Министерство образования и науки Российской Федерации

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**

**высшего образования**

**«Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»**

Строительный факультет

|  |  |
| --- | --- |
| Факультет: | Инженерной экологии и городского хозяйства |
| Кафедра: | Информационных систем и технологий |

|  |
| --- |
| ОТЧЕТ |
| ЛАГРАНЖЕВ И ЭЙЛЕРОВ ПОДХОДЫ К ОПИСАНИЮ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА |
|  |
|  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Студент: | Мельниченко Дмитрий Сергеевич | | |
| Направление подготовки | | 01.03.02 – Прикладная математика и информатика | |
|  | |  | |
| Группа: | ПМИб-4 | | |
|  | |  | |
| Руководитель СПбГАСУ:  Мовсесова Лия Витальевна | | |  |
|  | | |  |

Санкт-Петербург

2023 г

Теория:

Для описания сплошной среды можно задать её числовые характеристики двумя способами: привязывать характеристику к частице в данный момент времени и привязывать характеристику к точке пространства, в которой в данный момент находится частица. Эти два способа называются, соответственно, лагранжевым и эйлеровым описаниями сплошной среды. При лагранжевом подходе рассматриваются изменения примеси в движущемся объеме воздуха. Обязательным этапом лагранжева подхода является предварительный расчет траектории движения облака частиц. Поэтому модели переноса примесей, основанные на таком подходе, называют траекторными. Когда облако загрязняющих веществ начинает перемещаться с потоком воздуха, происходит рассеивание облака примеси вследствие турбулентной диффузии, продолжается гравитационное оседание аэрозоля или оставшихся твердых частиц. Для описания этого процесса используется уравнение турбулентной диффузии с добавлением механизмов трансформации примеси и её выведения за счет выпадения или вымывания осадками. Суть лагранжевого моделирования заключается в том, чтобы рассмотреть некоторое облако в фиксированный момент времени с координатами центра (𝑥𝑐, 𝑦𝑐, 𝑧𝑐) и, перемещаясь за ним, рассматривать его координаты в последующие моменты, как функции времени его начальных координат (𝑥𝑠, 𝑦𝑠, 𝑧𝑠), с последующим усреднением параметров траектории по случайному отклонению:

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, алгебра

Автоматически созданное описание

𝑈, 𝑉, 𝑊 – заданные поля средней скорости ветра, а 𝑈 0 , 𝑉 0 , 𝑊0 – пульсационные характеристики скорости, Примесь, поступившая от точечного источника, обычно представляется в виде совокупности дискретных клубов. В таком случае, концентрацию примеси в любой точке пространства представляют, как сумму вкладов от каждого облака:

Изображение выглядит как Шрифт, белый, текст, типография

Автоматически созданное описание

Модель:

Рассмотрим упрощенный вариант задачи, в котором полученное численное решение можно будет сопоставить с известным аналитическим решением и, тем самым, обеспечить эффективную валидацию модели. В основе метода расчета переноса и рассеяния загрязняющих веществ отдельного облака от точечного источника с координатами лежат решения дифференциального уравнения

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, типография

Автоматически созданное описание

коэффициенты которого определяют обычно в рамках так называемой полуэмпирической теории турбулентности. Наиболее известными моделями, использующими указанный подход, являются модели клубов , в которой концентрация ЗВ рассчитывается по формуле:

Изображение выглядит как текст, Шрифт, линия, рукописный текст

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как Шрифт, текст, линия, диаграмма

Автоматически созданное описание

где 𝐶(𝑥, 𝑦, 𝑧) – концентрация ЗВ в атмосфере с массой (активностью) выброса 𝑀 и шагом Δ𝑡, (𝑥𝑐, 𝑦𝑐, 𝑧𝑐) – координаты центра тяжести облака, σ𝑥, σ𝑦, σ𝑧 дисперсии облака ЗВ, возникающие из-за турбулентности

Изображение выглядит как текст, Шрифт, снимок экрана, белый

Автоматически созданное описание

где 𝑈, 𝑉, 𝑊 – заданные поля средней скорости ветра, а 𝑈 0 , 𝑉 0 , 𝑊0 – пульсационные характеристики скорости, распределенные по нормальному закону со средним значением равным нулю и рассчитанные по формулам Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, линия

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, документ

Автоматически созданное описание

Для получения результатов был реализован следующий алгоритм на языке питон:

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, дизайн

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт, черный

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Расчет концентрации:

Аналитически -

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

При работе -

Изображение выглядит как текст, снимок экрана, Шрифт

Автоматически созданное описание

Результаты:

Изображение выглядит как снимок экрана, линия, текст, График

Автоматически созданное описание

Изображение выглядит как линия, График, снимок экрана, диаграмма

Автоматически созданное описание

**Вывод:**

Аналитический расчет, и расчет во времени работы несколько отличаются друг от друга. При проведении эксперемента загрязнение вдоль х уменьшалось практически до нуля, а в аналитической модели в свою очередь оно таковым не являлось. В свою очередь можно заметить, что максимум концентрации и x при котором этот максимум достигался практически одинаковые. Что говорит о соответствии двух графиков.