



Mathematics. Computers. Equation MCE-2021

Sea oil spill simulation and monitoring system

Система моделирования и мониторинга нефтяных разливов в морской акватории

HSE «Vyatka State University»

Department of Mathematical Modeling

Dr. Anatoly Shatrov

avshatrov1@yandex.ru

Dubna, 25-31 January 2021

Открыть видеозапись доклада



Описание системы

- Программный комплекс состоит из расчетного модуля и экспертной системы.
- Расчетный модуль представлен программой расчета макромодели переноса и трансформации нефтяного пятна и программой расчета мезомодели для оценки доли диспергированной нефти.
- Экспертная система (ЭС) предназначена для мониторинга состояния нефтяных разливов на основе данных о внешних условиях окружающей среды, физико-химических параметров нефтяного пятна.
- В результате мониторинга ЭС дает рекомендации по использованию искусственного диспергента для удаления остатка нефтяного разлива

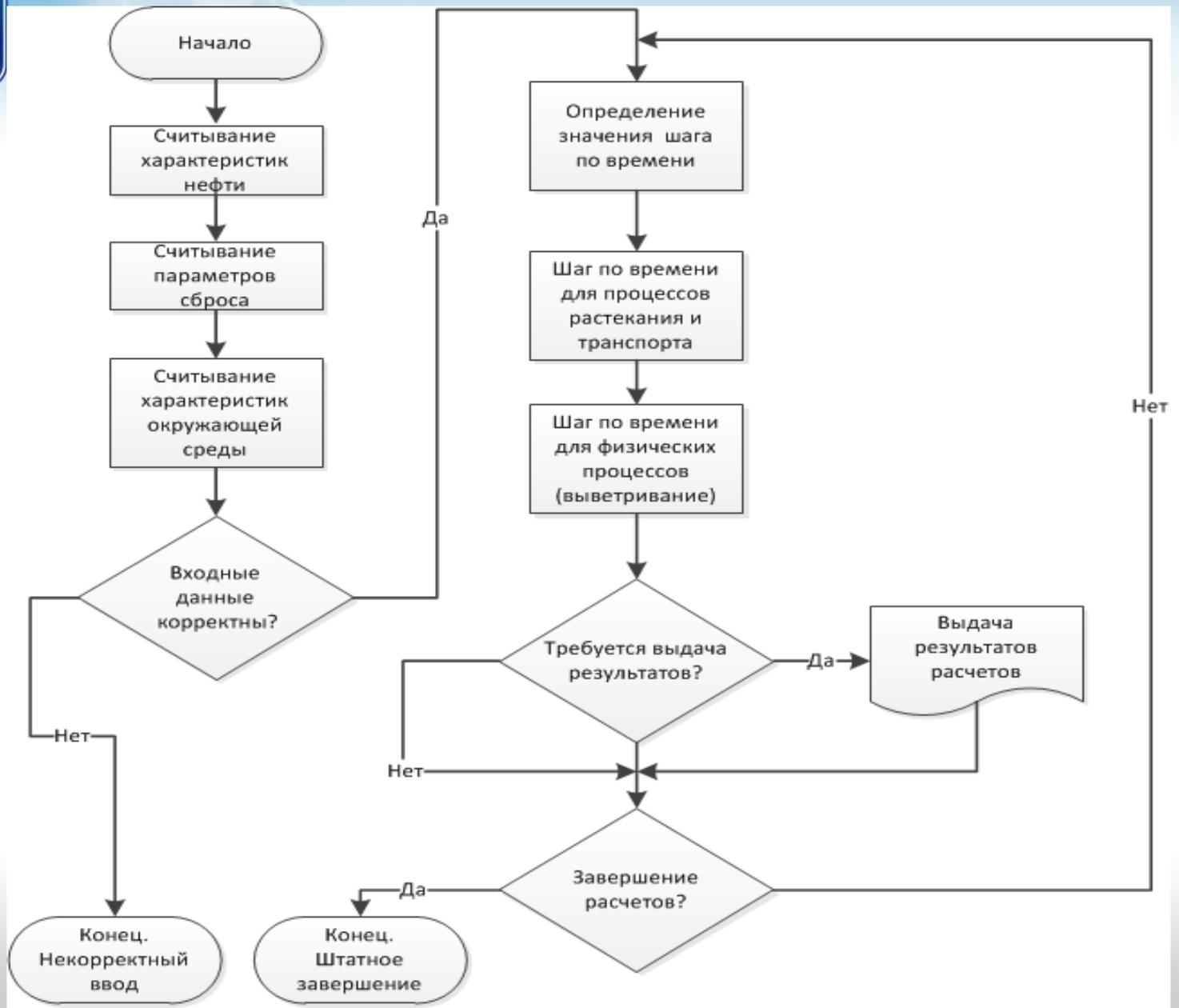


Описание макромодели программного комплекса

1. Программа реализует численную модель эволюции разлива нефти на водной поверхности. Язык программирования – фортран, используемый компилятор – Intel Fortran, операционная система – Linux или Windows.
2. Расчет эволюции нефти на поверхности моря основан на решении двумерных уравнений Навье-Стокса для пленки нефти.
3. Для решения системы уравнений используется SPH метод (Smoothed Particle Hydrodynamics - Гидродинамика сглаженных частиц), который является лагранжевым методом
4. Входной информацией являются сведения о разливе нефти. Расчетный сценарий полностью определяется параметрами командной строки.



Блок-схема программы





Пример расчета

- Запуск программы производится заданием команды в командной строке:
- [user605@cn088](#):~/f90\$./console_prg.a oiltype01.txt 50000 0 5 5 (OS Linux) или
- console_prg.exe oiltype01.txt 50000 0 5 5 (OS Windows)
- Структура исполняемого файла:

Имя файла: oiltype01.txt, Масса сброса в кг, длительность сброса в часах, Скорость ветра в м/с, Температура воды в С°.

- Для сохранения результатов расчетов создается папка, содержащая все характеристики ехес-файла

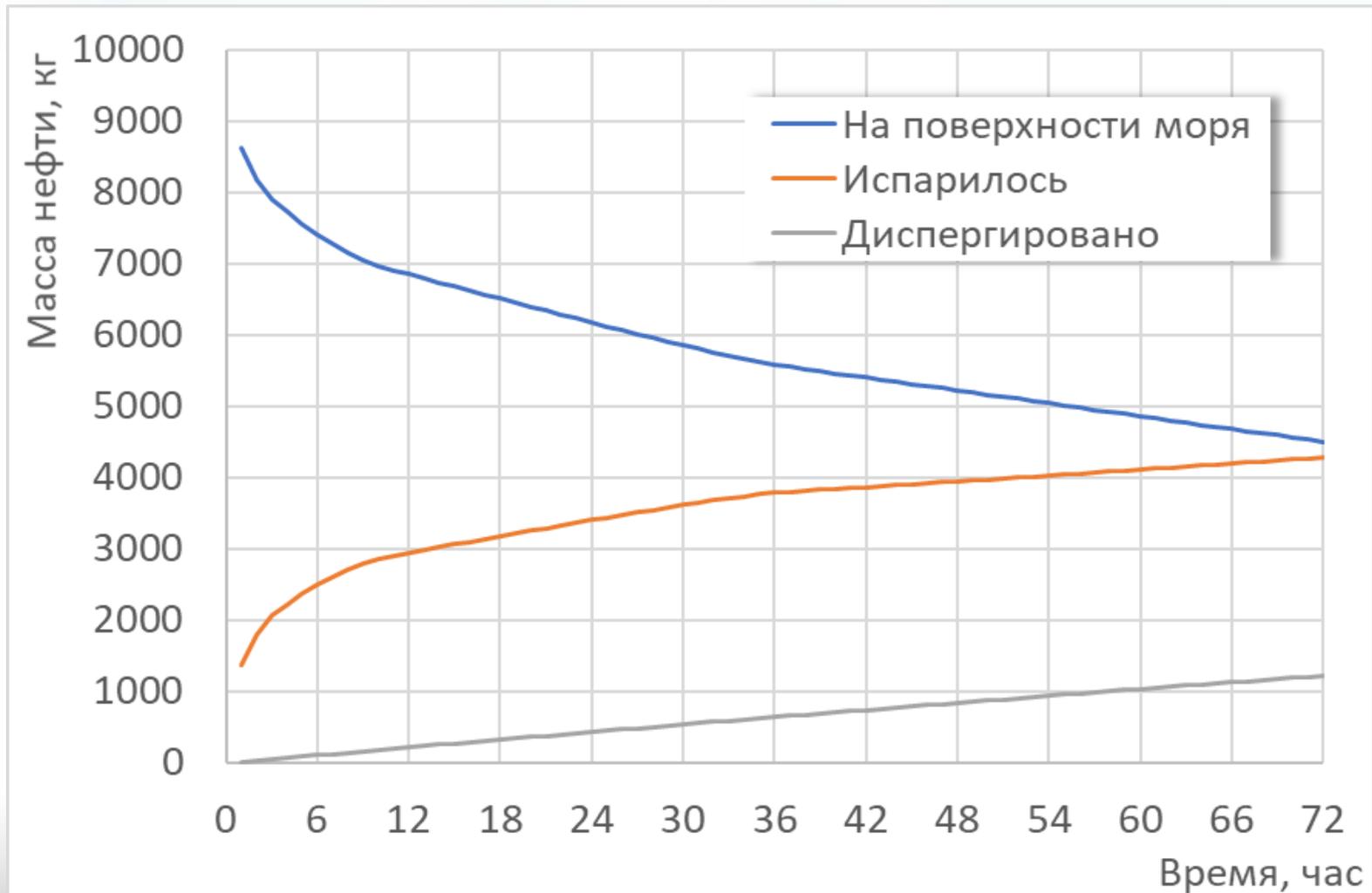


Пример выходной информации: таблица расчетных данных

| | t (h) | Mdrop | Msurf | Mev | Mds | S | Ro_oil | Mu_oil | |
|----|-------|---------|--------|--------|-------|---------|--------|----------|--|
| 1 | | | | | | | | | |
| 2 | 1 | 10000.0 | 8624.2 | 1363.1 | 12.7 | 37851.6 | 856.2 | 0.056863 | |
| 3 | 2 | 10000.0 | 8179.8 | 1791.8 | 28.3 | 49238.3 | 859.4 | 0.092151 | |
| 4 | 3 | 10000.0 | 7885.8 | 2068.9 | 45.4 | 58388.5 | 861.4 | 0.139536 | |
| 5 | 4 | 10000.0 | 7720.4 | 2216.3 | 63.2 | 66260.1 | 862.2 | 0.195471 | |
| 6 | 5 | 10000.0 | 7561.5 | 2356.8 | 81.7 | 73274.1 | 863.1 | 0.268267 | |
| 7 | 6 | 10000.0 | 7413.1 | 2486.6 | 100.4 | 79707.1 | 863.9 | 0.358079 | |
| 8 | 7 | 10000.0 | 7273.9 | 2606.9 | 119.2 | 85652.4 | 864.6 | 0.463269 | |
| 9 | 8 | 10000.0 | 7149.1 | 2712.8 | 138.0 | 91210.0 | 865.3 | 0.584482 | |
| 10 | 9 | 10000.0 | 7042.7 | 2800.5 | 156.8 | 96437.3 | 865.9 | 0.719186 | |

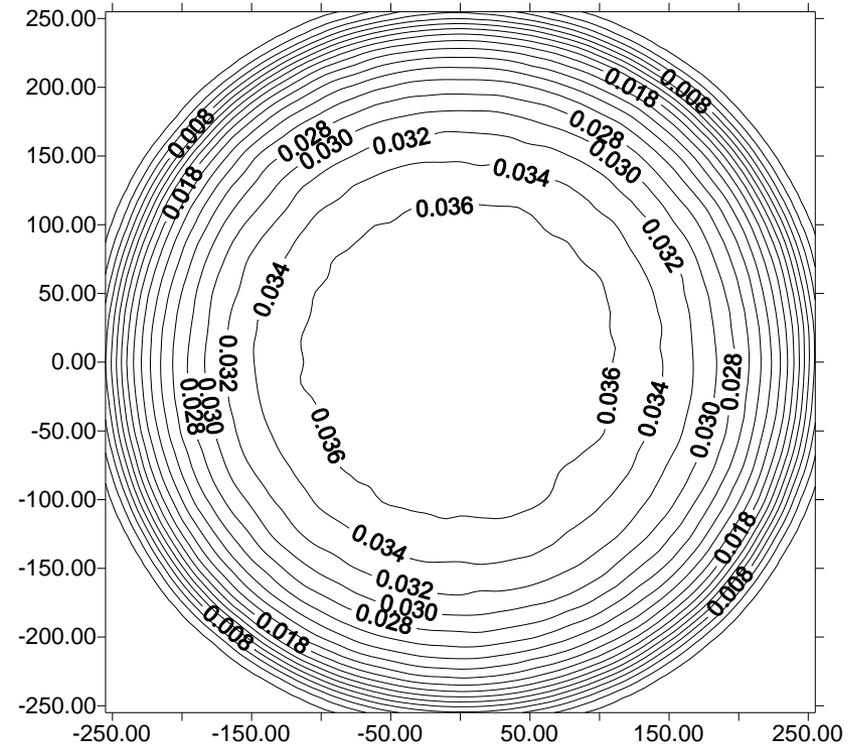
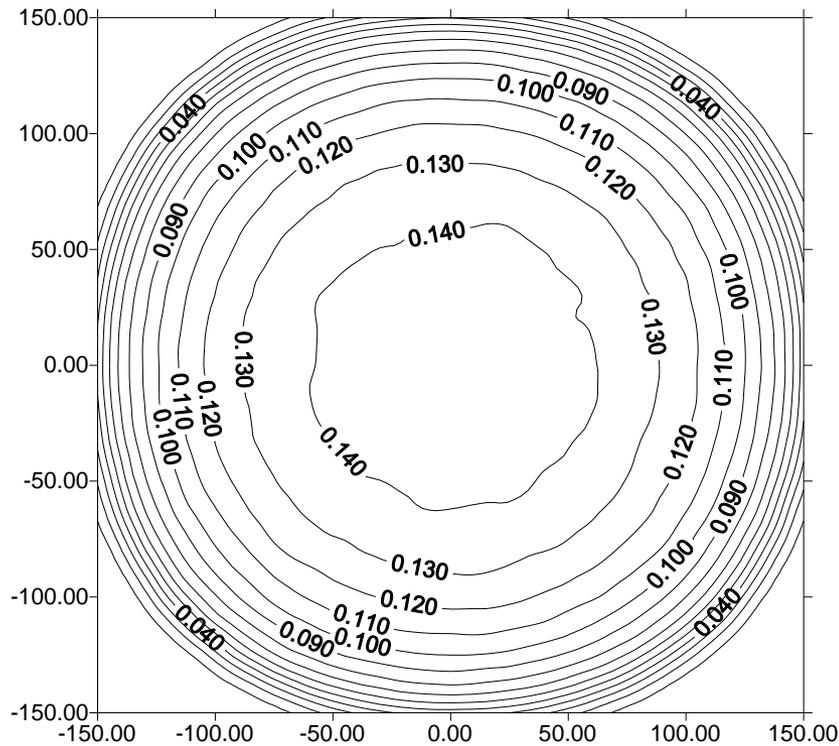


Пример выходной информации: распределение массы нефтяного пятна





Пример выходной информации: поле толщины нефтяного пятна





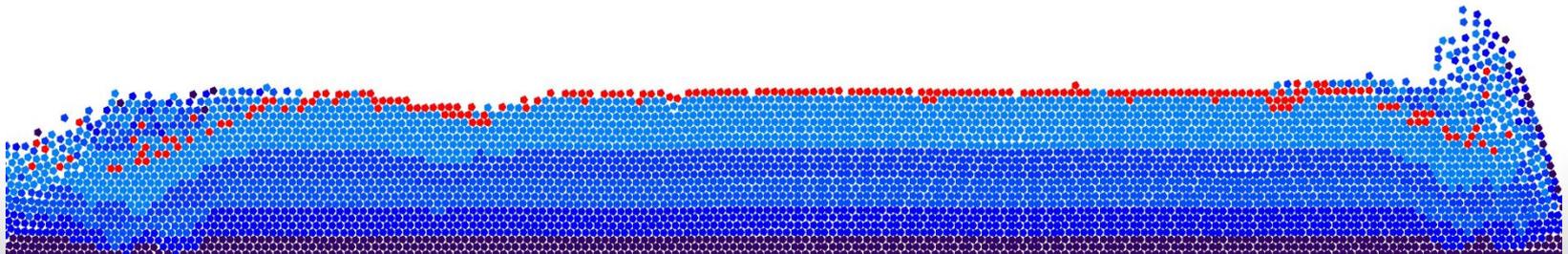
Имитационная модель поверхностных колебаний

1. Модель реализует эволюцию колебаний совокупности фаз «вода-нефть» в виде поверхностных волн.
 2. Моделирование производится в двумерном вертикально–продольном пространстве. Используемый метод динамики частиц реализует взаимодействие осцилляторов–частиц.
 3. Характер взаимодействия элементов считается вязкоупругими и описывается вторым законом Ньютона.
 4. Свойства среды (объемная плотность, модуль упругости, внутреннее трение, поверхностное натяжение и др.) закладываются в первичные свойства отдельных элементов.
- Для реализации численного решения составлена программа на языке Fortran Intel Open MP. Использование кластерной системы обусловлено большим числом взаимодействующих элементов.



Результаты расчета мезомодели – формирование волны

На рисунке частицы нефти окрашены красным цветом. В результате колебаний нефть проникает в толщу воды и можно подсчитать долю диспергированных частиц нефти.

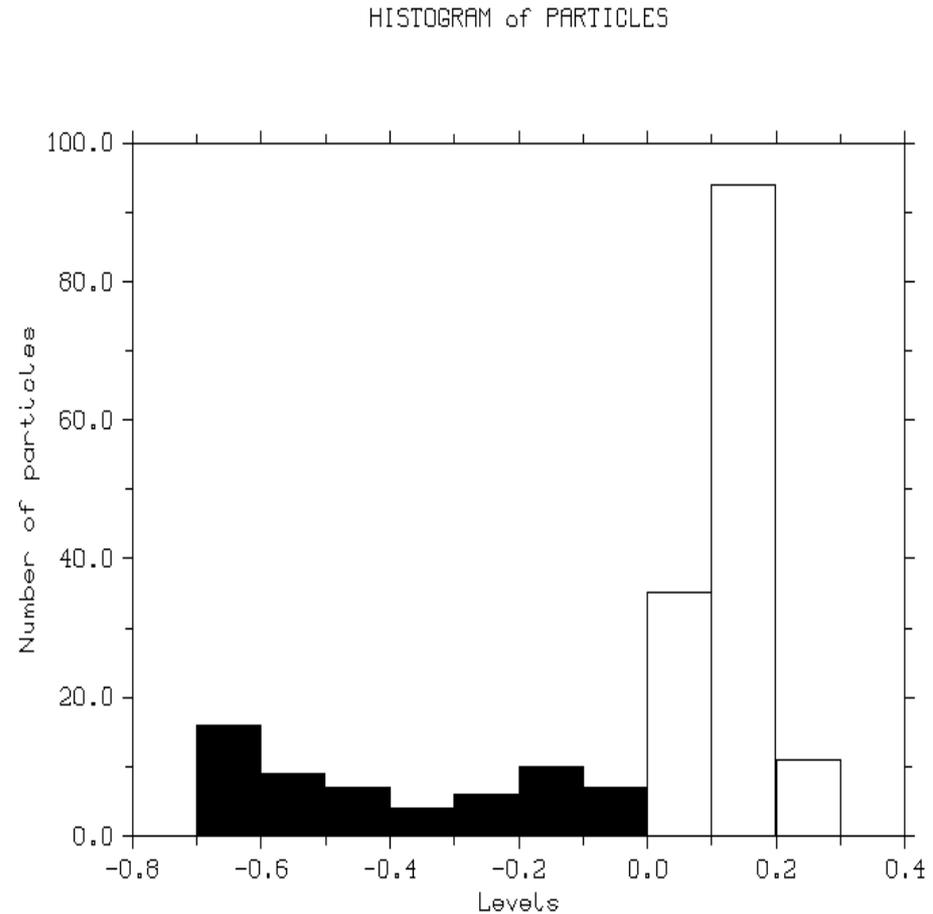




Доля выпавших частиц

На рис приведено распределение частиц нефти, оставшихся на поверхности - столбцы диаграммы не окрашены; и диспергированных (выпавших в толщу воды) - столбцы диаграммы окрашены черным цветом

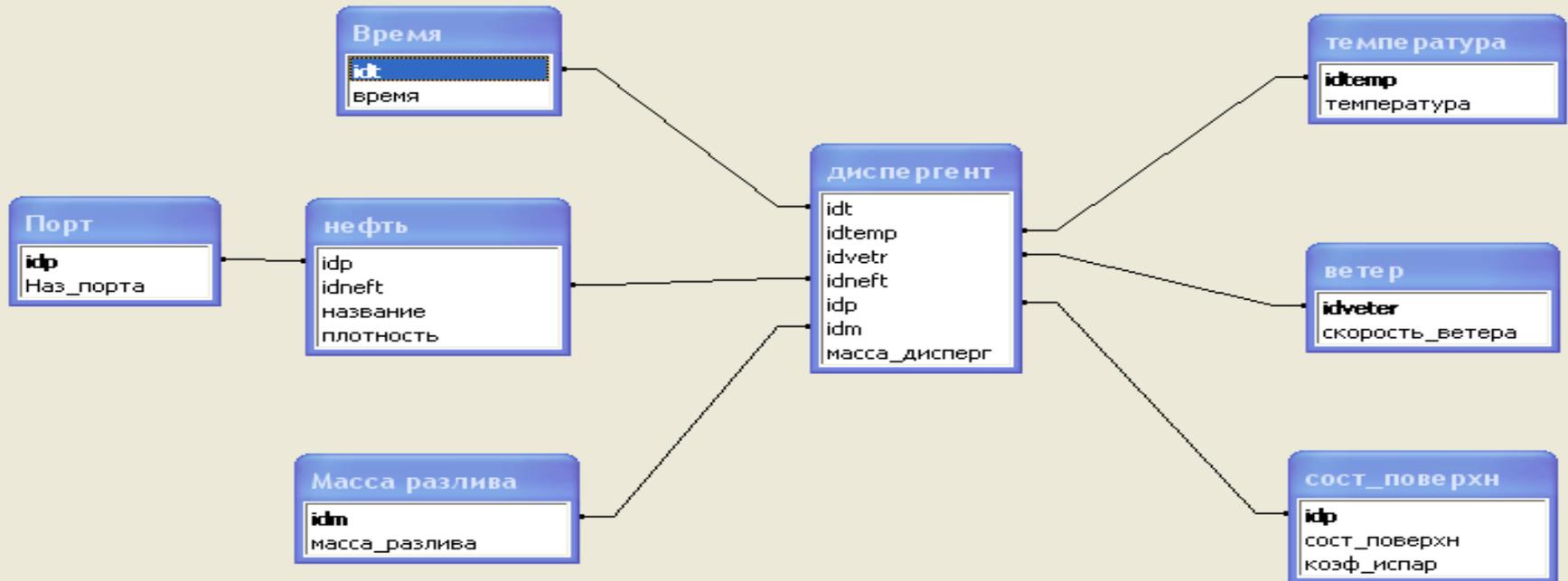
- Гистограмма распределения частиц нефтяной пленки при $A = 1.2$ м





Разработка экспертной системы

ЭС основана на данных расчета и внешних условия эволюции разлива. При анализе предметной области, входных и выходных данных была разработана инфологическая модель базы данных в виде ER-диаграммы.





Разработка пользовательского интерфейса

Разработанный интерфейс используется для мониторинга разлива. Для этого при определении параметров используются комбинированные списки, вводимые с клавиатуры. Для разработки приложения выбран ЯП Python

Расчёт количества диспергента

| | |
|--------------------------------|--------------------|
| Порт | Козьмино |
| Тип нефтепродукта | Нефть ВСТО |
| Скорость ветра (м/с) | 5 |
| Температура (°C) | 10 |
| Состояние поверхности | Чистая поверхность |
| Масса разлива (кг) | 50000 |
| Время с момента разлива (часы) | 8 |
| Количество диспергента: | 6208,93 (кг) |

Расчитать



THANK YOU VERY MUCH!

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!