50 мм, высота куба – 25 мм.

По результатам расчетов, полученных в настоящей работе, и эксперимента [3] в плоскости симметрии различаются подпорный вихрь и вихрь за кубом. По расчетным результатам на верхней стенке идентифицируются два вихря, а также отмечается иная структура течения за кубом: воспроизводится малый вихрь с вращением против часовой стрелки, а замкнутая область рециркуляции имеет меньшие размеры, присутствует восходящий поток, предвещающий область восстановленного течения.

Наличие малого вихря с подветренной стороны препятствия схематично изображено в [4], где описана типовая структура течения вокруг двумерного здания: отмечается наличие вихревой области с наветренной стороны здания между уровнем земли и фронтальной стенкой и области рециркуляции, охватывающей зону под линией тока с точки ее срыва с препятствия до переприсоединения к поверхности земли. Наличие малого вихря за препятствием с вращением против часовой стрелки упоминается также в [5].

На рис. 2 представлены линии тока в плоскости $Z = 0,1$. Поле течения в этой плоскости характеризуется наличием пары вихрей за кубом и на боковых сторонах. Вследствие торможения потока о препятствие перед ним образуется вихревая зона. Эта зона является своего рода «буфером», сглаживающим взаимодействие куба, имеющего острые

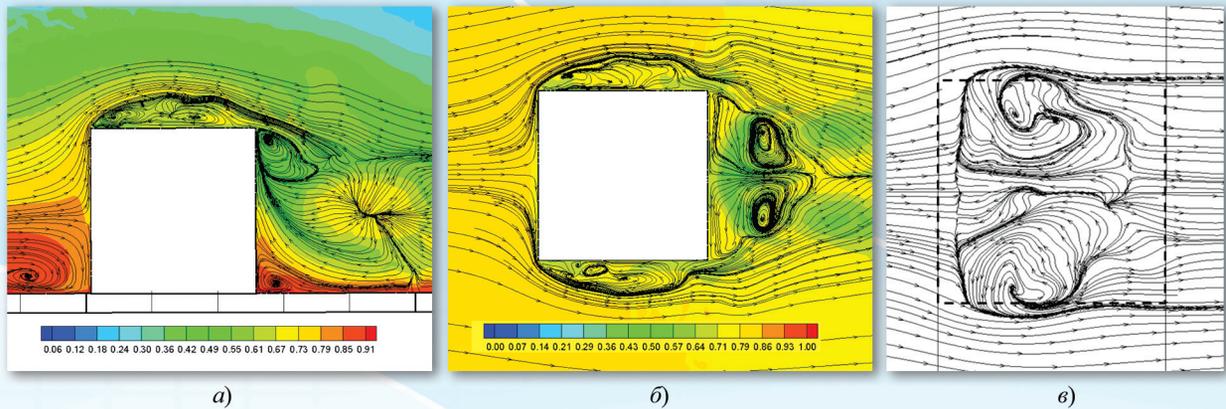


Рис. 1. Линии тока на фоне поля безразмерной плотности f в плоскостях: а) $Y/H_c = 0$; б) $Z/H_c = 0,5$; в) $Z/H_c = 1,05$ (края куба обозначены пунктиром)

Fig. 1. Streamlines of the field with non-dimensional density f in planes: а) $Y/H_c = 0$; б) $Z/H_c = 0.5$; в) $Z/H_c = 1.05$ (cube edges are shown with dashed lines)

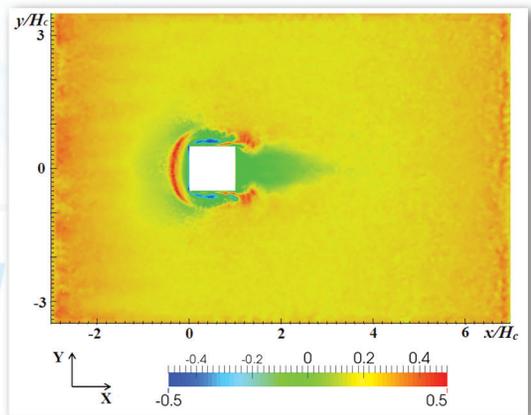


Рис. 3. Распределение поперечной компоненты ротора скорости $rot U_y$ в плоскости $Z/H_c = 0,1$

Fig. 3. Transverse component distribution of velocity rotor $rot U_y$ in plane $Z/H_c = 0.1$

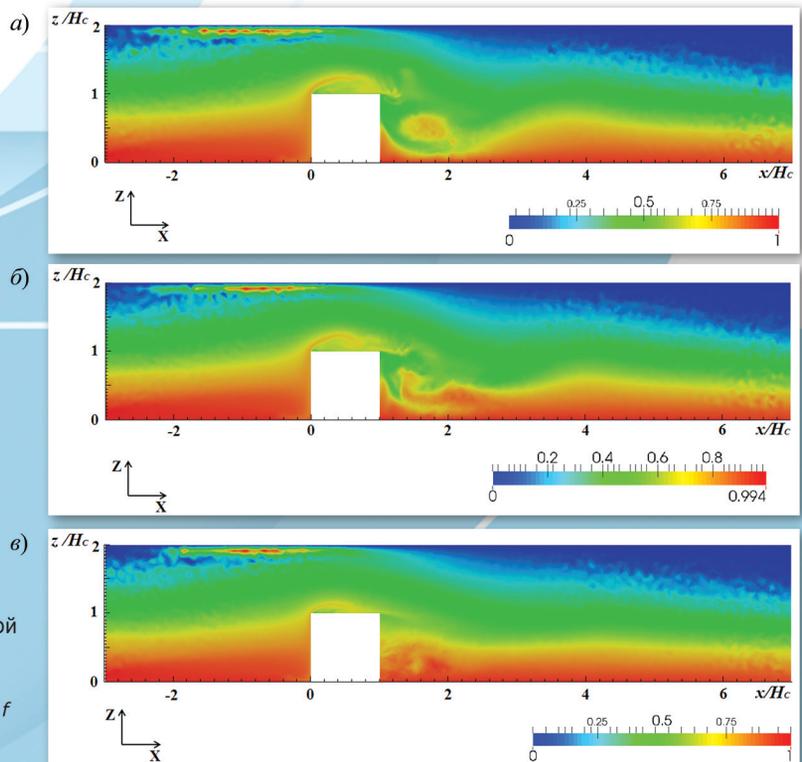


Рис. 4. Распределение поля безразмерной плотности f в плоскостях: а) $Y/H_c = 0$; б) $Y/H_c = 0,2$; в) $Y/H_c = 0,5$; $St = 4,5$

Fig. 4. Distribution of non-dimensional density f in planes: а) $Y/H_c = 0$; б) $Y/H_c = 0.2$; в) $Y/H_c = 0.5$; $St = 4.5$

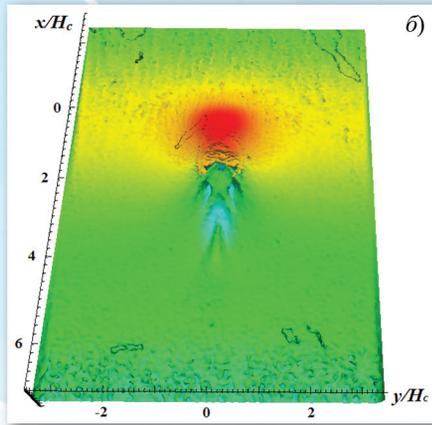
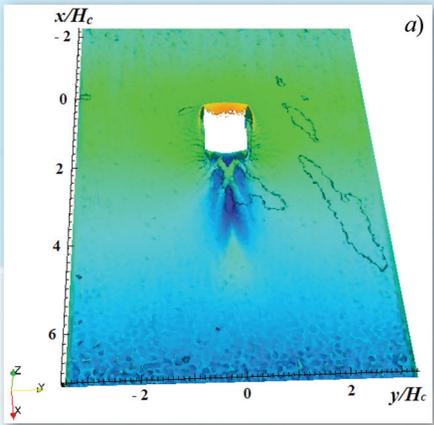


Рис. 5. Изоповерхность поля безразмерной плотности:
 а) $f = 0,7$ в диапазоне $0,2 < Z/H_c < 1,5$;
 б) $f = 0,6$ в диапазоне $0,14 < Z/H_c < 1,34$

Fig. 5. Isosurface of non-dimensional density field:
 a) $f = 0.7$ within the range of $0.2 < Z/H_c < 1.5$;
 b) $f = 0.6$ within the range of $0.14 < Z/H_c < 1.34$

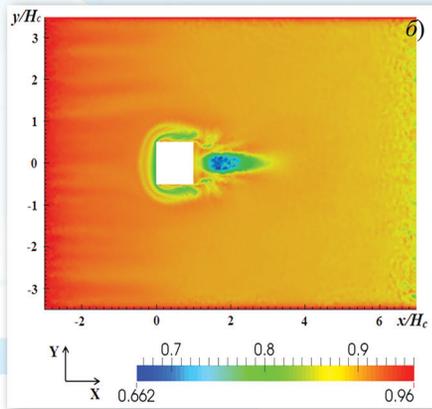
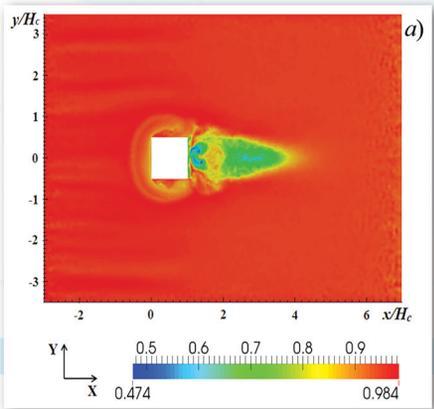
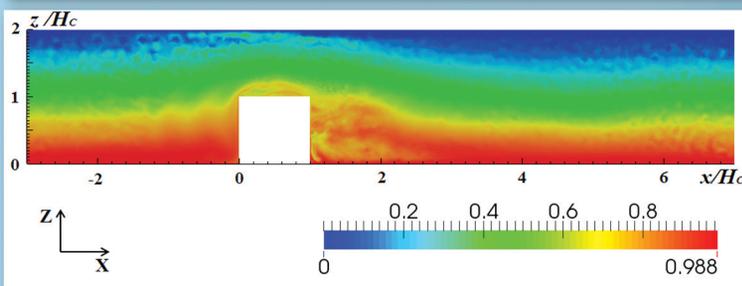
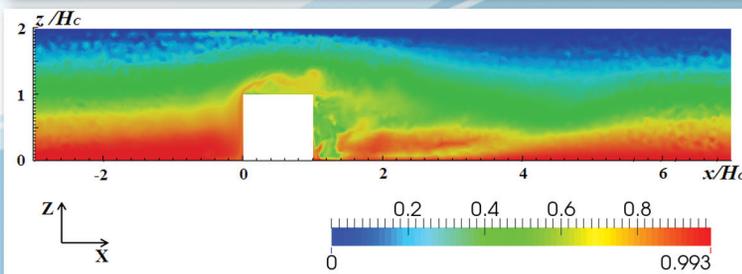
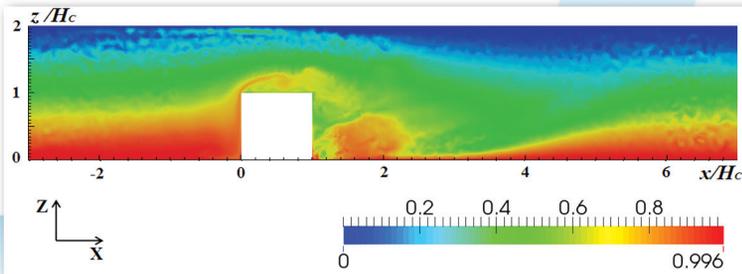


Рис. 7. Распределение безразмерной плотности f в плоскости $Z/H_c = 0,1$:
 а) $Fi = 29$ и $Re = 9 \cdot 10^5$;
 б) $Fi = 1,25$ и $Re = 4 \cdot 10^4$

Fig. 7. Distribution of non-dimensional density f in plane $Z/H_c = 0.1$:
 a) $Fi = 29$ and $Re = 9 \cdot 10^5$;
 b) $Fi = 1.25$ and $Re = 4 \cdot 10^4$



а)

б)

в)

Рис. 8. Распределение поля безразмерной плотности в плоскостях: а) $Y/H_c = 0$; б) $Y/H_c = 0,2$; в) $Y/H_c = 0,5$; $St = 4,5$

Fig. 8. Distribution of non-dimensional density f in planes: а) $Y/H_c = 0$; б) $Y/H_c = 0.2$; в) $Y/H_c = 0.5$; $St = 4.5$

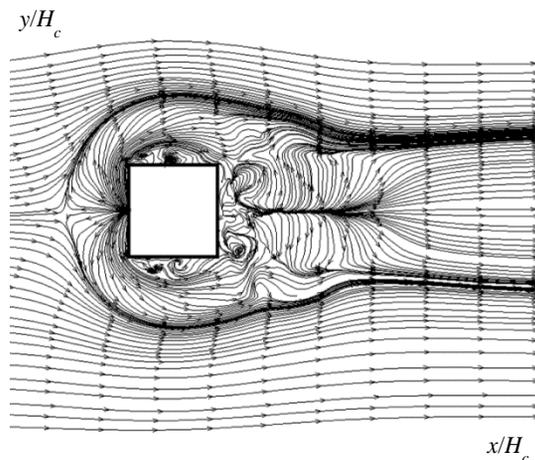


Рис. 6. Линии тока в плоскости $Z/H_c = 0,1$; $St = 4,5$
Fig. 6. Streamlines in plane $Z/H_c = 0,1$; $St = 4.5$

плохообтекаемые края, с набегающим потоком. Протяженность рециркуляционной области за кубом составляет единицу его длины, область «буферной» зоны спереди – половину длины куба.

Сглаживающий эффект вихревой области перед кубом можно также видеть на рис. 3 (см. вклейку). Распределение представленной на нем поперечной компоненты ротора скорости $rotU_y$ позволяет выделить зону повышенного вихреобразования перед препятствием, имеющую дугообразную форму.

На рис. 4а (см. вклейку) можно видеть отрывное течение плотностного поля от верхней передней грани куба и образование области эллиптической формы с подветренной стороны куба: в результате натекания на препятствие происходит подъем слоев жидкости, находящихся выше уровня подпорного вихря. За кубом эта жидкость опускается вниз и за счет завихренной структуры потока отрывается и переносится вниз по течению. В поперечном направлении область имеет небольшие размеры ($Y/H_c < 0,2$). Рис. 4в демонстрирует затухание возмущений в поперечном направлении к краям куба.

На рис. 5 (см. вклейку) представлены изоповерхности поля плотности. На рис. 5а можно видеть структуру диагонального креста в подветренной области, а на рис. 5б – изоповерхность более легкой жидкости. На нем четко идентифицируется область расположения куба: он образует волновой бугор сходственных геометрических размеров. За крестообразной структурой прослеживаются впадины расходящейся внутренней волны.

При увеличенной скорости набегающего потока ($Fi = U/(NH_c) = 29$; $Re = (UH_c)/\nu = 9 \cdot 10^5$) можно видеть качественно иную структуру течения вокруг

препятствия в плоскости $Z/H_c = 0,1$ (рис. 6). «Буферная» зона перед кубом имеет длину $0,75H_c$ и такого же размера ширину по сторонам от препятствия. За кубом в этом случае отсутствуют вихри правильной формы: течение менее упорядочено. По боковым сторонам структура течения имеет ту же тенденцию к нарушению упорядоченности. Расстояние за кубом, на котором течение «восстанавливается», при $Re = 9 \cdot 10^5$ в два раза больше, чем при $Re = 4 \cdot 10^4$, и составляет $2H_c$.

При увеличении скорости потока в распределении поля плотности вблизи дна ($Z/H_c = 0,1$, рис. 7а, см. вклейку) можно наблюдать более значительную по ширине и длине область за объектом, чем при меньшей скорости (рис. 7б). Непосредственно за кубом визуализируется область С-образной формы, образованная в результате перемешивания жидкости. На рис. 8 (см. вклейку) представлено распределение безразмерной плотности в нескольких сечениях вертикальной плоскостью. Наибольшая трансформация плотностного поля происходит в центральной части течения. Возмущения над кубом отмечаются до $Z/H_c < 1,4$. По сравнению с предыдущим расчетом перемешанная область за кубом имеет больший вертикальный размер – до $Z/H_c < 1$.

Заключение

Conclusion

Основные выводы, которые можно сделать по результатам выполнения расчета обтекания куба стратифицированной жидкостью, состоят в следующем. Течение вокруг куба характеризуется наличием «буферной» вихревой зоны перед препятствием, включающей подпорный и подковообразный вихри, боковыми вихрями, рециркуляционной областью за кубом, содержащей малый подпорный вихрь. Сопоставление с результатами экспериментов и расчетов, проведенных другими авторами, показывает совпадение по воспроизводимым структурам. Отличия наблюдаются в размере и форме рециркуляционной области: по результатам [6] можно сделать заключение о том, что максимальная линейная протяженность нижней границы рециркуляционной области по модели $k-\epsilon$ турбулентности составляет $2H_{cub}$, по RNG-модели – $2H_{cub}$, по модели KATO-L – $2,5H_{cub}$, по модели TWO-L – $\sim 2,5H_{cub}$, по LES-S – $1,5H_{cub}$, по LES-D – $< 1,5H_{cub}$. Согласно экспериментальным результатам [3], максимальная линейная протяженность нижней границы рециркуляционной области составляет $1,5H_{cub}$. Таким образом, наиболее близкими к эксперимен-

тальным данным [3] являются результаты [6], полученные по LES-моделям. В настоящей работе максимальная линейная протяженность нижней границы рециркуляционной области составляет $1H_{cub}$, в то же время сама область имеет иную структуру: в [3] и по моделям $k-\epsilon$, RNG, KATO-L, TWO-L в [6] рециркуляционная область характеризуется одним большим вихрем; в настоящей работе, по LES-моделям в [6, 7] в нижней части рециркуляционной области у стенки куба присутствует малый вихрь. Его воспроизведение нельзя считать недостатком: упоминание о нем присутствует в монографиях [4, 5]. Отсутствие малого вихря по результатам визуализации течения в эксперименте [3] можно предположительно объяснить малыми размерами самого препятствия: высота куба составляла 2,5 см. Общий вид области рециркуляции в плоскости симметрии, полученный в данном расчете, наиболее близок к представленному в [7]: основное направление потока здесь восстанавливается по высоте границы рециркуляционной области, а вихрь средних размеров располагается в верхней части. Ее горизонтальная протяженность в [7] составляет $2H_{cub}$.

Подпорный вихрь имеет схожий вертикальный размер по результатам всех моделей в [6], совпадающий с результатом данной работы. Горизонтальная протяженность вихря в [6] различна – минимальна по RNG-модели и максимальна по LES-D-модели. В данном расчете получается, что нулевая линия тока располагается на расстоянии $\sim 0,5H_{cub}$ перед кубом. Такой же результат получен по $k-\epsilon$, RNG и KATO-L в [6]. Экспериментальные результаты [3] демонстрируют меньший вертикальный размер подпорного вихря и большее отстояние нулевой линии тока от препятствия.

Таким образом, результаты проведенных расчетов показали удовлетворительную согласованность в воспроизведении вихревых областей при обтекании препятствия кубической формы с результатами, полученными другими авторами.

Наличие начального малого градиента плотности жидкости по вертикали демонстрирует существенную перестройку скалярного поля плотности в результате натекания потока на препятствие. При этом наблюдается как совпадение в отдельных областях векторного и скалярного полей, так и независимость образованных структур в виде диагонального креста в подветренной области и расходящейся вниз по потоку внутренней волны от ориентации вихревых образований по полю скорости.

Учет наличия плотностного градиента важен при проектировании выступающих частей морских

технических подводных объектов и исследованиях потоков вблизи морских подводных природных объектов, таких как подводные горы и банки, т.к. формируемые плотностные структуры могут значительно влиять на развитие потоков вверх и вниз по течению.

Библиографический список

1. *Стецюк И.В., Ткаченко И.В.* Численное моделирование внутренних волн в вязкой жидкости, ограниченной свободной поверхностью // Труды Крыловского государственного научного центра. 2015. № 90(374). С. 195–202.
2. *Стецюк И.В.* Развитие стратифицированного течения за сферой, обтекаемой вязкой жидкостью при наличии внутреннего или поверхностного волнения // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Физико-математические науки. 2015. № 3(225). С. 115–123.
3. *Hussein H.J., Martinuzzi R.J.* Energy balance for turbulent flow around a surface mounted cube placed in a channel // Physics of Fluids. 1996. V. 8(3). P. 764–780.
4. *Arya S.P.* Introduction to Micrometeorology // Academic Press. 1988. 307 p.
5. *Ларичкин В.В.* Аэродинамика цилиндрических тел и некоторые инженерные задачи экологии. Новосибирск: НГТУ, 2006. 303 с.
6. *Breuer M., Lakehal D., Rodi W.* Flow around a surface mounted cubical obstacle: comparison of LES and RANS results // Notes on Numerical Fluid Mechanics. 1996. V. 53. P. 22–30.
7. *Nigro N., Filippini G., Franck G., Storti M., D'Elia J.* Flow around a sharp-edged surface-mounted cube by large eddy simulation // Mecanica Computational. 2005. V. 24. P. 1299–1318.

References

1. *I. Stetsyuk, I. Tkachenko.* Numerical simulation of internal waves in viscous fluid constrained by free surface // Transactions of the Krylov State Research Centre. 2015. No. 90(374). P. 195–202 (*in Russian*).
2. *I. Stetsyuk.* The development of a stratified flow following over a sphere inside the viscous fluid in the presence of internal or surface waves // St. Petersburg State Polytechnical University Journal. Physics & Mathematics. 2015. No. 3(225). P. 115–123 (*in Russian*).
3. *H.J. Hussein, R.J. Martinuzzi.* Energy balance for turbulent flow around a surface mounted cube placed in a channel // Physics of Fluids. 1996. V. 8(3). P. 764–780.

4. *S.P. Arya*. Introduction to Micrometeorology // Academic Press. 1988. 307 p.
5. *V. Larichkin*. Aerodynamics of cylindrical bodies and certain engineering applications of ecology. Novosibirsk: NSTU, 2006. 303 p. (*in Russian*).
6. *M. Breuer, D. Lakehal, W. Rodi*. Flow around a surface mounted cubical obstacle: comparison of LES and RANS results // Notes on Numerical Fluid Mechanics. 1996. V. 53. P. 22–30.
7. *N. Nigro, G. Filippini, G. Franck, M. Storti, J. D'Elia*. Flow around a sharp-edged surface-mounted cube by large eddy simulation // Mecanica Computational. 2005. V. 24. P. 1299–1318.

Сведения об авторе

Стецюк Ирина Васильевна, научный сотрудник ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-46-19. E-mail: I_Stecyuk@ksrc.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7526-2521>.

About the author

Irina V. Stetsyuk, Researcher, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-46-19. E-mail: I_Stecyuk@ksrc.ru. <https://orcid.org/0000-0001-7526-2521>.

Поступила / Received: 12.03.20
Принята в печать / Accepted: 21.08.20
© Стецюк И.В., 2020