

П'ята міжнародна науково-практична конференція

КОМП'ЮТЕРНА ГІДРОМЕХАНІКА

**Інститут гідромеханіки
Національної академії наук України**

29-30 вересня 2016р.

Київ 2016

Комп'ютерна гідромеханіка: П'ята міжнародна науково-практична конференція; 29-30 вересня 2016 р., Київ: ІГМ НАНУ, 2016. – 78 с.

Голова організаційного комітету:

акад. НАНУ В.Т.Грінченко (ІГМ НАНУ)

Заступник Голови організаційного комітету

чл.-кор. НАНУ Г.О.Воропаєв (ІГМ НАНУ)

Члени програмного комітету:

чл.-кор. НАНУ В.І.Нікішов (ІГМ НАНУ)

чл.-кор. НАНУ В.І.Тимошенко (ІГМ НАНУ)

чл.-кор. НАНУ О.М.Тимоха (ІМ НАНУ)

проф. О.А.Приходько (ДНУ)

д.т.н. Є.О.Шквар (НТУУ КПІ)

д.ф.-м.н. О.А.Гуржій (НТУУ КПІ)

к.ф.-м.н. Н.Ф.Димитрієва (РМВ відд.мех. НАНУ)

Вчений секретар:

к.ф.-м.н. Н.В.Розумнюк (ІГМ НАНУ)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ НА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.А. Гуржий, Е.И. Никифорович, О.И. Кордас, Д.И. Черный
Национальный технический университет Украины “КПИ”, г.Киев, Украина
Институт гидромеханики НАН Украины, г.Киев, Украина
Королевский технологический институт КТН, г.Стокгольм, Швеция
Киевский национальный университет им. Тараса Шевченко, г.Киев, Украина

В докладе рассматривается двухмерная задача моделирования распространения загрязнения под действием глобальных течений и ветровой нагрузки на морской поверхности со сложной геометрией береговой линии и системы островов в приближении идеальной и несжимаемой жидкости.

Поставленная задача решается в два этапа. Сначала определяется поле скорости, которое развивается на морской поверхности при заданных начальных и граничных условиях. Второй этап заключается в определении эволюции загрязнения, представленной в виде набора пассивных жидких частиц, в поле скорости, найденном на первом этапе.

Обезразмеренная гидродинамическая задача решена методом дискретных особенностей, адаптированным к задачам адвекции жидкости [1]. Метод включает в себя дискретизацию береговой линии путем размещения системы точек коллокаций на береговые линии рассматриваемого течения и системы фиксированных точечных вихрей, смещенных внутрь континента или островов. Равенство функций тока на каждой береговой линии позволяет сформировать систему линейных алгебраических уравнений для интенсивности фиксированных точечных вихрей, суммарный вклад которых используется для определения распределения поля скорости в произвольной точке расчетной области течения.

Ветровая нагрузка моделируется с помощью системы вихревых вихрей над поверхностью моря. Интенсивность и ориентация вихревых вихрей используется для коррекции поля скорости под действием нестационарной ветровой нагрузки на морской поверхности.

Пассивная частица жидкости движется со скоростью, равной потоку $\mathbf{U}(\mathbf{x},t)$ в точке, в которой находится частица. Равенство скорости частицы и скорости внешнего потока приводит к системе обыкновенных дифференциальных уравнений, называемой уравнением адвекции [2]

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{U}(\mathbf{x},t), \quad \mathbf{x}(0) = \mathbf{x}_0. \quad (1)$$

Форма области загрязнения описывается системой жидких частиц (пассивные маркеры), соединение которых формирует границы загрязнения. Движение маркеров описывает эволюцию загрязнения на поверхности моря. Выделение гладких отрезков границы загрязнения, позволяет организовать процедуру добавления системы маркеров в сильно удлиненные сегменты границ в зависимости от количества маркеров, образующих такие сегменты. При необходимости применяется процедура уменьшения общего количества маркеров, используемых при вычислениях.

В качестве тестового примера в докладе используются данные [3], полученные после столкновения китайский сухогруза Fu Shan Hai и кипрского контейнеровоза Gdynia (31 мая 2003 года) около о.Борнхольм в Балтийском море (рис.1). Около 1200 тонн нефти и топлива пролилась на морскую поверхность. Столкновение произошло в ясную погоду, был северо-западный ветер 6 м/сек. Наблюдения показали, что поверхностное загрязнение достигло побережья Швеции в течение трех дней из-за умеренного западного ветра.

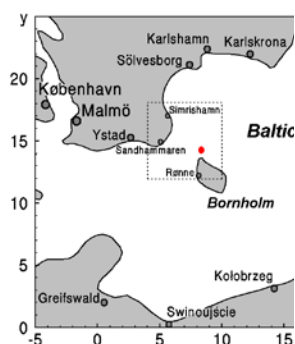


Рис.1. Юго-западная часть Балтийского моря (место аварии – точка к северу от о.Бронхольм)

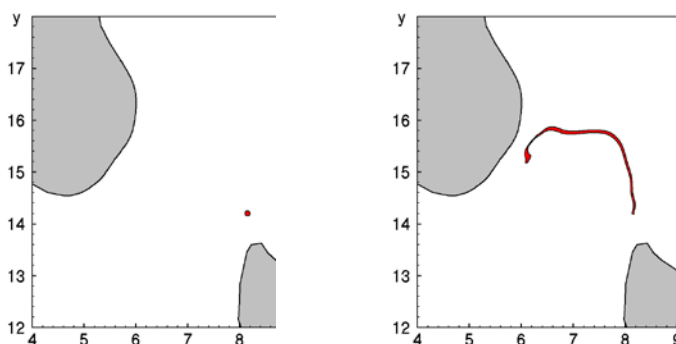


Рис.2. Начальная стадия смещения загрязнения: а) $t = 0.0$, б) $t = 20.0$

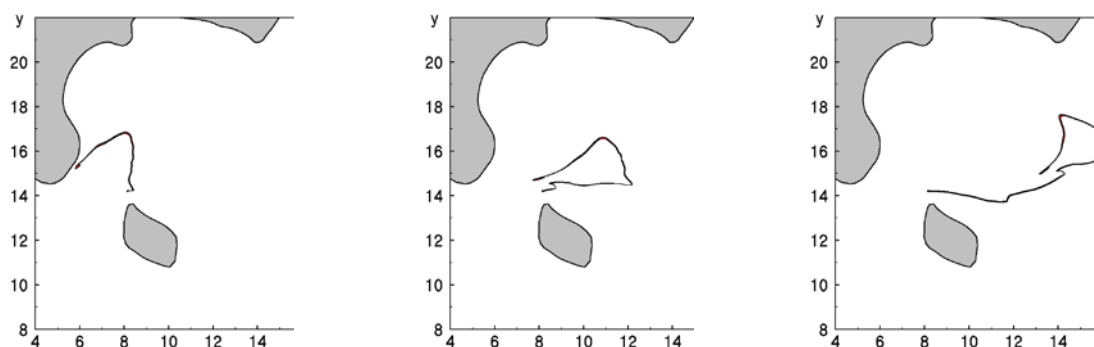


Рис.3. Распространения загрязнения на морской поверхности: а) $t = 33.0$, б) $t = 46.0$, в) $t = 100.0$

На рис.2 и рис.3 представлены результаты численного моделирования переноса загрязнения на поверхности Балтийского моря. Начальное положение загрязнения показано на рис.2,а. Последующее усиление ветра до умеренного вызвало движение загрязнения двигаться в сторону побережья Швеции. Рис.2,б иллюстрирует положение загрязнения поверхности в момент $t = 20,0$ (3 июня, 6h00).

Затем атмосферный циклон над Балтийским морем усилил ветер и изменил свое направление на северо-восточный. Загрязнение начало смещаться на северо-восток, но часть загрязнения продолжало свое движение вдоль побережья Швеции, $t = 33,0$ (4 июня, 21h00). Дальнейшее усиление ветра в восточном направлении привело к удалению загрязнения от побережья Швеции в направлении северной части о.Борнхольм (рис.3,б). На рис.3,в показано положение загрязнения при $t = 100.0$ (13 июня, 0h00). Можно видеть, что загрязнение поверхности, покрытой обширную область в северо-восточной части Балтийского моря по отношению к о.Борнхольм.

Результаты моделирования согласуются с фактическими наблюдениями за нефтяным пятном, сообщенными в мировой литературе [3]. Распространение разлива нефти на поверхности моря численное моделировалось на персональном компьютере.

Литература

1. Гуржий А.А., Черный Д.И. Адаптированный метод дискретных особенностей к задаче адвекции пассивной примеси морскими течениями // Прикладная гидромеханика. – 2009. – Т.11, N2. – с.30-39.
2. Ottino J.M. *The Kinematics of mixing: stretching, chaos and transport*, Cambridge University Press, 1989.
3. Christiansen B.M. *3D Oil drift and fate forecast at DMI*. Technical Report No.03-36. Danish Meteorological Institute, Denmark. 2003.