

# **ИНТЕРФЕЙС ДОСТУПА К РАСЧЕТНО-ПРОГРАММНОМУ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПЕРЕНОСА ПРИМЕСИ В АТМОСФЕРНОМ ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ**

Трухин А.В., Терентьев А.Н.

Томский государственный университет

В статье рассматривается интерфейс доступа к расчетно-программному комплексу для численного моделирования распространения газодисперсного выброса, возникшего в результате чрезвычайной ситуации. Программный комплекс работает на суперкомпьютере "СКИФ Cyberia" Томского государственного университета.

## **INTERFACE OF THE ACCESS TO CALCULATION SOFTWARE COMPLEX FOR COMPUTATIONAL MODELING OF IMPURITY TRANSFER IN THE ATMOSPHERE BOUNDARY LAYER**

Trukhin A.V., Terentjev A.N.

The article considers the interface of the access to calculation software complex for computational modeling of diffusion of gas-dispersed emissions in emergency situation. The complex functions on base of supercomputer "SKIF Cyberia" at Tomsk state university.

Расчетно-программный комплекс для численного моделирования переноса примеси в атмосферном пограничном слое над ограниченной поверхностью разработан в рамках проекта «Методология качественного совершенствования системы обучения и воспитания учащейся молодежи, руководителей и специалистов образовательных учреждений и органов управления образованием по вопросам обеспечения БЖД в КС и ЧС». Расчетно-программный комплекс включает две математические модели, алгоритмы и программные модули для численного моделирования распространения, переноса и осаждения газодисперсного выброса в атмосфере, возникшего в результате чрезвычайной ситуации, а также для численного моделирования обратной задачи по определению координат и интенсивности источника выброса по данным наземных измерений.

Комплекс расположен на суперкомпьютере "СКИФ Cyberia" Томского государственного университета и представляет собой набор исполняемых файлов [1]. Изначально пользовательский интерфейс к таким системам практически отсутствует. Для

доступа требуется SSH-клиент и учетная запись на кластере. Передача команд осуществляется по протоколу SSH, а передача файлов – по SFTP. Для запуска моделирования требуется подготовить текстовый файл с входными данными в определенном формате и запустить исполняемый файл в многопроцессорном режиме через систему пакетной обработки заданий [2,3]. Выходные данные представляют огромный набор табличных числовых данных в текстовом формате. Как видно из описания, возможность работы с кластером и расчетно-программным комплексом в таком виде имеет очень ограниченный круг лиц, обладающий специальными знаниями и непосредственным доступом на кластер.

Целями создания интерфейса к расчетно-программному комплексу являются:

- обеспечение возможности доступа к моделированию более широкого круга лиц, не обладающих специальными знаниями, например, обучающихся по программам, касающихся обеспечения безопасности жизнедеятельности;
- упрощение процедуры ввода исходных данных;
- предварительный контроль ошибок во входных данных, с целью недопущения запуска расчета, который займет процессорное время и время обучающегося, но завершится ошибкой;
- предоставление возможности наглядного визуального ввода исходных данных;
- наглядное графическое представление результатов моделирования.

Наиболее удобным для применения в дистанционном обучении представляется веб-интерфейс доступа к системе, который, ко всему, позволяет интегрировать систему авторизации с Образовательным порталом ТГУ «Электронный университет» (<http://edu.tsu.ru>). Таким образом, пользователь портала, обучающийся по программе, предполагающей доступ к моделирующей системе, автоматически, без дополнительной авторизации, получает возможность пользоваться расчетно-программным комплексом.

Веб-интерфейс комплекса расположен по адресу <http://mchs.tsu.ru> и состоит из нескольких страниц.

**Главная страница**, на которой пользователь может получить общее представление о системе и ее возможностях и выбрать тип задачи: прямая или обратная. На этой странице неавторизованному пользователю предлагается зарегистрироваться или авторизоваться в системе, это единственная страница, доступная без авторизации.

**Страница ввода данных прямой задачи**, содержащая описание задачи, форму ввода исходных данных и карту местности для выбранного случая (рисунок 1).

## Шаг 1. Ввод исходных данных

### Описание задачи

Данные для расчета

Случай:  
**Случай Т-1**

Координаты выброса (м):  
X:  Y:  Z:   
[-15000 + 15000] [-15000 + 15000] [0 + 50]

Время выброса:  
 ч.  мин.

Время моделирования распространения (ч.):  
  
[0.5 + 4]

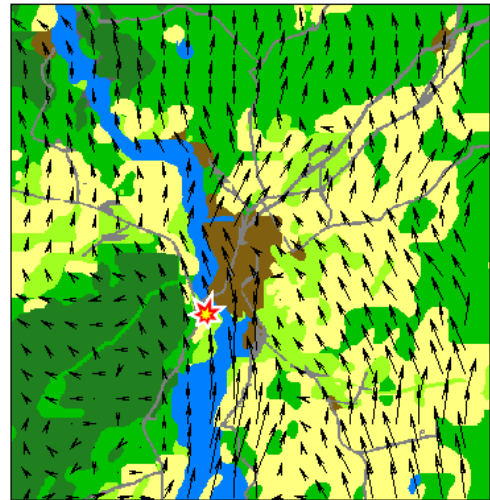
Масса выброса (кг):  
  
[0.001 + 10000]

Сила взрыва (ТНТ-эквивалент):  
  
[0.5 + 1.2]

Начальная разница температур выброса и окружающего воздуха (градусы Цельсия):  
  
[0 + 500]

Фракции выброса:  
Размер частиц (мкм): % содержание:  
   
   
   
   
[10 + 500] [0 + 100]

Карта местности



Территория: город N с населением около 500 тыс. жителей расположен у реки на равнинной местности с большими лесными массивами. Размер рассматриваемой области 50x50км. Город обеспечен сетью автомобильных и железных дорог. Метеоусловия: Температура воздуха в течение суток изменяется от -5 до -11 градусов Цельсия, относительная влажность - от 56 до 87%, ветер - северо-восточный с переходом в конце дня на северное направление, сила приземного ветра - 2-4 м/с, облачность утром изменялась от 5 до 10 баллов, днем и вечером - ясная погода, видимость - 20 км.

#### Категории землепользования:

- вода;
- поля и пастбища;
- саванна;
- лиственный лес;
- смешанный лес;
- хвойный лес;
- город;
- железные дороги;
- автодороги;

Рисунок 1 – Интерфейс ввода данных прямой задачи

**Страница результатов расчета прямой задачи**, предлагающая пользователю выбор типа отображения результатов. Данные, полученные в результате расчета, могут быть представлены следующими способами:

- 2D изолинии – двумерный вид местности с изображением концентрации фракций выброса в приземном слое атмосферы и осажденного вещества посредством изолиний. При этом способе представляется возможным дополнительно отобразить на карте поле ветра.
- 3D изолинии – трехмерный вид местности с изображением концентрации фракций выброса в приземном слое атмосферы и осажденного вещества посредством изолиний.

- Трехмерный график – трехмерный вид местности с изображением концентрации фракций выброса в приземном слое атмосферы и осажденного вещества посредством трехмерного графика.
- При выборе любого способа представления возможно создание анимации с использованием полученных изображений для получения более наглядного представления о динамике распространения выброса.

На рисунке 2 изображен фрагмент страницы с результатами расчета в виде 2D-изолиний.

### Шаг 3. Анализ результатов

#### Исходные данные:

[Показать](#)

#### Тип отображения:

2D изолинии | [3D изолинии](#) | [Трехмерный график](#)

Если Вы хотите начать новый расчет, перейдите к [вводу исходных данных](#).

[Показать анимацию](#) (задержка:  мсек.) | [Показать покадрово](#)

**12:45** (c13\_21.dat)

Максимум концентрации: 0.8648E-27 кг/м<sup>3</sup>

Максимум осаднения: 0.6671E+03

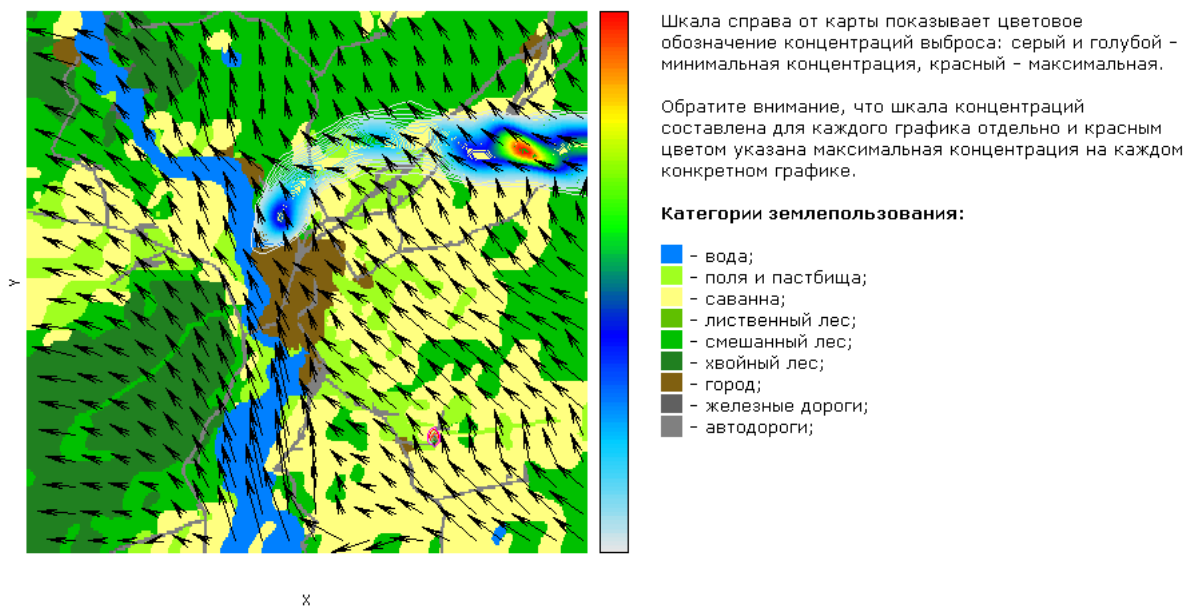


Рисунок 2 – Отображение результатов прямой задачи

**Страница ввода данных обратной задачи**, содержащая описание задачи, форму ввода исходных данных и карту местности для выбранного случая (рисунок 2). Кроме указания места выброса в данной задаче следует указать расположение наблюдательных постов.

## Шаг 1. Ввод исходных данных

### Описание задачи

Данные для расчета

Случай:  
Случай Ч-1

Координаты выброса (м):  
X: 14456 [-15000 + 15000] Y: -14634 [-15000 + 15000] Z: 1 [0 + 50]

Координаты наблюдательных пунктов (м):  
X: Y: Z:  
11853 -1999 1  
2948 3188 1  
10209 -9979 1  
11990 -5324 1  
14593 -10511 1  
7058 -6787 1  
16237 -5058 1  
5962 -669 1  
[-20000 + 20000] [-20000 + 20000] [1 + 100]

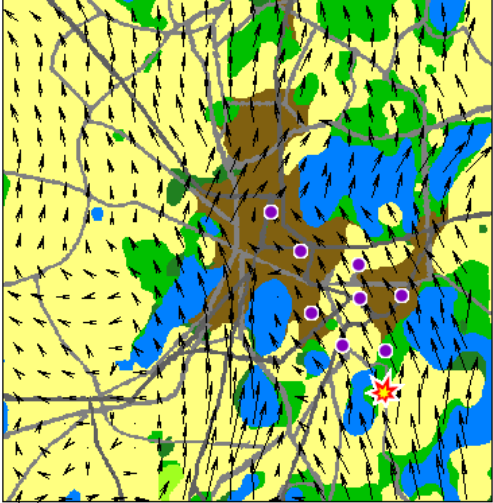
Время выброса:  
08 ч. 45 мин.

Время моделирования распространения (ч.):  
0.5 [0.5 + 4]

Масса выброса (кг):  
1000 [0.001 + 10000]

Расчитать

Карта местности



Посты наблюдения: ● ●

Кликните мышкой по посту наблюдения, а потом по месту на карте, куда вы хотите его поместить.

Категории землепользования:

- вода;
- поля и пастбища;
- саванна;
- лиственный лес;
- смешанный лес;
- хвойный лес;
- город;
- железные дороги;
- автодороги;

Рисунок 3 – Интерфейс ввода данных обратной задачи

Страница результатов расчета обратной задачи не предполагает выбор способа отображения полученных данных. Наиболее приемлемым способом отображения является внешний вид карты местности, аналогичный используемой на странице ввода исходных данных. Пользователь может пронаблюдать процесс поиска место выброса и увидеть место выброса, которое определил комплекс по результатам обратного расчета.

С целью графического отображения данных расчета подготовлен набор программных скриптов. Процесс графической визуализации представляет собой генерацию картинок из табличных числовых данных в текстовом формате. Для реализации процесса построения графиков на веб-сервере <http://mchs.tsu.ru> прежде всего было необходимо определиться с программным обеспечением для генерации картинок. Исходя из того, что веб-сервер работает на UNIX платформе и исходные данные для визуализации представляют набор табличных числовых данных в текстовом формате, был выбран графический пакет Gnuplot [4]. Перед генерацией графиков необходимо

обработать набор данных в необходимый формат для графического пакета Gnuplot. Данная задача была реализована на командном языке SHELL. Программа, написанная на SHELL подготавливает набор табличных числовых данных, генерирует новый скрипт для программы Gnuplot, после этого запускается сгенерированный скрипт Gnuplot, который рисует графики. Для каждого вида графика используется своя программа. Программа работает под SHELL. Для ее запуска необходимо передать определенный набор параметров. Если вызвать программу без параметров, то на экран будет выведена страничка помощи.

```
#!/scr.sh
```

```
*****
```

Рисует карту и данные + осадок в изолиниях + поля, выдает среднее значение фракций  
scr.sh {prefix} {filename-input-map} {filename-input-data} {filename-output-gif} {size}  
{sizelinemap} {sizelinedata} {izolineN} {U} {V} {st1} {st2} {st3} {st4} {st5} {c1} {c2} {c3}  
{c4} {c5}

Prefix	Временная директория
Filename-input-map	Файл с данными карты
Filename-input-data	Файл с данными графика расчетов
Filename-output-gif	Название картинка на выходе скрипта
Size	Размер картинка, например 800,600
Sizelinemap	Толщина линии прорисовки сетки Карты
Sizelinedata	Толщина линии прорисовки сетки Данных
izolineN	Число изолиний
U	Номер столбца с полем ветра U
V	Номер столбца с полем ветра V
st1	Номер столбца с данными фракций
st2	Номер столбца с данными фракций
st3	Номер столбца с данными фракций
st4	Номер столбца с данными фракций
st5	Номер столбца с данными фракций
c1	Номер столбца с данными концентрации
c2	Номер столбца с данными концентрации
c3	Номер столбца с данными концентрации
c4	Номер столбца с данными концентрации
c5	Номер столбца с данными концентрации

\* Если будет указано несколько столбцов с данными фракций, то будет вычислено среднее значение.

Например:

```
./scr.sh tmpdata 3d.ini c92_01.dat test.gif 800,600 3 1 100 4 5 3 0 0 0 0 6 0 0 0 0
```

```
*****
```

Для каждого способа отображения результатов расчета и для вывода исходной карты местности случая служит отдельный скрипт. Пример запуска и результаты работы программного скрипта в режиме 3D (один из доступных способов отображения результатов расчета в случае прямой задачи) приведен на рисунке 4.

```
./src.sh tmpdata 3d.ini c92_01.dat c92_01.gif 800,600 60 50 3 1 N D 1 3 4
```

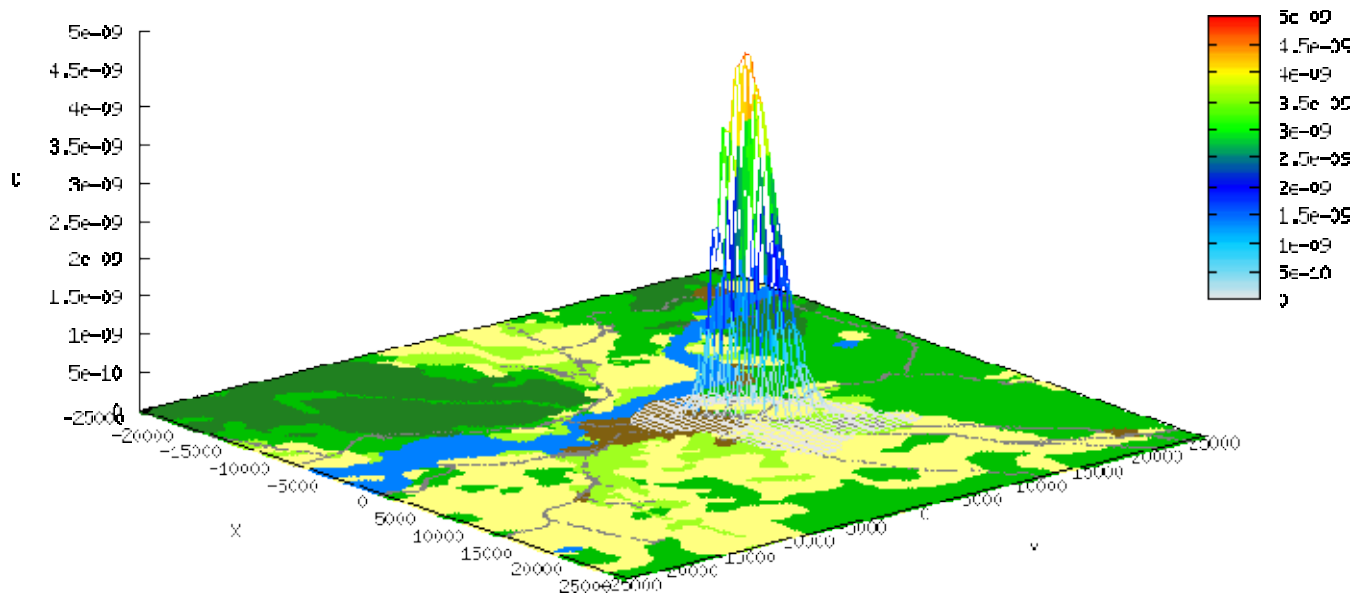


Рисунок 4 – Пример результата работы скрипта

Для реализации представленного веб-интерфейса был реализован внутренний многопользовательский программный PHP-интерфейс с кластером. Этот интерфейс принимает данные от пользователей через веб-интерфейс, создает на сервере отдельную папку пользователя, используя уникальный идентификатор его сессии, и размещает в этой папке всю информацию, касающуюся работы этого пользователя. Таким образом обеспечивается многопользовательский режим работы: информация, поступающая от разных пользователей разделена физически.

Второй задачей внутреннего интерфейса является передача введенных исходных данных на кластер по протоколу SFTP, управление запуском моделирования по SSH и загрузка полученных результатов с кластера.

Подготовлено 15 различных исходных метеорологических случаев для четырех видов местности. Случаи для одной местности различаются погодными условиями, временем года и полем ветра. Пользователь получает возможность провести расчет по

любому из этих случаев, самостоятельно указав промежуток времени моделирования в течение суток.

Проанализировав полученные данные пользователь должен принять правильное решение с точки зрения обеспечения максимальной безопасности населения, выбора путей его эвакуации или иной задачи, которая может быть поставлена в рамках данной модели.

#### **Литература:**

1. Старченко А.В., Есаулов А.О. Параллельные вычисления на многопроцессорных вычислительных системах. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 56 с.
2. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием MPI. –М.: Изд-во МГУ, 2004. – 71 с.
3. Беликов Д.А., Говязов И.В., Данилкин Е.А., Лаева В.И., Проханов С.А., Старченко А.В. Параллельные вычисления на многопроцессорных системах. – Томск: Изд-во Томского университета, 2007. [http://ido.tsu.ru/iop\\_res2/parallelvichis](http://ido.tsu.ru/iop_res2/parallelvichis)
4. Документация по графическому пакету Gnuplot. <http://www.gnuplot.info/documentation.html>