



УДК 556.04

Зотова Наталья Евгеньевна, магистрант 2-ого курса направления подготовки «Кораблестроение, океанотехника и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Логвинов Алексей Владимирович, магистрант 2-ого курса направления подготовки «Кораблестроение, океанотехника и защита окружающей среды» ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

ИЗУЧЕНИЕ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ ОКОЛО КОРПУСОВ НЕФТЕНАЛИВНЫХ СУДОВ

Ключевые слова: счал судов, поле скоростей, математическое моделирование, опытовый бассейн, численные методы.

Аннотация

Представлены некоторые результаты экспериментов, в том числе модельных буксировочных испытаний по исследованию полей скоростей в кильватерном следе корпусов судов в счале. Проведены расчёты поля скоростей с помощью численного моделирования в программе FineMarine и представлены поля скоростей в виде линий тока около счала. Сделаны выводы о возможности использования данной программы в дальнейшем при расчёте и иных случаях с другими корпусами.

Информация о поле скоростей в кормовой части счала судов необходима для определения характеристик оборудования по предупреждению и ликвидации разливов нефти, в условиях рек со сложными неустановившимися течениями и в кильватерных следах судов на ограниченном фарватере, находящихся в счале, при проведении потенциально опасной операции бункеровки судна. Кроме того, такая информация может быть использована для уточнения гидродинамических характеристик толкаемых составов. С точки зрения гидродинамики, потоки возникающие в результате смешения имеют сложную структуру, т.к. происходит смешение ламинарных и турбулентных потоков с различной формой линий тока.

Целью настоящей работы является поиск закономерностей течения и возможностей предсказания линии течения нефтепродуктов на поверхности водоёма для более быстрой ликвидации разлива при помощи численных методов.

Ранее [1-3] были проведены модельные исследования обтекания счала корпусов бункеровщика и нефтеналивной баржи с использованием имитатора нефтепродукта в опытовом бассейне. С помощью акустического доплеровского velocиметра AVD (Sontec 16 MHz Acoustic Doppler Velosimeter) получены значения компонент скоростей в потоках в кормовой части счалов судов различных форм и типов. на рис. 1. Наглядное распределение имитаторов нефтепродуктов при разных скоростях показано на рис. 2.

Результаты экспериментов [1-3] показали, что влияние геометрии счала (расстояния между судами и продольное смещение, форма корпуса) сильнее всего оказывает влияние на поперечную компоненту поля скорости обтекания.

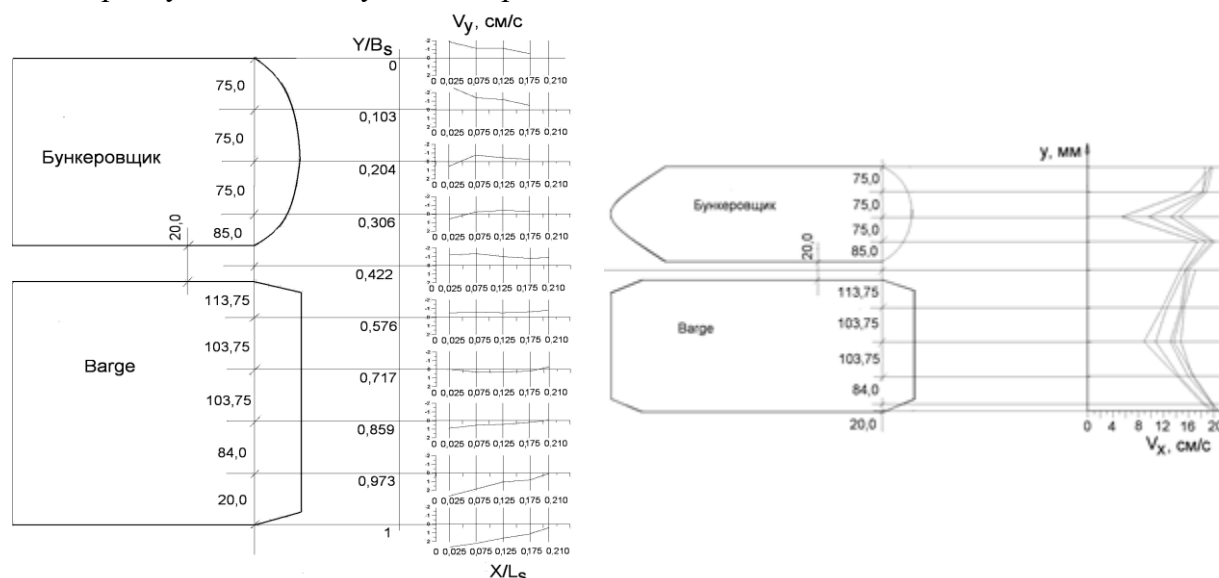


Рис. 1. Изменение составляющих скорости для счала баржи и бункеровщика

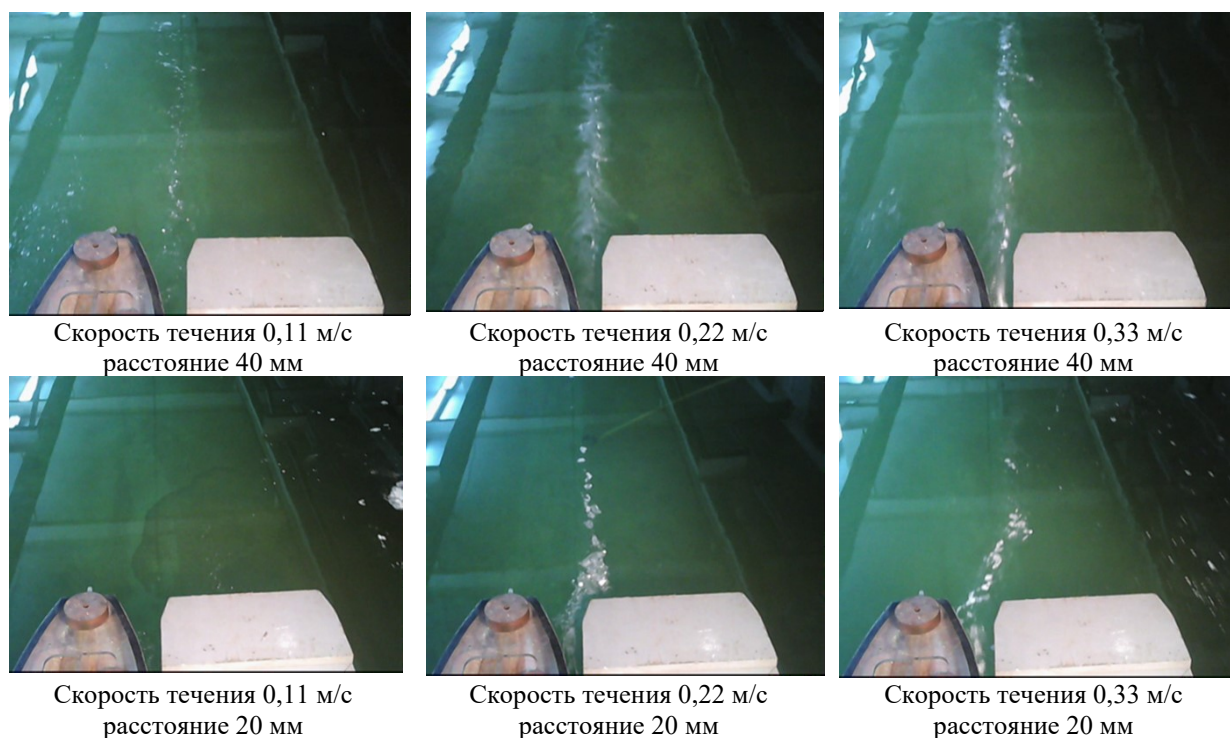


Рис. 2. Распределение имитатора загрязнителя в кормовой части счала при изменении скорости течения и межбортового расстояния $B_{мб}$ [3]

В то же время ввиду большого разнообразия форм и размеров корпусов судов проводить модельные и натурные исследования для всех вариантов счалов достаточно трудоемко. Выходом может быть использование численного моделирования на основе программных пакетов вычислительной гидродинамики (CFD).

С помощью программы NUMECA/FineMarine было выполнено численное моделирование потоков в кормовой части счала, состоящего из бункеровщика и нефтеналивной баржи для сравнения полей скорости с полученными ранее [3]. Использовалась твердотельная геометрия судов в масштабе 1:50. Расстояние между судами составляло 0,02 и 0,04 м, что соответствует 1 и 2 м в натуральных условиях.

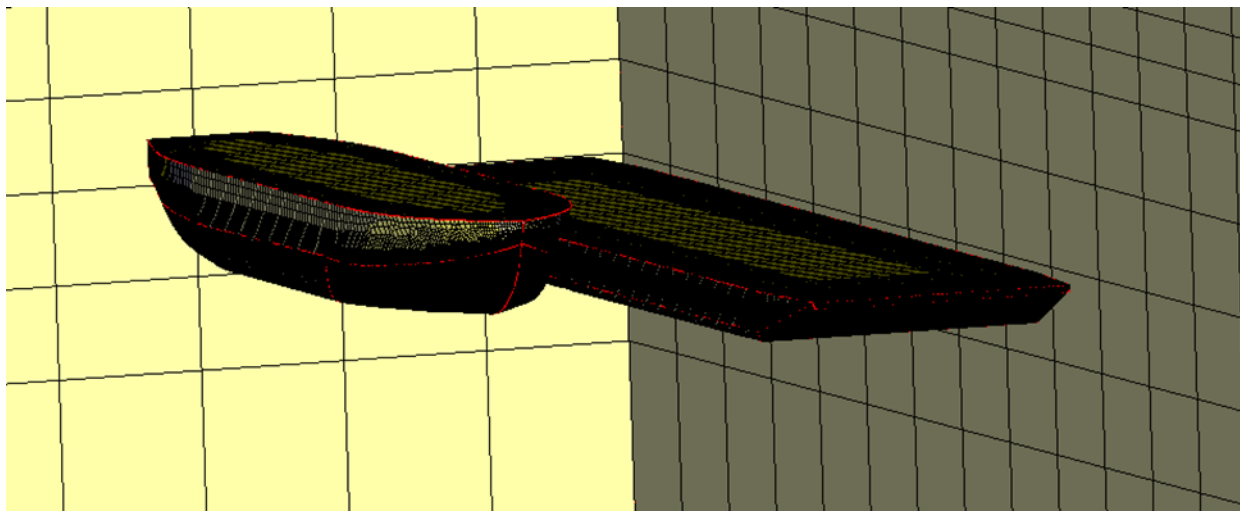


Рис. 3. Вид твердотельной геометрии и сетки на поверхности моделей судов.

Размеры расчетного домена выбирались с учетом рекомендаций NUMECA для случая моделирования потоков со свободной поверхностью при малых числах Фруда. Моделирование выполнялось в диапазоне скоростей 0,11 – 0,33 м/с (0,5 – 1,5 м/с натурального потока).

Для моделирования были построены две сетки различной плотности 2665117 ячеек и 3665135. Основной проблемой при моделировании смешения потоков с различными режимами движения является выбор модели турбулентности, т.к. однозначные рекомендации для таких случаев отсутствуют. Было выполнено специальное исследование влияния моделей турбулентности на результаты моделирования. В качестве интегрального показателя для исследования сходимости использовалась сила сопротивления R_x счала судов при различных заданных моделях турбулентности: $k-\omega$ SST, DES SST, $k-\epsilon$. Для проверки адекватности моделирования ранее были буксировочные испытания в опытовом бассейне ВГУВТ в результате которых было определено сопротивление модели счала судов (рис. 4).

Однако в данном случае судить о сходимости только по интегральным показателям нельзя, поэтому в FineMarine были определены значения проекций векторов полей скоростей в 60-ти точках за корпусами судов в счале (рис. 4). Линии тока течения на поверхности жидкости при разных скоростях и на разных сетках представлены на рис. 6.

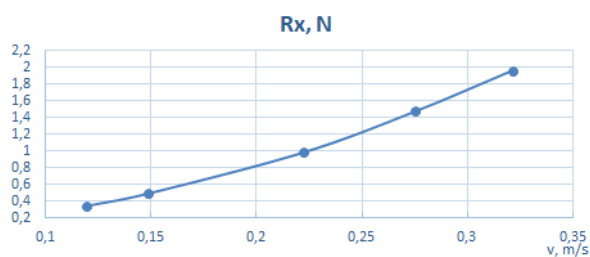


Рис. 4. Кривая сопротивления для модели счала судов

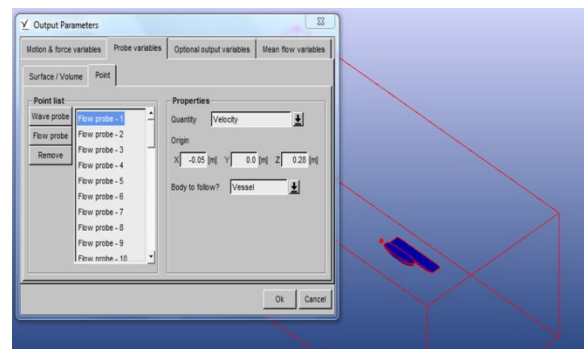


Рис. 5. Задание сетки точек для определения компонентов векторов поля скоростей

Полученные данные позволяют сделать вывод, что изменение скорости потока и расстояния между корпусами судов в счале существенным образом влияют на характер течения в спутной струе за корпусами судов. В результате численного моделирования было получено, что при скоростях около 0,11 наилучшее схождение дает $k-\epsilon$ модель турбулентности, а при 0,33 - DES SST. В то же время анализ результатов показывает, что для использования модели DES SST необходимо увеличить плотность сетки. При этом

численное моделирование дает удовлетворительные результаты по сравнению с экспериментом, что позволяет в дальнейшем использовать FineMarine для получения полей скорости, а разработанные сетки с учетом моделей турбулентности могут быть использованы в других CFD программах для моделирования многофазного потока.

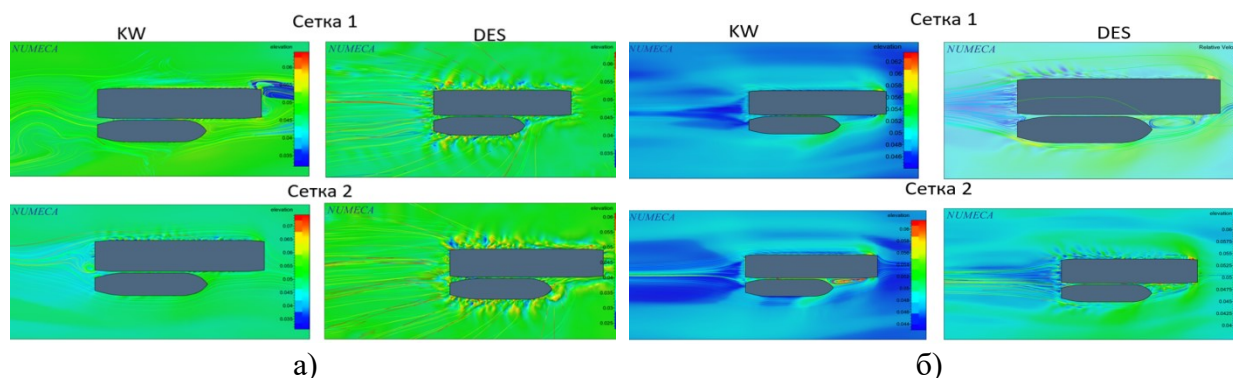


Рис. 6. Пример линий тока на поверхности жидкости в программе FineMarine при скорости а) 0,22 м/с и б) 0,33 м/с.

Список литературы:

- [1] Исследование особенностей динамики разливов нефти в кильватерном следе за счаленными судами / Е.Ю. Чебан, М.В. Игонина, И.А. Капустин, А.А. Мольков // Вестник ВГАВТ. Выпуск 48. 2016. С. 152-162.
- [2] Моделирование процесса растекания нефти при выполнении судами в счалах погрузо-разгрузочных операций (ПРО) / Чебан Е.Ю., Капустин И.А., Мольков А.А., Игонина М.В. // Речной транспорт (XXI век). 2015. - № 5 (76) - с.42-47.
- [3] Экспериментальное исследование растекания нефтепродуктов в кильватерных следах судов в счале Чебан Е.Ю., Капустин И.А., Мольков А.А., Игонина М.В. *Фундаментальная и прикладная гидрофизика*. 2016. Т. 9. № 3. С. 57-65.

STUDY OF THE HYDRODYNAMICS OF STREAMS NEAR HULLS OF OIL-CARRYING VESSELS

Zotova, N. E., Logvinov A. V.
willgelmena@yandex.ru

Key words: side-by-side mooring vessels, velocity field, mathematical simulation, experimental tank, numerical methods.

Annotation

Some results of experiments, including model towing tests for the study of velocity fields in the wake of side-by-side mooring vessels, are given. Calculations of the velocity field were performed using numerical simulation in the FineMarine program and the velocity fields were presented as current lines near the mooring vessels. Conclusions about the possibility of using this program in the future when calculating other cases with other hulls are made.