

На правах рукописи

Тревогода Михаил Александрович

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, ЛИНГВИСТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ
ОБЕСПЕЧЕНИЕ САПР ЗАМКНУТОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
«ПРИРОДА-ТЕХНОГЕНИКА»**

Специальность: 05.13.12 Системы автоматизации проектирования
(промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург-2010

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном электротехническом университете "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина)

Научный руководитель:

доктор технических наук, профессор Сольницев Ремир Иосифович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Тисенко Виктор Николаевич

кандидат технических наук, доцент Слюсаренко Александр Сергеевич

Ведущая организация: Северо-западный государственный заочный технический университет (СЗГЗТУ)

Защита состоится 7 декабря 2010г. в 15:00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 212.238.02 Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета "ЛЭТИ" им. В.И. Ульянова (Ленина) по адресу: 197376, Санкт-Петербург, ул. Проф. Попова, 5

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан 2 ноября 2010г.

Ученый секретарь
совета по защите докторских
и кандидатских диссертаций
Д 212.238.02

Сафьянников Н.М.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность проблемы. Загрязнение окружающей среды промышленными выбросами и сбросами приводит к выпадению загрязненных атмосферных осадков, накоплению загрязнителей в почвах, подземных и поверхностных водах, растениях, попаданию загрязнителей в организмы человека и животных. Поэтому проблема минимизации загрязняющих веществ (ЗВ) является актуальной и требует решения. В диссертации рассматриваются атмосферные загрязнители, что, на наш взгляд, не мешает распространению излагаемых здесь подходов и на другие виды загрязнений.

Вопросам анализа распространения ЗВ в атмосфере посвящены труды отечественных ученых: М.Е. Берлянда, Н.С. Бузало, А.Ю. Щербакова, Е.К. Гаргер, Г.Е. Ландсберга, Г.И. Марчука. Существующие в этой области технологии минимизации ЗВ были построены на аппаратных системах, основанных на мониторинге, методах локальной диагностики источников возникновения ЗВ и использовании административных методов предотвращения и контроля загрязнения окружающей среды соответствующими службами, что в значительной степени связано с «человеческим фактором».

В работах Р.И. Сольничева была предложена концепция, структура и основные подходы к построению замкнутой системы управления (ЗСУ) выбросами ЗВ производственных предприятий в атмосферу. Предложенная концепция для решения проблемы минимизации ЗВ состоит в построении замкнутой системы «Природа-Техногеника» (ЗСУПТ) на базе современных аппаратно-программных комплексов, позволяющей реально и гарантированно минимизировать ЗВ как вредные последствия антропогенного воздействия на природу. На предложенную концепцию получен патент.

В дальнейшем, в работах Р.И. Сольничева, Г.И. Коршунова, А.А. Шабалова и других были разработаны соответствующие технические решения, направленные на минимизацию не только ЗВ, но и «человеческого фактора» в управлении ЗСУПТ. В частности, Г.И. Коршуновым рассмотрены вопросы телеметрии и метрологии распределенных систем применительно к системе «Природа-Техногеника».

Целью функционирования ЗСУПТ является достижение нормативного уровня загрязнения воздушного бассейна в заданном районе путем регулирования выбросов ЗВ. Такая система управления выбросами должна базироваться на обширной информационной базе, включающей в себя нормативы качества воздушного бассейна, параметры выбросов промышленных источников заражения атмосферы, климатические параметры территории, данные наблюдений за загрязнением атмосферы, стоимостные показатели. Одной из проблем реализации такой системы является отсутствие

современных средств проектирования подобных систем. Для реализации эффективной ЗСУПТ необходимы разработка и исследование таких средств – информационных технологий, в том числе САПР, применяемых на всех этапах проектирования ЗСУПТ от согласования технического задания до испытаний готовых образцов. При этом самым важным и определяющим является начальный этап проектирования.

Таким образом, цель разработки САПР ЗСУПТ, позволяющей проектировать будущую систему на начальных этапах проектирования, является актуальной, а результат такой разработки представляется важным в теоретическом и в прикладном значении.

Цель диссертации состоит в исследовании и разработке математического, лингвистического и программного обеспечения подсистемы САПР ЗСУПТ на начальных этапах проектирования.

Задачи исследования. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать архитектуру САПР ЗСУПТ.
2. Разработать алгоритмы для проектирования ЗСУПТ на начальных этапах проектирования:
 - a. взаимного влияния «соседних источников»;
 - b. оценки влияния трансграничного переноса загрязнений в рабочей зоне;
 - c. учета метеорологических и синоптических параметров при моделировании переноса ЗВ;
 - d. учета вымывания ЗВ сухими и мокрыми осадками.
3. Произвести идентификацию моделей переноса ЗВ.
4. Разработать лингвистическое и программное обеспечение подсистемы САПР ЗСУПТ.

Методы исследования. Основой исследования является методология системного анализа, теория систем автоматического управления, теория матриц, теория вероятностей.

Научные положения, выносимые на защиту.

- Алгоритм взаимного влияния «соседних» источников.
- Алгоритм оценки трансграничного переноса ЗВ.
- Результаты параметрической идентификации моделей переноса ЗВ.
- Архитектура САПР ЗСУПТ.

Научная новизна.

- Алгоритм взаимного влияния «соседних» источников ЗВ в условиях нестационарной работы предприятий в промышленной зоне позволяет динамически учитывать включения и отключения источников загрязнения, метеорологические па-

раметры, что обеспечивает более адекватное моделирование ЗСУПТ.

- Алгоритм оценки трансграничного переноса ЗВ учитывает метеорологические параметры и осуществляет расчет влияния трансграничного переноса ЗВ на эффективность работы ЗСУПТ отдельного предприятия в промышленной зоне.
- Идентификация моделей переноса ЗВ в пространстве в виде передаточной функции и уравнения турбулентной диффузии и конвекции для случая выбросов ЗВ одним точечным источником показала, что модель переноса ЗВ в виде передаточной функции может быть использована при разработке ЗСУПТ средствами САПР.
- Предложенная оригинальная архитектура САПР ЗСУПТ включает компоненты для учета метеорологических параметров, для моделирования переноса ЗВ и необходимое информационное обеспечение для проектирования ЗСУПТ.

Практическая ценность работы заключается в реализации разработанных алгоритмов, математического, лингвистического и программного обеспечения в виде оригинального пакета прикладных программ. Этот пакет программ позволяет значительно сократить время проектирования ЗСУПТ и повысить качество проекта.

Внедрение и реализация результатов. Достоверность научных положений, результатов и выводов подтверждается корректным использованием математического аппарата, результатами вычислительных экспериментов по разработанным моделям, алгоритмам и программам, обсуждением полученных результатов на научных конференциях, а также результатами использования и внедрения.

Полученные результаты используются в учебном процессе Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ», Санкт-Петербургского государственного университета аэрокосмического приборостроения и при проектировании АПК ЗСУПТ на предприятии «ПАНТЕС», о чем имеются соответствующие акты о внедрении.

Апробация работы Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на следующих конференциях:

- XII международная конференция «Современное образование: содержание, технологии, качество, Россия, Санкт-Петербург, июнь 2006г.
- XII международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении», Россия, Санкт-Петербург, июнь 2008г.
- XI международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2008), Россия, Санкт-Петербург, июнь 2008г.
- XIII международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении», Россия, Санкт-Петербург, июнь 2009г.
- XII международная конференция по мягким вычислениям и измерениям (SCM'2009), Россия, Санкт-Петербург, июнь 2009г.

- XIV международная научно-практическая конференция «Системный анализ в проектировании и управлении», Россия, Санкт-Петербург, июнь 2010г.

Публикации. Основные теоретические и практические результаты диссертации опубликованы в 10 статьях и докладах, среди которых 3 публикации в изданиях, рекомендованных ВАК, 2 статьи в других изданиях и 5 докладов на международных научно-технических конференциях.

Структура и объем диссертации.

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения. В конце каждого раздела сформулированы выводы. Общий объем рукописи составляет 116 страниц, включает 10 таблиц, 29 рисунков и список используемых источников из 120 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования, указаны пути их достижения, раскрыты основные пункты научной и практической ценности выполняемой работы, а также перечислены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе приводится обзор средств мониторинга загрязнений атмосферы источниками выбросов, рассматриваются их преимущества и недостатки. Обосновываются цель и основные задачи работы.

Поведенный анализ существующих работ показал, что для контроля выбросов ЗВ промышленными предприятиями используется несколько подходов:

- создание автоматизированных станций мониторинга загрязнения, предназначенных для контроля уровня загрязнения на больших территориях, например, в городе;
- осуществление расчетов загрязнений с помощью унифицированных программ расчета загрязнения атмосферы, необходимых для составления отчета об инвентаризации промышленных предприятий;
- создание специализированных систем локального мониторинга загрязнений для осуществления контроля загрязнений на сравнительно небольших территориях.

Все рассмотренные подходы для решения задач контроля выбросами ЗВ имеют одну важную общую особенность: системы, основанные на этих подходах, никак не влияют на источник загрязнений, то есть являются «разомкнутыми» системами.

Выполненный анализ существующих подходов показал, что при их использовании главной целью является именно контроль, или мониторинг, загрязнений, что усиливает роль «человеческого фактора» и слабо воздействует на причину загрязнений.

В работах Р.И. Сольничева и его последователей предложена и развита до конкретных инженерно-технических решений концепция замкнутой системы управления, которая направлена на минимизацию человеческого фактора, исключение «разрыва» между результатами мониторинга и управлением соответствующими очистными агрегатами, исключение потерь информации и, как следствие, - экономических издержек, связанных с компенсациями по авариям, штрафам, упущенной выгодой.

Разработка такой сложной системы управления как ЗСУПТ невозможна без применения современных информационных технологий, в частности, без разработки САПР, обеспечивающей решение задач моделирования, расчета, синтеза управления, конструкторского проектирования.

Для создания эффективной САПР замкнутой системы управления в соответствии с принципами построения САПР необходима разработка многих подсистем: подсистемы моделирования, анализа, синтеза, подсистемы конструкторского проектирования, подсистемы обработки результатов экспериментальных исследований, подсистемы технологической подготовки, подсистемы подготовки технической документации. В данной работе рассматривается подсистема САПР ЗСУПТ для моделирования, анализа и расчета, применяемая на начальных этапах проектирования. Создание такой подсистемы требует алгоритмизации ряда проектных процедур, разработки средств моделирования и анализа распространения ЗВ в условиях непрерывно изменяющихся параметров атмосферы и режимов источников ЗВ (ИЗВ) с дальнейшей реализацией таких алгоритмов.

Существуют множество мощных программных математических пакетов, осуществляющих моделирование, такие как MATLAB/Simulink, VisSim, LabView, однако непосредственно использовать эти продукты для проектирования ЗСУПТ инженеру-проектировщику невозможно ввиду специфики и новизны работы ЗСУПТ.

При проектировании ЗСУПТ необходимо учитывать влияние выбросов ЗВ от «соседних» источников в рассматриваемом микрорайоне (промышленная зона, поселок, район города), учитывать выпадение сухого и мокрого осадков, а также определять влияние трансграничного переноса ЗВ. Эти задачи требуют как разработки соответствующих математических моделей и алгоритмов, так и разработки соответствующего программного обеспечения.

Вторая глава посвящена разработке моделей и алгоритмов, на базе которых реализована подсистема САПР ЗСУПТ.

Для разработки подсистемы сначала необходимо определить архитектуру всей САПР ЗСУПТ. На основе анализа особенностей ЗСУПТ, как объекта проектирования, предложена архитектура САПР ЗСУПТ включающая необходимые компоненты. Так математическое обеспечение включает модели переноса ЗВ и алгоритмы работы

ЗСУПТ, а информационное обеспечение содержит необходимую информацию о составляющих элементах ЗСУПТ.

Основной сложностью при анализе и расчете ЗСУПТ является создание модели распространения ЗВ в пространстве, так как необходимо учитывать множество параметров разной природы – это режим работы предприятий, метеорологические параметры, взаимное влияние ИЗВ. Также процесс проектирования ЗСУПТ как замкнутой системы накладывает свои ограничения на математическую модель переноса ЗВ, которая должна подходить для моделирования, анализа и расчета в замкнутом цикле.

В работе Р.И. Сольничева показано, что использование громоздких сложных моделей затруднено при решении задач проектирования замкнутых систем «Природа-Техногеника» и предложена упрощенная модель в виде передаточной функции (1), которая больше подходит для использования при моделировании и расчете замкнутой системы управления.

$$\frac{Q_i^*(L_{ij}, p)}{C_j(\xi, \eta, \zeta, p)} = \frac{K_1^*}{V_{ij}} \cdot (1 - e^{-\frac{(p+k_2) \cdot L_{ij}}{V_{ij}}}) \quad (1),$$

где V_{ij} – составляющие вектора скорости ветра в проекции на ось L_{ij} , соединяющую источники ЗВ; Q_i – вносимая в i -ый датчик составляющая ЗВ j -го источника; C_j – выброс (концентрация) ЗВ j -го источника, измеренная в точке максимума; p – оператор Лапласа; K_1^* – коэффициент передачи между C_j и Q_i ; L_{ij} – расстояние между i – ым и j – ым источниками; K_2^* – коэффициент, рассчитываемый по метеорологическим данным.

Для доказательства адекватности использования предложенной модели при моделировании ЗСУПТ проведен эксперимент, в котором сравниваются результаты моделирования ЗСУПТ с использованием двух моделей переноса ЗВ – уравнением турбулентной диффузии и конвекции и модели в виде передаточной функции.

В развитие новой концепции предлагается алгоритм учета взаимного влияния ИЗВ в ЗСУПТ. Блок-схема алгоритма представлена на рисунке 1 и включает в себя следующие блоки: блоки ввода параметров ИЗВ, блок расчета взаимного влияния ИЗВ, блок сортировки источников в соответствии с направлением ветра, блок учета нестационарности работы источников по времени.

Блок ввода параметров ИЗВ осуществляет ввод следующих параметров: координаты расположения источников, мощность выбросов, режим работы ИЗВ. Блок ввода метеорологических и синоптических параметров осуществляет ввод этих параметров (скорость и направление ветра, интенсивность осадков). Блок расчета взаимного влияния определяет суммарное значение концентрации ЗВ от ИЗВ рассматриваемого микрорайона, зафиксированное датчиком отдельного ИЗВ.

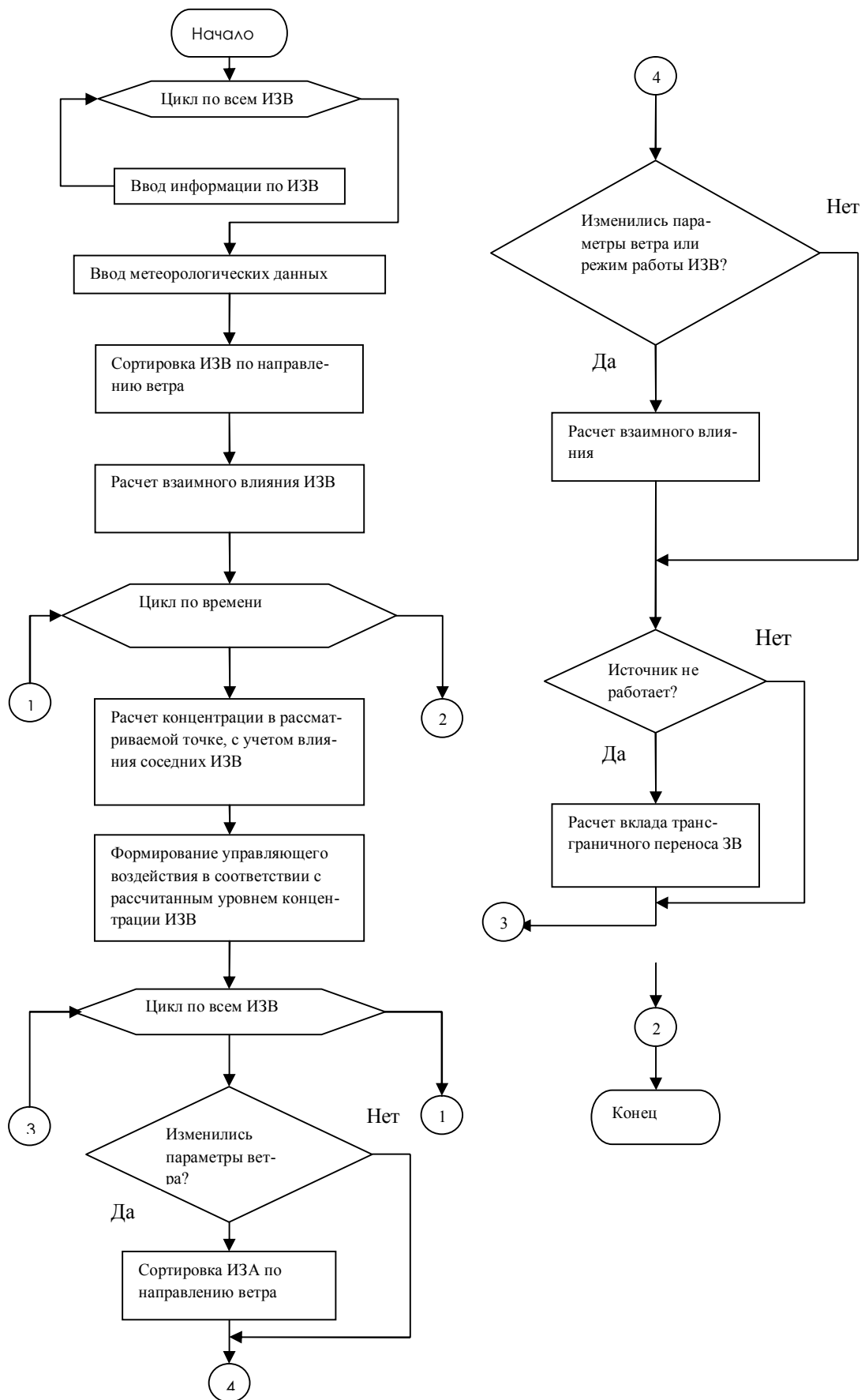


Рисунок 1 Алгоритм учета взаимного влияния ИЗВ

Блок сортировки источников загрязнения определяет проекции координат местоположения источников ЗВ в подветренной области на ось, совпадающую с направлением ветра, и затем сортирует источники по возрастанию модулей проекций в системе координат, связанной с граничной точкой микрорайона.

Блок учета нестационарности работы источников по времени определяет время выполнения пересчета параметров распространения ЗВ в зависимости от изменений режимов работы ИЗВ и изменений метеорологических параметров.

Работа описанных блоков выполняется в замкнутом цикле.

Влияние соседних источников на величину концентрации i -го точечного источника ЗВ рассчитывается с помощью формулы (1).

Взаимодействие n – ИЗВ в ограниченном районе (промышленная зона, микрорайон мегаполиса) представляется матрицей:

$$[C_{ij}]^{n+1,n+1} = \begin{pmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} & C_{1n+1} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2n} & C_{2n+1} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} & C_{nn+1} \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & C_{n+1n+1} \end{pmatrix}$$

где C_{ij} – при $i=j$, собственная концентрация i -го источника ЗВ, измеренная его датчиком. При $i \neq j$, C_{ij} - представляют концентрации взаимного влияния, C_{1n+1} , C_{2n+1} , C_{3n+1} , C_{n+1n+1} – концентрация обусловленная трансграничным переносом ЗВ.

На основе данной матрицы определяются следующие характеристики:

1. $\max_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1, i \neq j}^n C_{ij} \right\}$ - значение максимальной концентрации влияния соседних источников в микрорайоне.

точников в микрорайоне.

2. $\max_{i=1}^n \left\{ \sum_{j=1}^{n+1} C_{ij} - \sum_{i=1, i \neq j}^n C_{ij} \right\}$ - значение концентрации самого «грязного» источника.

3. $\max_{i \neq j, j=1, i=1}^n \{C_{ij}\}$ - максимальное значение концентрации влияния i -ых источников

ЗВ.

4. $\max_{j=1}^n \left\{ \sum_{i \neq j, i=1}^n C_{ij} \right\}$ - максимальное значение концентрации суммарного влияния

ИЗВ на i -е источники.

5. $C_{\text{измеренн.}} - \left\{ \sum_{i=1, i \neq j}^n C_{ij} \right\}$ - концентрация ЗВ, обусловленная трансграничным переносом ЗВ.

носом ЗВ.

Особенность предложенного алгоритма состоит в том, что на каждом шаге моделирования ЗСУПТ, помимо расчета параметров моделей ЗСУПТ, выполняется про-

верка необходимости пересчета параметров взаимного влияния ИЗВ в соответствии с режимами работы источников и изменением метеорологических параметров, и, если такая необходимость возникает, происходит необходимый расчет. Таким образом, в процессе моделирования с учетом алгоритма измерений учитывается взаимное влияние источников загрязнения C_p и вычисляется величина трансграничного переноса C_m при изменении указанных выше параметров.

Данный алгоритм работает в определенные промежутки времени. Рассмотрим последовательность выполнения расчетов во времени.

Проиллюстрируем диаграмму работы алгоритма измерений и мониторинга на модельном примере. Пусть заданы уровни концентрации ЗВ C_m и C_p , промежутки времени работы i -го ИЗВ. Тогда работу алгоритма можно отобразить на временной диаграмме (рисунок 2).

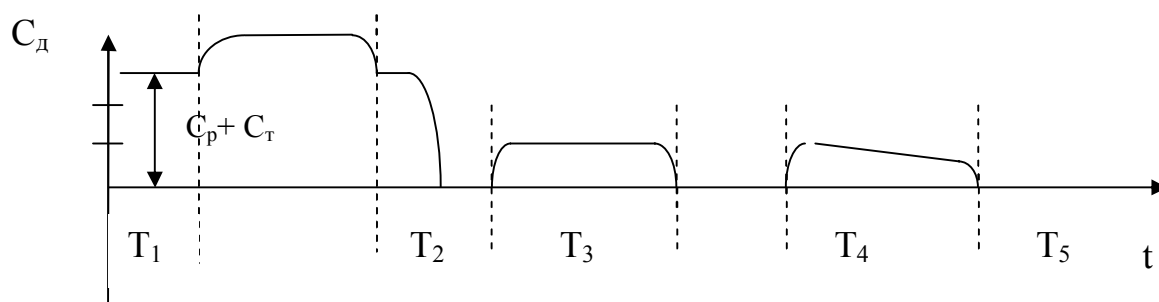


Рисунок 2 Временная диаграмма работы алгоритма учета взаимного влияния ИЗВ

- где T_1, T_2, T_3, T_4, T_5 - промежутки времени, соответствующие операциям алгоритма, описанным ранее; C_p – рассчитываемая концентрация влияния i -ых источников; C_d – концентрация ЗВ, фиксированная на датчике ИЗВ; C_m – рассчитываемое значение концентрации ЗВ от трансграничного переноса ЗВ; t – время измерения.

На диаграмме показано, что расчет концентраций C_m и C_p – производится при неработающем ИЗВ, эти значения используются для «обнуления» датчика. Диаграмма иллюстрирует изменение концентрации ЗВ на датчике до «обнуления» – промежутков времени T_1, T_2 , после учета C_m и C_p - промежутков времени T_3 , и в процессе работающей ЗСУПТ – промежутков времени T_4 . В промежутке времени T_5 происходит расчет концентраций C_m и C_p .

Предложенный алгоритм составляет основу подсистемы моделирования и расчета САПР ЗСУПТ с учетом влияния соседних ИЗВ, учетом метеорологических данных, трансграничного переноса.

Учет вымывания ЗВ осадками осуществлен с помощью введения дополнительного коэффициента. ЗВ вымываются осадками из атмосферы в облачном пространстве и в подоблачном. Вымывание осадками ЗВ может быть описано уравнением:

$\frac{\partial c}{\partial t} = -\Lambda c$, где Λ – коэффициент вымывания осадками, основанный на измеренных данных:

$$\Lambda = A \left(\frac{R_p}{F} \right)^B.$$

Здесь A и B эмпирические константы; R – интенсивность осадков, F – «площадь» осадков.

Для конвективных осадков, в соответствии с работами Walton, принимают $F=0.3$, а для осадков с разной интенсивностью в слоях $F=1$. Значение изменения концентрации ЗВ, осредненное по рассматриваемой области, после выпадения осадков, определяется следующей формулой:

$$c^{t+\Delta t} = c^t [1 - F(1 - e^{-\Lambda \Delta t})] \quad (2)$$

Эта модель различает вымывание осадками в самом облаке и за ним.

В облачной среде газообразные ЗВ очень быстро растворяются в водной среде, приводя уровень концентрации к равновесию, в то время как аэрозольные частицы ЗВ выводятся из облака с помощью капель. Дальнейшее объединение облачных капель и выпадение осадков приводит к вымыванию ЗВ из атмосферы. Эффективность вымывания аэрозолей облачными каплями зависит от содержания жидкой воды в облаке. Для аппроксимации используется следующее выражение:

$$\varepsilon_w = \frac{C_w}{C_w + \varepsilon_0}, \text{ где } C_w - \text{ содержание воды в облаке в г/м}^3, \varepsilon_w - \text{ константа равная 1.}$$

В случае вымывания ЗВ в самом облаке, уравнение (2) будет выглядеть следующим образом :

$$c^{t+\Delta t} = c^t [1 - \varepsilon_w F(1 - e^{-\Lambda \Delta t})]$$

Использование описанного подхода позволяет учесть вымывание ЗВ осадками в математической модели переноса ЗВ в пространстве.

Разработанный алгоритм взаимного влияния «соседних» источников ЗВ в условиях нестационарной работы предприятий в промышленной зоне позволяет динамически учитывать включения и отключения источников загрязнения, метеорологические параметры, что обеспечивает более адекватное моделирование ЗСУПТ.

В *третьей главе* рассматриваются вопросы разработки архитектуры программного обеспечения САПР ЗСУПТ и программных компонент подсистемы САПР

ЗСУПТ.

Существуют различные универсальные пакеты визуального моделирования, позволяющие моделировать структурно-сложные динамические системы: Simulink и SimMechanics пакета MATLAB, EASY5(Boeing), подсистема SystemBuild пакета MATRIX, VisSim (Visual Solution) и др. Несмотря на то, что эти пакеты являются универсальными и обладают мощными средствами для моделирования и визуализации сложных динамических систем, построить модель динамической системы ЗСУПТ в среде указанных пакетов проектировщику, не специалисту в программировании, сложно, так как это требует тщательного изучения среды, средств и инструментов моделирования.

Для создания подсистемы САПР ЗСУПТ была выбрана среда MATLAB/Simulink, являющаяся лидером среди пакетов моделирования динамических систем.

Основными причинами, определившими выбор MATLAB/Simulink, явились следующие.

Богатый набор стандартных блоков для моделирования динамических систем, высокоразвитый математический аппарат для решения задач векторно-матричной алгебры, возможность интеграции с другими математическими пакетами, например, с пакетом Comsol Multiphysics, который специально разработан для моделирования разнообразных физических процессов.

Предлагаемая структура подсистемы САПР ЗСУПТ в среде MATLAB/Simulink представлена на рисунке 3.

Подсистема содержит вспомогательные программы для оперативного сохранения результатов моделирования в файлах и чтения исходных данных. Модели, составляющие ЗСУПТ, предлагается выделить в отдельные блоки при помощи механизма маскирования подсистем, который позволяет оформить подсистему как полноценный библиотечный блок, т.е. снабдить подсистему собственным окном параметров, пиктограммой, справочной системой и т.п.

Маскирование подсистем дает пользователю следующие преимущества:

1. Расширяет возможности пользователя по управлению параметрами модели.
2. Позволяет создавать более понятный интерфейс подсистемы.
3. Повышает наглядность блок-диаграммы.
4. Расширяет возможности построения сложных моделей.
5. Повышает защищенность модели от несанкционированной модификации.

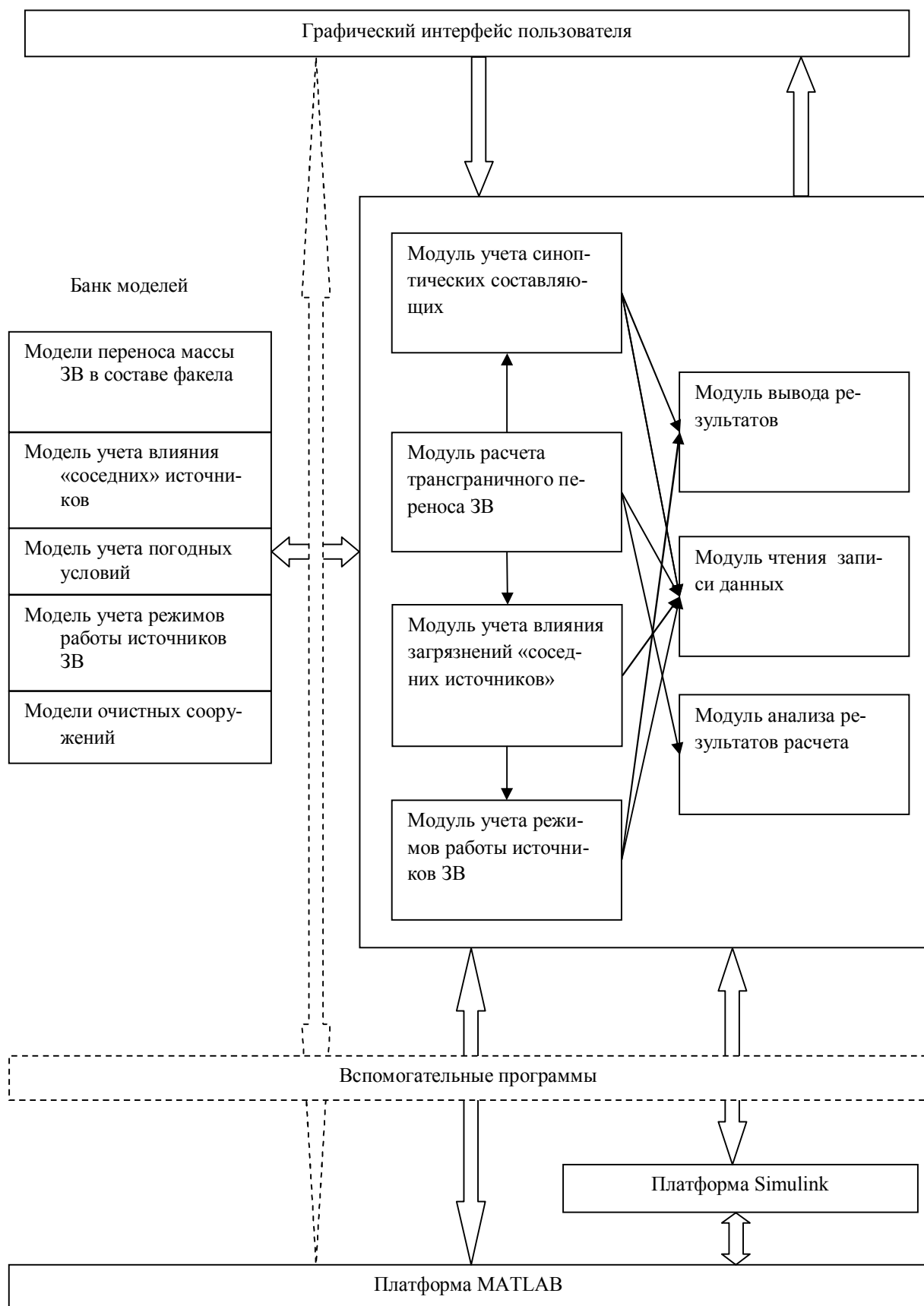


Рисунок 3 Архитектура программного обеспечения подсистемы САПР ЗСУПТ

Алгоритм, учитывающий режимы работы ИЗВ, реализован с помощью определения «условных» подмоделей. Этот подход упрощает восприятие результирующей модели, разделяя ее на более мелкие. Уровень вложенности подмоделей не ограничен, данная модель реализована в виде логических подсистем. Подсистемы включают блоки Simulink, а также блоки, написанные на языке программирования MATLAB.

Таким образом, разработанное программное обеспечение состоит из набора программных модулей, реализующих математические модели и алгоритмы на языке программирования MATLAB и в среде визуального моделирования Simulink.

Под разработкой лингвистического обеспечения понимается разработка диалоговых интерфейсов, обеспечивающих выполнение моделирования и анализа ЗСУПТ на начальных стадиях проектирования.

Интерфейс подсистемы САПР ЗСУПТ обеспечивает ввод параметров и характеристик динамической системы ЗСУПТ, параметров ИЗВ, внешних возмущающих воздействий, метеорологических, синоптических параметров, а также вывод результатов моделирования в наглядной форме в отдельных окнах.

Подсистема САПР ЗСУПТ на основе данных, сформированных программами формирования моделей подсистем ЗСУПТ, и введенных значений параметров моделирования и возмущающих воздействий производит моделирование и позволяет произвести анализ полученных результатов.

Программный модуль оформления результатов в зависимости от выбранных режимов вывода организует вывод результатов моделирования динамической системы ЗСУПТ в виде таблиц и графиков.

Лингвистическое обеспечение позволяет инженеру-проектировщику удобно общаться с подсистемой САПР для решения поставленных задач. Лингвистическое обеспечение включает в себя :

1. Развитый, интуитивно понятный пользователю, графический интерфейс (GUI – Graphics User Interface) ввода данных.
2. Удобные и эргономичные формы ввода в подсистему параметров ЗСУПТ и внешних воздействий.

Разработанное лингвистическое обеспечение предоставляет следующие возможности:

1. Получение сохраненных параметров и характеристик ЗСУПТ с удаленных серверов для ввода в подсистему.
2. Сохранение введенных данных локально и на удаленных серверах баз данных.
3. Настройки сетевых соединений и безопасности работы в сети.
4. Выбор решателей и установку времени работы подсистемы.

5. Выбор режимов работы подсистемы.
6. Вывод результатов работы подсистемы в удобном для пользователя виде: стандартная диаграмма MATLAB, графики, таблицы.
7. Сохранение результатов работы в файле для дальнейшего анализа.

Необходимой составляющей подсистемы САПР является информационное обеспечение, которое было разработано для обеспечения доступа проектировщика к справочной информации и параметрам математических моделей, хранящихся в базе данных. Разработанное информационное обеспечение включает в себя базу данных для хранения параметров моделей ЗСУПТ и соответствующее программное обеспечение для доступа к хранящейся в ней информации.

В четвертой главе рассматривается методика применения подсистемы САПР ЗСУПТ.

Методика использования подсистемы САПР ЗСУПТ в общем виде может быть представлена алгоритмом, изображенным на рисунке 4.

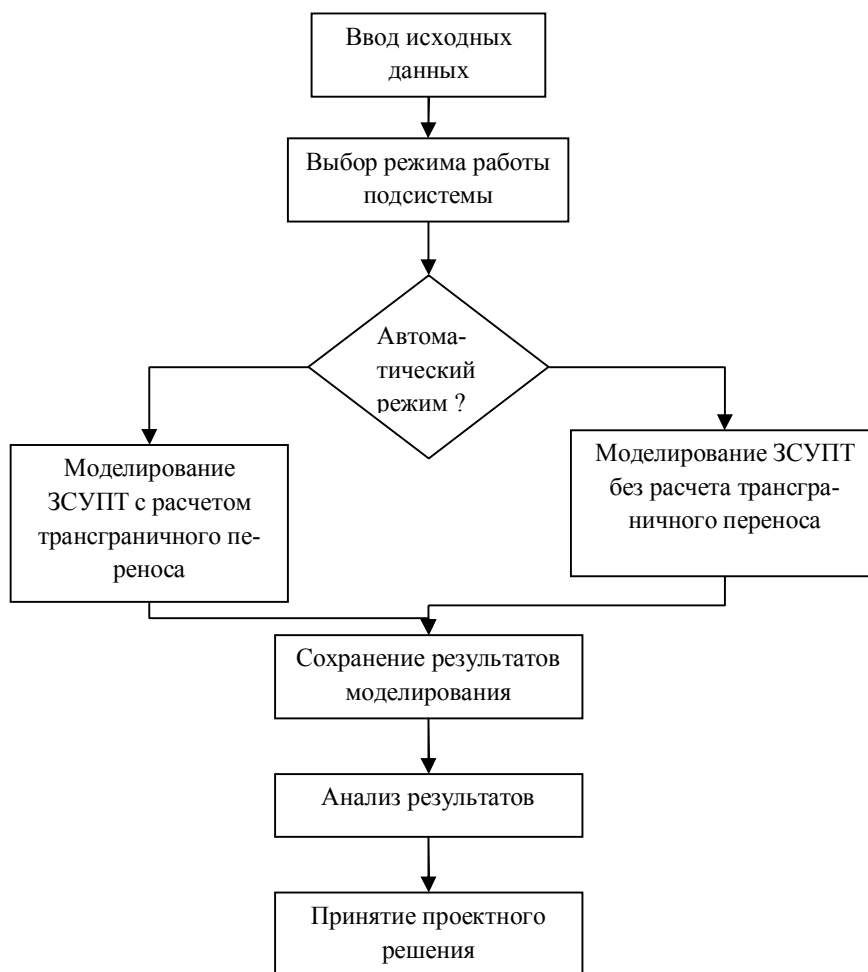


Рисунок 4 Алгоритм использования подсистемы САПР ЗСУПТ.

На этапе ввода исходных данных вводятся параметры ИЗВ, их режимы работы, метеорологические данные, необходимые для точного моделирования работы ЗСУПТ. На следующем этапе необходимо определиться с выбором режима работы подсистемы САПР. Режим расчетов предполагает отсутствие данных о величине фоновой концентрации в исследуемом регионе. В автоматическом режиме моделирование системы происходит с учетом известной составляющей фонового загрязнения рассматриваемого микрорайона.

После выбора режима производится моделирование ЗСУПТ. В результате моделирования формируются оценки взаимного влияния ИЗВ, уровни трансграничного переноса ЗВ и выбросы рассматриваемого ИЗВ. После того, как моделирование произведено, рассчитанные в процессе него данные необходимо сохранить, чтобы можно было вернуться к ним на этапе анализа. Впоследствии, меняя режим работы подсистемы, можно накапливать результаты моделирования ЗСУПТ при различных входных данных.

Рассмотрены примеры применения подсистемы САПР ЗСУПТ в случае одиночного источника ЗВ и взаимного влияния многих источников ЗВ в промышленной зоне.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведен анализ современных подходов к решению задачи минимизации выбросов. Показано, что инновационный подход к минимизации выбросов ЗВ при помощи ЗСУПТ является оригинальным и актуальным решением.

2. Произведена параметрическая идентификация моделей переноса ЗВ, что позволило использовать модель «вход-выход» в качестве основы для моделирования ЗСУПТ в процессе проектирования.

3. Предложен набор расчетных оценок, позволяющих производить анализ устойчивости при проектировании ЗСУПТ.

4. Разработан и реализован алгоритм учета взаимного влияния ИЗВ.

5. Разработан и реализован алгоритм трансграничного переноса ЗВ, учитывающий метеорологические параметры при моделировании переноса ЗВ.

6. Предложен способ учета влияния сухого выпадения осадков и мокрого вымывания осадками на концентрацию ЗВ.

7. Предложена архитектура САПР ЗСУПТ.

8. Реализована подсистема САПР ЗСУПТ на основе пакетов MATLAB/Simulink Comsol Multiphysics, включающая математическое, лингвистическое и программное обеспечение.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Тревгода, М.А. Вопросы построения подсистемы САПР замкнутой системы управления «природа-техногеника» [Текст] / М. А. Тревгода // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». - 2010.- № 1. –С. 29-34
2. Тревгода, М.А. Алгоритмизация начальных этапов процесса проектирования замкнутой системы управления «Природа-техногеника» [Текст]/ Р.И. Сольнищев, М.А. Тревгода, // Информационно-управляющие системы – 2010. - №2. – С. 61-65
3. Тревгода, М.А. Программное обеспечение подсистемы САПР замкнутой системы управления «Природа-техногеника» [Текст]/ Р.И. Сольнищев, М.А. Тревгода // Информационно-управляющие системы – 2010. - №4. – С. 34-38.

Другие статьи и материалы конференций:

4. Тревгода, М.А. Программное обеспечение систем дистанционного управления [Текст] / С.В. Лукашевич, М. А. Тревгода, С. А. Тревгода // Материалы XII межд. конф. «Современное образование: содержание, технологии, качество». – Спб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2006.- С. 25-27.
5. Тревгода, М.А. Автоматизация проектирования системы управления выбросами загрязняющих веществ [Текст] / М. А. Тревгода // Труды XII межд. науч.-практ. конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского Политех. ун-та, 2008. - С.255-257.
6. Тревгода, М.А. Технология разработки замкнутой системы управления «природа-техногеника» [Текст] / М. А. Тревгода // Труды XIII межд. науч.-практ. конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского Политех. ун-та, 2009. - С. 285-287.
7. Тревгода, М.А. Вопросы разработки подсистемы САПР «Природа-техногеника» [Текст] / Р.И. Сольнищев, М. А. Тревгода // Материалы XI межд. конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2008), – Спб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2008. - С. 137-139
8. Тревгода, М.А. Информационные технологии в проектировании систем управления “Природа-Техногеника” [Текст] / М. А. Тревгода // Материалы XII межд. конференции по мягким вычислениям и измерениям (SCM-2009), – Спб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2009. - С.142-145.
9. Тревгода, М.А. Алгоритм учета взаимного влияния источников загрязнения в замкнутой системе управления «природа – техногеника» [Текст]/ М.А. Тревгода// Системный анализ и логистика. - Спб.: Изд-во ГУАП. - 2010. – С.5-6.
10. Тревгода, М.А. Принципы разработки подсистемы САПР замкнутой системы управления «Природа-Техногеника» [Текст] / М. А. Тревгода // Труды XIV межд. науч.-практ. конференции «Системный анализ в проектировании и управлении». – Спб.: Изд-во Санкт-Петербургского Политех. ун-та, 2010. - С.151-153.