

- [4] Этин В.Л., Лукина Е.А., Битков Д.А. «Постановка задачи оценки допустимой скорости большегрузных накатных судов катамаранного типа»./ 12-ый междунар. научно-промышленный форум «Великие реки-2010»:Труды конгресса. Т.2. Н. Новгород, Нижегород. госуд. архит.-строит. ун-т - Н. Новгород: НГАСУ, 2011. – С. 276-278.
- [5] Лукина Е.А., Битков Д.А. Оценка допустимой высоты волны от большегрузных накатных судов катамаранного типа при эксплуатации в Волжско-Камском бассейне
- [6] Многокорпусные суда / А.Н. Алексеев [и др.]; под ред. В.А. Дубровского. – Л.: Судостроение, 1978. – 304 с.
- [7] Алферьев М.Я. Транспортные катамараны внутреннего плавания / М.Я. Алферьев, Г.С. Мадорский. – М.: Транспорт, 1976. – 336 с.
- [8] Волновое сопротивление для высокоскоростных катамаранов : пер. с англ. / Г. Морас, Д. Васконселлос, Л. Латорре. [электронный ресурс]. / Государственный университет Рио-де-Жанейро, Бразилия; Нью-Орлеанский университет, США, 2004. – Режим доступа : <http://www/sciencedirect.com>, свободный.
- [9] Численное моделирование эффектов взаимодействия для высокоскоростного катамарана: пер. с англ. / Риккардо Броглиа, Стефано Цаги, Андреа Ди Машо. [электронный ресурс]. / Национальный военно-морской исследовательский кораблестроительный институт, Рим, Италия, 2011. – Режим доступа : <http://www/sciencedirect.com>, свободный.

В.С. Наумов, А.Е. Пластинин, А.Н. Каленков
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОЦЕНКА НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОТ ПОДВОДНЫХ ИСТОЧНИКОВ В ЛЕДОВЫХ УСЛОВИЯХ

К подводным источникам нефтяного загрязнения (ПИНЗ) на море и внутренних водных путях (ВВП) относятся: 1) затопленные в результате транспортных происшествий суда, либо плавсредства, получившие значительные повреждения ниже ватерлинии в районе грузовых танков или топливных цистерн, но остающиеся на плаву (в т.ч. челночные танкеры, суда обеспечения, а также танкеры для хранения и отгрузки нефти); 2) магистральные нефтепроводы; 3) морская техника для освоения углеводородных ресурсов на континентальном шельфе (буровые суда, установки и платформы) [1].

Активное освоение континентального шельфа, где добывается по разным оценкам около 35% от общемирового объема добычи жидких углеводородов и более 21% добычи газообразных углеводородов сопровождается опасным повышением частоты разливов нефти от ПИНЗ [2]. С увеличением объёмов добычи нефти растёт количество судов танкерного флота, протяженность магистральных нефтепроводов, специализированных грузовых комплексов и нефтяных терминалов.

Новизна работы заключается в разработке оригинальной регрессионной модели прогноза подводного движения разлива нефти, которая позволяет выполнять оценку параметров области всплытия нефти (ОВН) в ледовых условиях с одновременным учетом процессов растекания и перемещения под действием глубинных течений.

Существует несколько методов исследования процессов распространения нефти в водной среде:

1. Натурный эксперимент.
2. Модельные эксперименты в опытовых бассейнах.
3. Эксперименты на виртуальных стендах. (использование компьютерных программ Fluent [3], STAR-CD, FlowVision [4] и др.).

Каждый из методов имеет свои достоинства и недостатки. В работе моделирование проводится в среде программы «FlowVision» российской фирмы «Тесис», которая позволяет решать задачи трехмерного течения двухфазной жидкости. Основой про-

граммы является численное решение уравнений движения вязкой жидкости Навье-Стокса и уравнений конвективно-диффузионного переноса в частных производных в неупрощенном виде.

Все факторы, влияющие на параметры ОВН в ледовых условиях можно разделить на три группы – вид и объём нефтепродукта, факторы среды (гидрометеорологические факторы) и географические факторы.

Анализ этих факторов показал, что для количественной оценки параметров ОВН, достаточно учесть четыре наиболее значимых фактора: тип нефтепродукта, объём нефтепродукта, скорость течения, глубина водоёма.

В данном случае количественную оценку необходимо проводить на основе факторно-регрессионного анализа с использованием массива статистики, который можно получить в результате моделирования всплытия нефтепродуктов в ледовых условиях. Динамика всплытия нефти в ледовых условиях представлена на рис. 1–3.

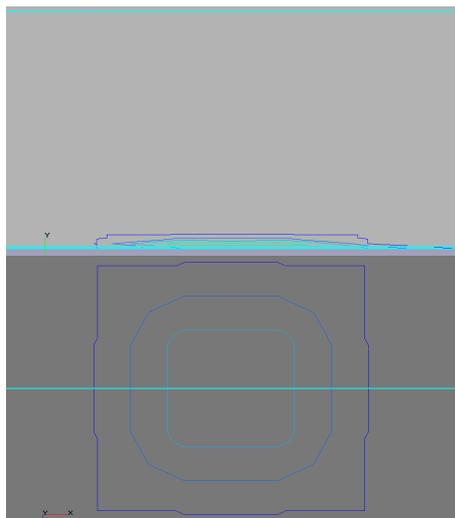


Рис. 1. Положение нефтяного пятна в момент разлива.
а) вертикальный разрез. б) вид сверху.

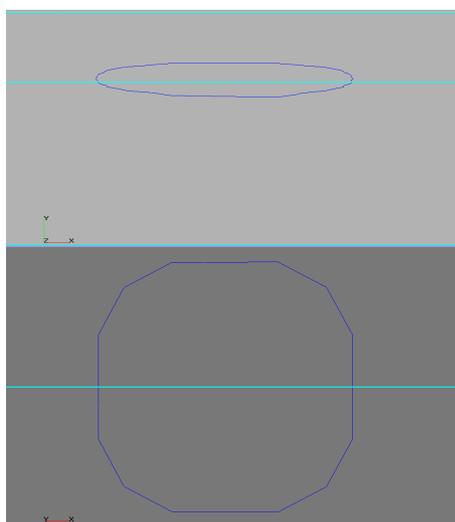


Рис. 2. Положение нефтяного пятна в момент времени t после разлива.
а) вертикальный разрез. б) вид сверху.

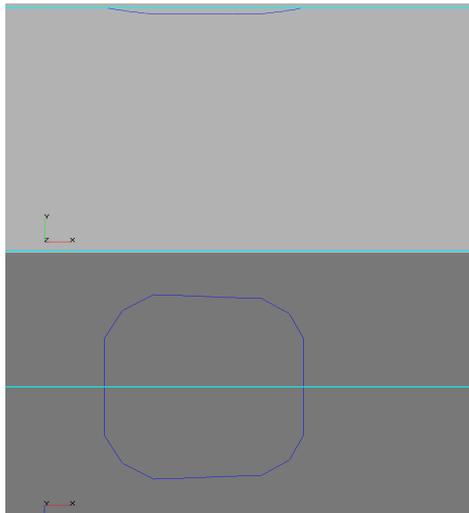


Рис. 3. Положение нефтяного пятна в подлёдном слое.
а) вертикальный разрез. б) вид сверху.

Моделирование показало, что конфигурация ОВН может иметь достаточно сложный вид, однако с учётом особенностей программного продукта FlowVision, в графическом изображении ОВН можно представить в виде эллипса. При этом координата центра ОВН находится как середина отрезка равной длине ОВН, лежащего на продольной оси симметрии ОВН. За ширину ОВН принималась максимальная ширина ОВН на поверхности водоема (рис. 4).

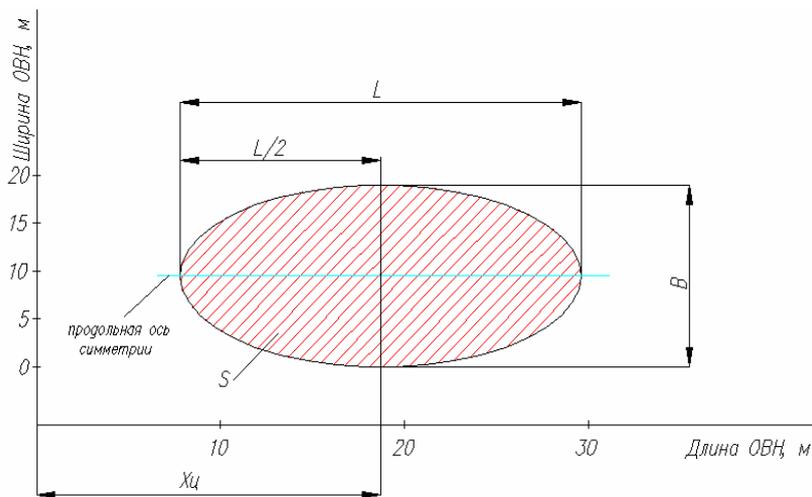


Рис. 4. ОВН: L – длина ОВН, B – ширина ОВН, $X_{ц}$ – координата центра ОВН, S – площадь ОВН.

Результатом обработки экспериментальных данных с использованием компьютерной программы STATISTICA 6.0 будут следующие регрессионные уравнения для параметров ОВН:

$$t_{\sigma} = A_1 \rho + B_1 M + C_1 v + D_1 H + E_1, c \quad (1)$$

$$X_y = A_2\rho + B_2M + C_2v + D_2H + E_2, \text{ м} \quad (2)$$

$$L = A_3\rho + B_3M + C_3v + D_3H + E_3, \text{ м} \quad (3)$$

$$B = A_4\rho + B_4M + C_4v + D_4H + E_4, \text{ м} \quad (4)$$

$$S = A_5\rho + B_5M + C_5v + D_5H + E_5, \text{ м}^2 \quad (5)$$

где t_a – время всплытия ОВН, с;

X_y – координата центра ОВН, м;

L – длина ОВН, м;

B – ширина ОВН, м;

S – площадь ОВН, м²;

ρ – плотность нефти, г/см³;

M – масса нефти, т;

v – скорость течения, м/с;

H – глубина, м.

A, B, C, D, E – регрессионные коэффициенты.

Таким образом, полученные уравнения позволят производить количественную оценку параметров ОВН в ледовых условиях, которая может быть использована для оценки ущерба и разработки мероприятий по ликвидации последствий разливов нефти на море и внутренних водных путях.

Список литературы:

- [1] Наумов В.С. Оценка нефтяного загрязнения от подводных источников / В.С. Наумов, А.Е. Пластинин, А.Н. Каленков // Журнал университета водных коммуникаций. – 2013. – №17(1). – С. 90–94.
- [2] Мерициди И.А. Техника и технологии локализации и ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов: Справ./ И.А. Мерициди, В.Н. Ивановский, А.Н. Прохоров и др.; Под ред. И.А. Мерициди. – СПб.: НПО «Профессионал», 2008. – 824 с.
- [3] Chang-Fa An. Case study: CFD analysis helps develop up to 4X faster oil containment boom, Journal articles by fluent software users, JA127, DaimlerChrysler Technology Center, Auburn Hills, MI, 2001.
- [4] Аксенов А.А., Гудзовский А.В. Пакет прикладных программ Flow Vision // М.: МФТИ., сер. Аэрофизика и прикладная математика. – 1998. – С. 45–56.