

Государственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования



*«Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана»*

(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

ФАКУЛЬТЕТ Информатика и системы управления

КАФЕДРА Программное обеспечение ЭВМ и информационные
технологии

**РАСЧЁТНО - ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ
ЗАПИСКА**

к квалификационной работе бакалавра на тему:

Автоматизированная информационная система контроля перемещения
автотранспортных средств, перевозящих аварийные химически опасные
грузы.

Студент Пахомов Александр Александрович _____
(Подпись, дата)

А.А. Пахомов
(И.О.Фамилия)

Руководитель квалификационной работы _____
(Подпись, дата)

Л.Л. Волкова
(И.О.Фамилия)

Москва, 2015

T3

Вторая страница ТЗ

Содержание

Реферат	7
Перечень условных обозначений.....	8
Введение	9
1. Аналитический раздел.....	10
1.1. Описание предметной области.....	10
1.2. Анализ существующих решений	11
1.3. Описание входных и выходных данных.....	13
1.4. Описание ограничений.....	13
1.5. Функциональные требования.....	15
1.6. Использование программы.....	16
2. Конструкторский раздел.....	17
2.1. Общая структура программы	17
2.2. Диаграмма взаимодействия процессов.....	18
2.3. Проектирование базы данных.....	18
2.4. Метод идентификации перевозки по времени и месту	20
2.4.1. Разработка метода	20
2.4.2. Ограничения, накладываемые на входные данные	23
2.4.3. Схема алгоритма.....	23
2.4.4. Тестирование алгоритма	23
2.5. Метод выборки необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации	25
2.5.1. Разработка метода	25
2.5.2. Схема алгоритма.....	26
2.5.3. Тестирование алгоритма	27
2.6. Диаграмма классов	29
2.7. Алгоритм расчёта возможной химической обстановки.....	30
2.7.1. Определение площади зоны химического заражения.....	30
2.7.2. Определение наименования и количества обезвреживающего вещества для ликвидации (локализации) источника заражения.	32
3. Технологический раздел.....	34
3.1. Выбор средств разработки	34

3.1.1.	Выбор программной платформы и языка программирования.....	34
3.1.2.	Средство работы с картой	35
3.1.3.	Выбор СУБД.....	35
3.1.4.	Средство работы с базой данных.....	36
3.2.	Установка программного обеспечения.....	36
3.3.	Тестирование программного обеспечения	36
3.4.	Руководство пользователя.....	37
3.4.1.	Описание интерфейса программы	37
3.4.2.	Регистрация новой перевозки	38
3.4.3.	Создание и анализ отчёта о чрезвычайной ситуации.....	41
4.	Экспериментальный раздел.....	44
4.1.	Расчёт ситуации, когда обезвреживающего вещества недостаточно для устранения последствий аварии	44
4.2.	Последовательный расчёт устранения последствий двух аварий, на каждую из которых в отдельности достаточно суммарного количества ресурсов и обезвреживающего вещества, а вместе – недостаточно.....	45
5.	Организационно-экономическая часть	49
5.1.	Определение этапов и содержания работ. Расчет трудоемкости.....	49
5.2.	Расчет трудоемкости	50
5.3.	Определение численности исполнителей.....	52
5.4.	Сетевая модель проекта.....	54
5.5.	Календарный график выполнения проекта.....	54
5.6.	Анализ структуры затрат проекта.....	57
5.6.1.	Расчет расходов	57
5.6.2.	Расчет расходов, связанных с обеспечением работ оборудованием	58
5.6.3.	Расчет расходов, связанных с организацией рабочих мест	58
5.6.4.	Расчет накладных расходов.....	59
5.7.	Исследование рынка для разрабатываемого ПО	61
5.8.	Планирование цены и прогнозирование прибыли	61
5.9.	Выводы.....	63
6.	Охрана труда и экология	64
6.1.	Анализ опасных и вредных факторов при разработке программного обеспечения и мероприятия по их устранению	64
6.1.1.	Микроклимат	64

6.1.2. Шум и вибрации	65
6.1.3. Освещение	66
6.1.4. Рентгеновское излучение	67
6.1.5. Неионизирующие электромагнитные излучения	67
6.1.6. Визуальные параметры	68
6.2. Расчет системы искусственного освещения	69
Заключение	74
Список литературы.....	76
Приложение А. Листинг модульных тестов.....	77

Реферат

Объектом исследования данной работы является реагирование подразделений ФПС МЧС России на аварии с участием транспортных средств, перевозящих аварийно химически опасные вещества (далее - АХОВ).

Цель работы заключается в создании специального программного обеспечения поддержки принятия управленческих решений при реагировании подразделений МЧС России на чрезвычайные ситуации с участием транспортных средств, перевозящих АХОВ.

В первой главе проводится анализ предметной области, обосновывается необходимость разработки методов: идентификации ТС по времени и месту; рациональной выборки аварийно-спасательных подразделений по критериям их предназначения и времени прибытия к месту ЧС. Описываются допущения и ограничения, при которых программа корректно работает.

Во второй главе описывается общая структура программного обеспечения, проектируется база данных, разрабатываются методы, необходимость которых обоснована в первой главе, приводится описание разработанных алгоритмов в виде схем (ГОСТ 19.701-90), описываются классы эквивалентности для разработанных алгоритмов.

В третьей главе обосновывается выбор технологий разработки, используемых при реализации алгоритмов, описанных во второй главе.

В четвёртой главе проводятся эксперименты с разработанной системой и анализируются полученные данные.

Программное обеспечение рекомендуется установить для проведения опытной эксплуатации и оценки его функциональных возможностей в Центре мониторинга реагирования пожарно-спасательных подразделений МЧС России на ДТП ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

Объект исследования предлагается развивать в следующих направлениях:

- выявление «слабых мест» в схеме расположения аварийно-спасательных подразделений;
- составление графика перевозок АХОВ;
- использование ГЛОНАСС для более точного мониторинга ТС.

Перечень условных обозначений

ФПС МЧС России – федеральная противопожарная служба, является составной частью Государственной противопожарной службы и входит в систему Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России);

АХОВ – аварийно химически опасные вещества или их соединения, которые при попадании в окружающую среду способны вызвать чрезвычайную ситуацию: заразить воздух, воду, почву, привести к отравлению и гибели людей, животных, растений;

ЧС – чрезвычайная ситуация;

ТС – транспортное средство;

ГРЗ – государственный регистрационный знак транспортного средства, специальное средство идентификации, устанавливаемое на транспортном средстве по решению ответственных органов государства, зарегистрировавшего транспортное средство, представляющее собой изображение цифро-буквенной последовательности;

ПО – программное обеспечение.

Введение

В настоящее время в России является актуальной проблема своевременного реагирования подразделений МЧС на аварии с участием ТС, перевозящих АХОВ. Существуют системы, частично решающие эту проблему, но на данный момент не известны системы, объединяющие в себе мониторинг перевозок АХОВ, расчёт химической обстановки в случае аварии и оповещение рационально выбранных аварийно-спасательных подразделений по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации с целью устранения последствий произошедшей аварии.

Таким образом, цель работы заключается в создании специального программного обеспечения поддержки принятия управленческих решений при реагировании подразделений МЧС России на чрезвычайные ситуации с участием транспортных средств, перевозящих АХОВ.

Важность своевременного выявления возможной утечки АХОВ в окружающую среду и временных показателей прибытия аварийно-спасательных подразделений к месту происшествия высока, так как от этого может зависеть жизнь и здоровье людей, а также состояние окружающей среды.

Для реализации подобной системы необходимо решить следующие задачи:

1. проектирование системы, использующей карту и базу данных;
2. идентификация транспортных средств по времени и месту;
3. расчёт химической обстановки при свободном разливе АХОВ;
4. выборка необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации;
5. оформление полученной в результате анализа информации в виде отчёта.

1. Аналитический раздел

Информационная система — это взаимосвязанная совокупность средств, методов и персонала, используемых для хранения, обработки и выдачи информации для достижения цели управления.

По степени автоматизации ИС делятся на:

- автоматизированные: информационные системы, в которых автоматизация может быть неполной (то есть требуется постоянное вмешательство персонала);
- автоматические: информационные системы, в которых автоматизация является полной, то есть вмешательство персонала не требуется или требуется только эпизодически.

«Ручные ИС» («без компьютера») существовать не могут, поскольку существующие определения предписывают обязательное наличие в составе ИС аппаратно-программных средств. Вследствие этого понятия «автоматизированная информационная система», «компьютерная информационная система» и просто «информационная система» являются синонимами [1].

1.1. Описание предметной области

Каждый водитель, перевозящий опасные грузы, перед отправлением обязан заполнять путевой лист. В нём указывается информация о водителе, транспортном средстве, перевозимом грузе и маршруте перемещения (как минимум начальный и конечный пункты).

На основании этих данных и данных, полученных посредством расчёта стадий, можно составить оценки времени, которое потребуется водителю для пересечения каждого посещаемого населённого пункта по пути из начального в конечный. Рассчитанную информацию можно сохранять и использовать для анализа степени опасности происшествия.

При поступлении информации об аварии: времени и месте, используя хранимые данные можно быстро определить, какие транспортные средства могли находиться вблизи заданной точки, и, используя данные о возможной утечке АХОВ, рассчитать химическую обстановку, выбрать необходимые аварийно-спасательные подразделения и сформировать отчёт по результатам проведённого анализа.

На основании полученных данных, а также данных о местности и текущих погодных условиях, необходимо произвести прогнозирование и оценку химической обстановки при выбросах в окружающую среду АХОВ.

Для прогнозирования химической обстановки используется «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте» [2].

Затем рассчитывается время устранения последствий аварии. На выходе предшествующего модуля получены данные о площади зоны заражения и рекомендации к его устранению. В базе хранится информация обо всех территориальных пунктах сил МЧС и подведомственных организаций: их местоположение и ресурсы. На основании имеющихся данных необходимо осуществить поиск необходимых сил в области ЧП и рассчитать их время прибытия.

Для решения поставленной задачи необходимо взаимодействие как минимум трёх сущностей: пункта сил МЧС, перевозки опасного груза и аварии.

На основании анализа предметной области объектом исследования выбрана задача определения необходимых сил, их поиска и расчёт времени, которое потребуется им для устранения последствий аварии.

1.2. Анализ существующих решений

Частичные решения описанной проблемы присутствуют в нижеперечисленных источниках.

1. КИАСК ПОГ - комплексная информационно-аналитическая система контроля перевозок опасных грузов, работает в Ространснадзоре с 2013 года [3].

Преимущество системы заключается в том, что она контролирует автомобили, оснащённые аппаратурой спутниковой навигации ГЛОНАСС с подключением к автоматизированному центру контроля и надзора Ространснадзора.

Недостатком системы является то, что она не позволяет рассчитывать химическую обстановку при аварии и оповещать необходимые для устранения последствий подразделения ФПС МЧС России.

2. Расчётная модель «Прогнозирование и оценка химической обстановки при выбросах в окружающую среду АХОВ» является непосредственной реализацией

методики прогнозирования химической обстановки. На рисунке 1.1 показан результат её работы.

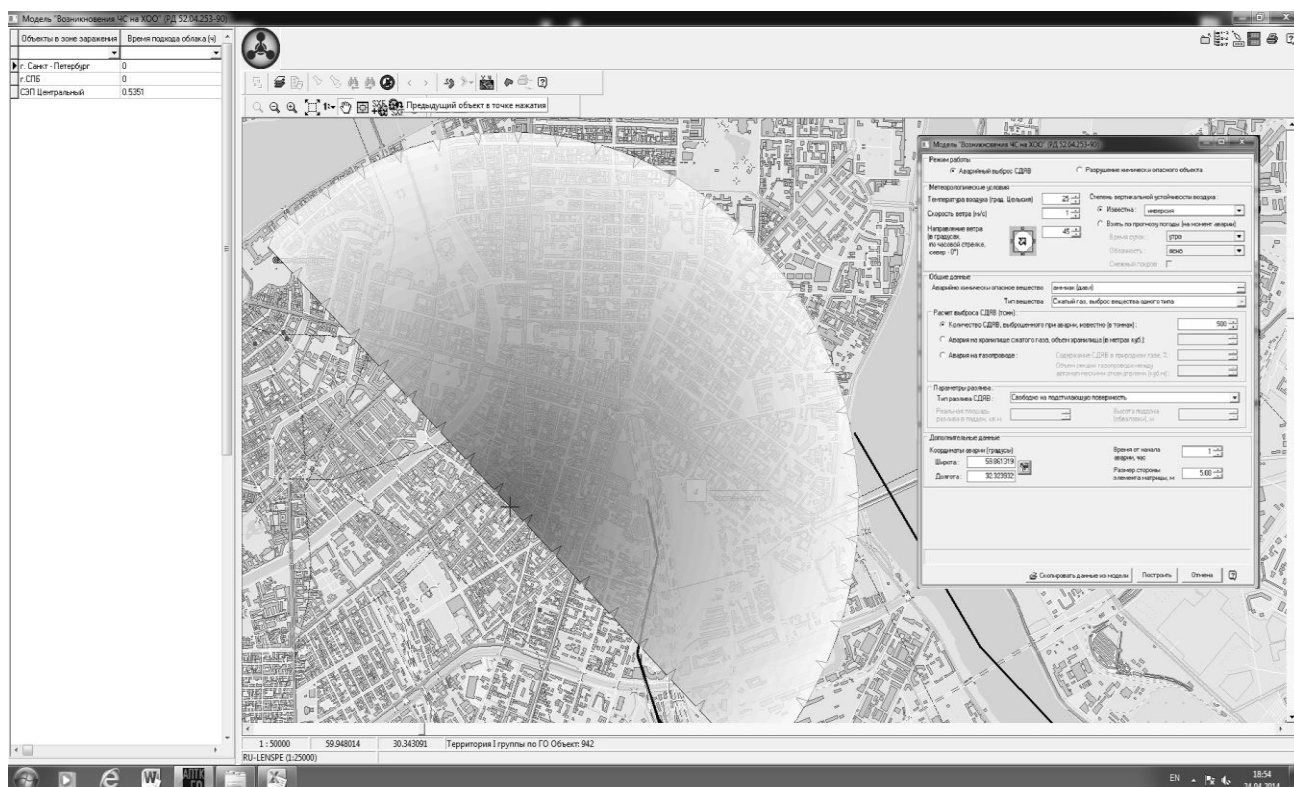


Рисунок 1.1 – Пример визуализации результатов моделирования аварии.

Преимуществом системы является расчёт химической обстановки с учётом факторов: рельефа местности, погодных условий, плотности застройки и т.п. В текущем проекте для расчёта химической обстановки используется ряд допущений, описанных ниже.

Недостатком системы является то, что она не связана с перевозками опасных грузов, вследствие чего не может автоматизированно рассчитывать химическую обстановку при указании времени и места аварии. Кроме того, отсутствует автоматизированный расчёт времени устранения последствий аварии.

Таким образом, можно сделать вывод, что на данный момент не известна система, позволяющая автоматизированно рассчитывать химическую обстановку в случае аварии и оповещать подразделения МЧС с целью устранения её последствий. Это является актуальной на сегодняшний день проблемой, которая требует решения.

Необходимо решить следующие задачи:

1. Как определить перевозку, которая могла участвовать в аварии.

2. Какие подразделения ФПС МЧС России оповещать и каким образом их выбирать.

Следовательно, необходимо разработать два метода, которые позволят при поступлении сообщения об аварии определить перевозку и после расчёта химической обстановки оповестить аварийно-спасательные подразделения:

1. метод идентификации перевозки по времени и месту;
2. метод выборки необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации.

1.3. Описание входных и выходных данных

На вход программы подаётся время и место аварии, а также указывается направление ветра. В результате на карте отображается соответствующий маркер, содержащий информацию об аварии, изображается область поражения окружающей среды аварийным веществом, распространившимся в направлении заданного направления ветра. По результатам анализа генерируется подробный отчёт о происшествии.

1.4. Описание ограничений

1. При регистрации перевозки маршрут перевозки определяется однозначно и не может быть изменён.
2. Водитель во время перевозки не имеет права останавливаться на длительную стоянку.
3. Предполагается, что весь путь водитель движется со скоростью 60 км/ч.
4. Расчёт химической обстановки ведётся с допущением следующих условий: изотермия, скорость приземного ветра на высоте 1 м - 3 м/с (на высоте флюгера – 5-7 м/с); температура воздуха - +20° С.
5. Пожарная обстановка на поведение АХОВ в атмосфере не влияет.
6. Ёмкости, содержащие АХОВ, в случае аварии разрушаются полностью.
7. Разлив ядовитых жидкостей из емкостей на транспортных средствах свободный.
8. Один работник способен устранить загрязнение на 70 кв. м. за 1 час, одна специализированная машина – на 700 кв. м.

9. На устранение аварии оповещённый пункт сил МЧС направляет все доступные ресурсы и все запасы необходимого обезвреживающего вещества.

10. Список АХОВ, перевозки которых могут быть зарегистрированы в системе:

- хлор;
- азотная кислота;
- аммиак (хранение под давлением);
- водород хлористый;
- водород фтористый;
- нитрил акриловой кислоты;
- окись этилена;
- сероуглерод;
- соляная кислот;
- фосген;
- ацетонитрил;
- ацетонциангидрин;
- диметиламин;
- метиламин;
- метил бромистый;
- метил хлористый;
- сероводород;
- соляная кислота;
- формальдегид;
- хлорпикрин;
- сернистый ангидрид.

11. Список обезвреживающих веществ, используемых в системе:

- 36% р-р соляной кислоты;
- вода;
- 25 % р-р аммиака;
- гипохлорид кальция;
- каустическая сода.

12. Последствия аварии необходимо устранить за 24 часа. Считается, что через большее время действие АХОВ прекращается.

13. Автомобили аварийно-спасательных подразделений перемещаются со скоростью 100 км/ч.

1.5. Функциональные требования

По результатам анализа предметной области определён следующий необходимый функционал приложения:

- предоставление формы для заполнения путевых листов;
- регистрация новых перевозок;
- отслеживание текущих перевозок;
- отображение перевозок на карте;
- вывод сводной информации о перевозках, аварийно-спасательных подразделениях и об авариях;
- определение приблизительного времени нахождения перевозки в каждой стадии маршрута;
- определение стадии перевозки в любое указанное время (в том числе текущее местоположение);
- удаление перевозок и подразделений ФПС МЧС России по запросу пользователя;
- расчёт маршрутов с учётом промежуточных стадий;
- расчёт химической обстановки в указанной точке в указанное время;
- расчёт необходимых для устранения последствий аварии ресурсов;
- выборка подразделений ФПС МЧС России, обладающих необходимыми ресурсами;
- генерирование отчёта в формате Excel по результатам расчётов.

1.6. Использование программы

На рисунке 1.2 представлена UML-диаграмма прецедентов [4], отражающая варианты использования системы.

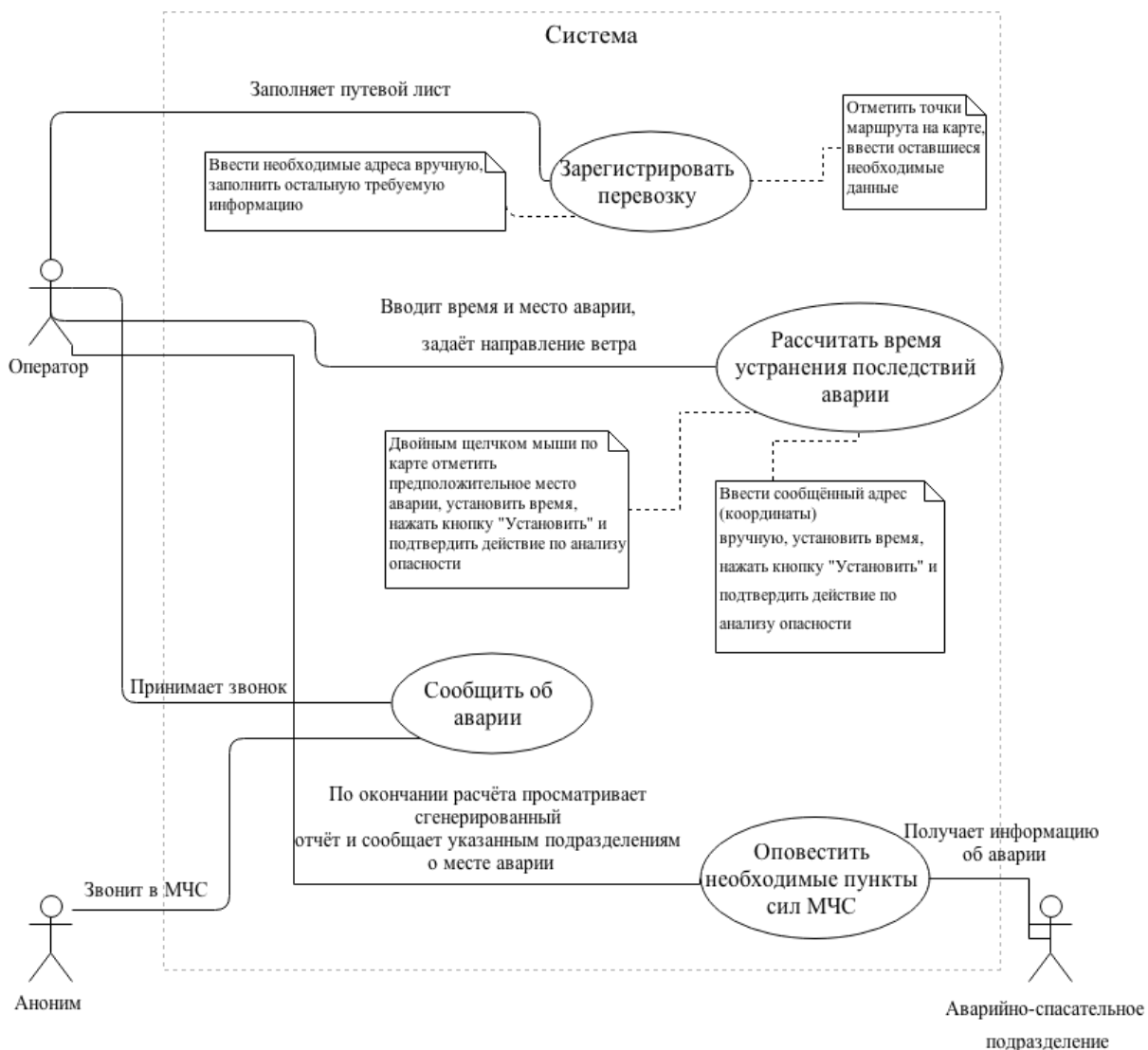


Рисунок 1.2 – Диаграмма взаимодействия с пользователем.

2. Конструкторский раздел

2.1. Общая структура программы

На рисунке 2.1 представлена общая структура программы.

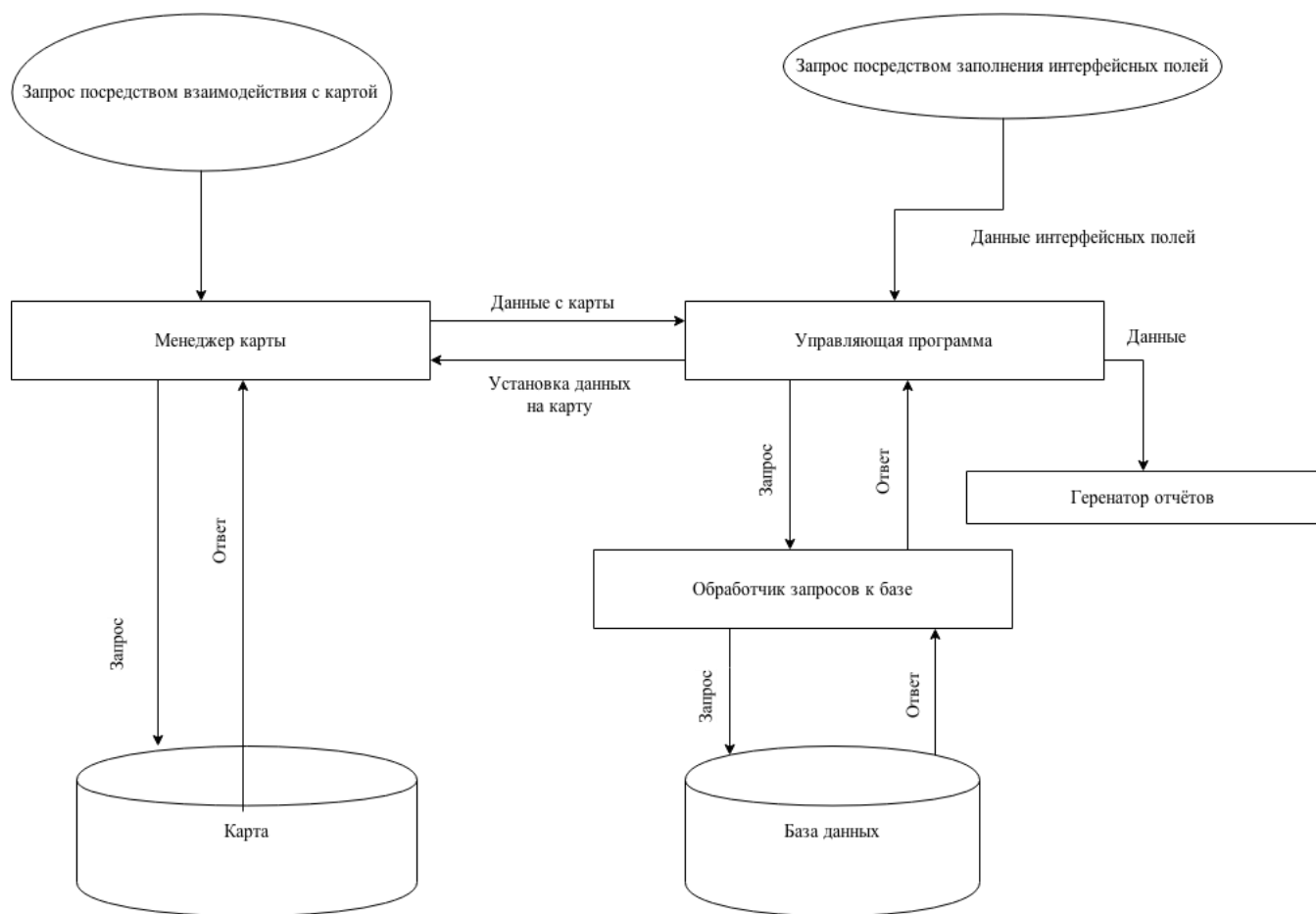


Рисунок 2.1 – Общая структура программы.

2.2. Диаграмма взаимодействия процессов

По результатам анализа построена диаграмма взаимодействия процессов системы (рис. 2.2).

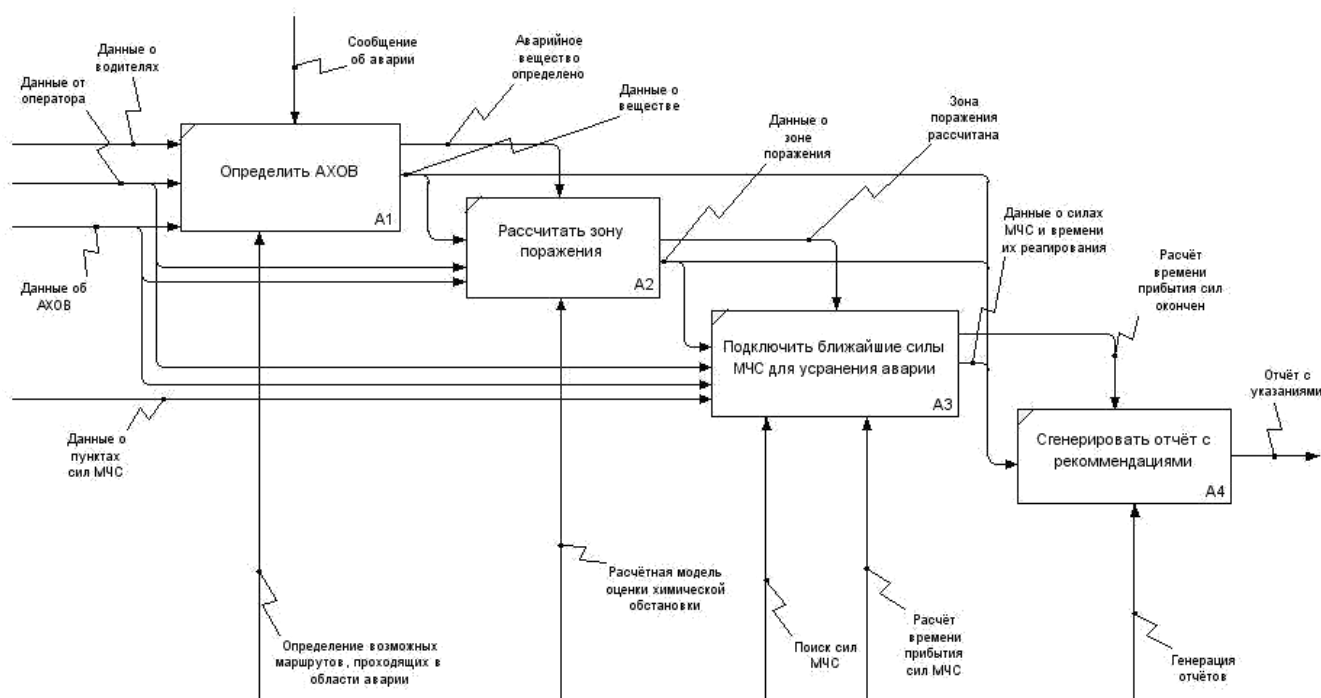


Рисунок 2.2 – IDEF0-диаграмма взаимодействия процессов.

2.3. Проектирование базы данных

В таблице 2.1 представлено краткое описание сущностей базы данных.

Таблица 2.1 – Краткое описание сущностей базы данных

Наименование таблицы	Краткое описание
staff	Пункты сил МЧС
antisubstance	Обезвреживающие вещества
as_accessory	Принадлежность обезвреживающих веществ пунктам
car	Принадлежность автомобилей для перевозки вещества/рабочих пункту
supercar	Принадлежность автомобилей для устранения последствий аварии пункту
t_crash	Аварии
t_transit	Перевозки

Таблица 2.1 – Краткое описание сущностей базы данных (продолжение)

t_driver	Водители
t_car	Автомобили
t_grz	ГРЗ

В таблице 2.2 представлено краткое описание связей в базе.

Таблица 2.2 – Краткое описание связей в базе данных

Наименование таблицы	Ссылается на	Действие при удалении записи в связанной таблице
staff	t_crash	Установка null в соответствующую ячейку
antisubstance	-	-
as_accessory	antisubstance staff	Удаление соответствующей строки Установка null в соответствующую ячейку
car	staff	Установка null в соответствующую ячейку
supercar	staff	Установка null в соответствующую ячейку
t_crash	-	-
t_transit	t_crash t_car t_driver	Удаление соответствующей строки Удаление соответствующей строки Удаление соответствующей строки
t_driver	-	-
t_car	t_grz	Удаление соответствующей строки
t_grz	-	-

На рисунке 2.3 представлена диаграмма спроектированной базы данных.

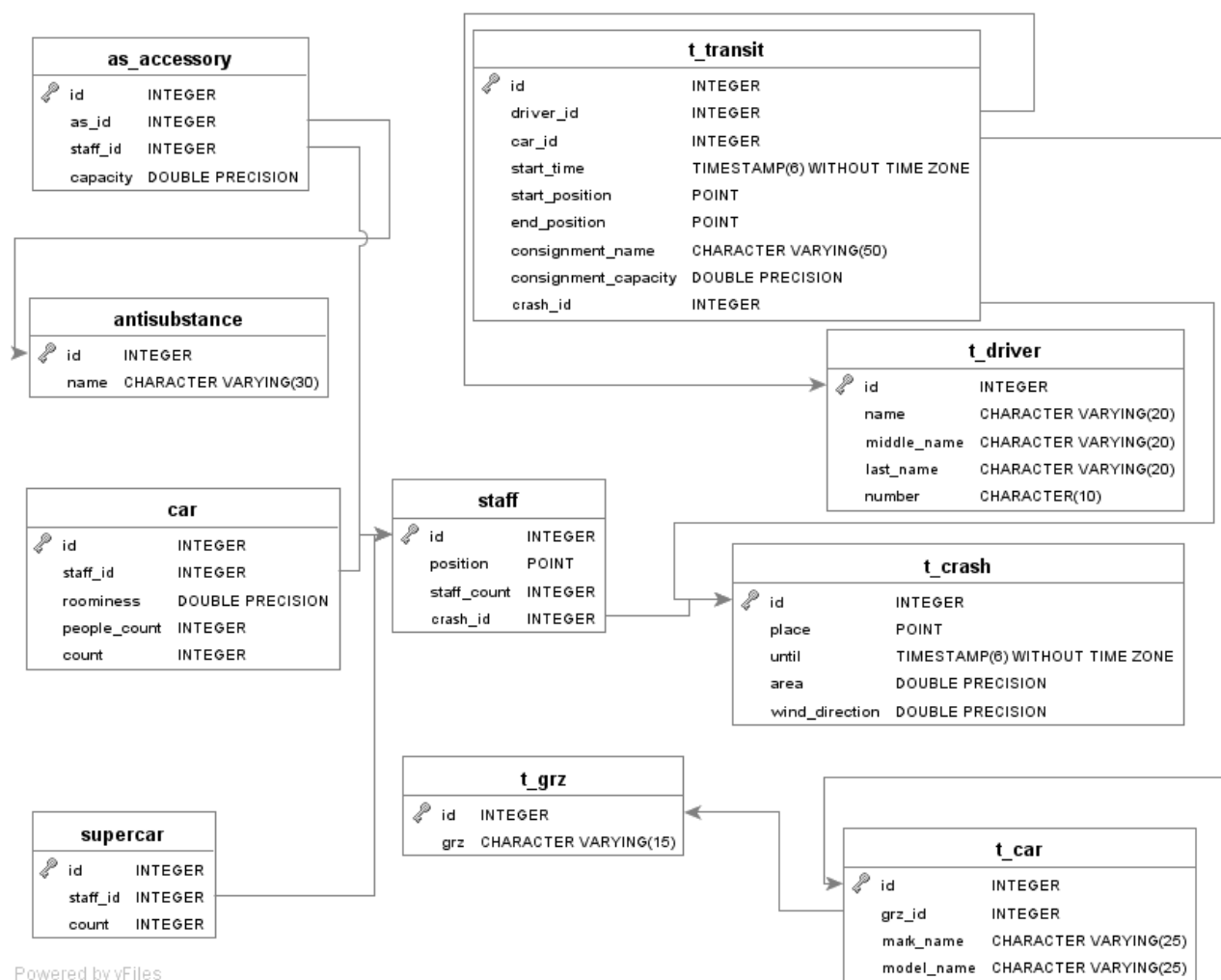


Рисунок 2.3 – Диаграмма базы данных.

2.4. Метод идентификации перевозки по времени и месту

2.4.1. Разработка метода

Эффективность обнаружения объекта произошедшей аварии является наиболее значимой проблемой задачи. Поиск необходимо осуществлять быстро, что не представляется возможным при наличии только информации о времени старта и начальной, промежуточных и конечной точек маршрута перевозки, заданных при оформлении путевого листа и хранящихся в базе данных. В этом случае будет необходимо рассчитывать заново маршрут каждой зарегистрированной перевозки, что займёт много времени. Единственным вариантом для ускорения поиска необходимой информации с невысокой сложностью, а, следовательно, и за небольшое время, становится предварительная обработка информации. Существуют следующие варианты решения.

1. Сохранять промежуточные данные в таблице базы данных.
2. Для каждой перевозки создавать отдельный файл, в который записывать время и положение транспортного средства.
3. Создавать М файлов по промежутку времени по максимум N записей в каждом.

Первый вариант выглядит нелогичным, потому что создавать таблицу, которой не требуется первичный ключ и ограничения, не имеет смысла. Таблица будет больших размеров, соответственно и выборка из неё будет занимать много времени. Кроме того, будет тратиться дополнительное время на подключение к базе данных.

Второй и третий варианты удобнее реализовать на файлах, а не в базе, потому что файлов предполагается очень много (более 10000), и самые частые операции – это запись, создание и удаление, а не чтение. Кроме того, на промежуточные данные не требуется накладывать какие-либо ограничения.

Проблема второго варианта заключается в том, что при поиске перевозки необходимо просмотреть каждый файл, потому что результат на этом этапе может быть неоднозначным: найдётся несколько перевозок, удовлетворяющих данному промежутку времени. Тогда сложность алгоритма будет равна

$$\text{Complexity} = O(n * m), \quad (2.1)$$

где n – количество перевозок, m – среднее количество стадий перевозки (точек типа «широта/долгота», возвращаемых алгоритмом построения маршрута).

При использовании третьего вариант может быть достигнута сложность

$$\text{Complexity} = O(k), \quad (2.2)$$

где, k – количество стадий перевозок, происходящих в одно время. Такой результат будет получен, если каждый файл будет отражать определённый момент времени, что при расчёте на неделю вперёд (программное ограничение на длительность перевозки) составит максимум

$$60 * 24 * 7 = 10080 \text{ файлов}, \quad (2.3)$$

т.к. длительность рассчитывается поминутно, а все стадии, которые старше текущего времени на 2 часа (предполагаемое максимальное время получения информации о происшествии), можно удалять. В каждый файл в среднем будет

записано по 10Кб информации, тогда директория, содержащая эти файлы, займёт 100800 Кб (~100Мб). Определение необходимого файла для поиска перевозки произойдёт со сложностью $O(1)$.

Таким образом, для реализации следует выбрать третий вариант предварительной обработки, который обеспечит наиболее эффективное обнаружение объекта произошедшей аварии. Второй вариант также может быть использован для начальной инициализации текущих стадий перевозок при запуске программы.

Рассчитанные промежуточные стадии сохраняются в файлы при регистрации перевозки следующим образом:

1. рассчитывается длина стадии перевозки (количество точек типа «широта/долгота») таким образом, чтобы каждая стадия длилась примерно минуту;
2. для каждой стадии рассчитывается время, затрачиваемое на переход в неё из предыдущей стадии;
3. результаты предыдущего этапа суммируются и получается массив пар типа ключ/значение, где ключ – это географическая позиция стадии перевозки, значение – время, затрачиваемое на перемещение в эту точку из начальной.

Несмотря на то, что маршруты между соседними стадиями короткие, времени на их построение тратится много, поэтому необходимо строить их в параллельных потоках. Для этого подходит технология MapReduce [5], пример применения которой к данной проблеме показан на рисунке 2.4.

Первому потоку передаётся первая стадия, второму – вторая и т.д. После расчёта переданной стадии происходит переход через n стадий, где n – количество потоков.

Суть распараллеливания заключается в том, что каждый *map*-поток генерирует последовательности, у которых *reduce*-поток за каждую итерацию забирает по первому элементу, суммирует значения времени и добавляет в результирующий массив.

Количество потоков может варьироваться в зависимости от конфигурации машины, на которой выполняется программа.

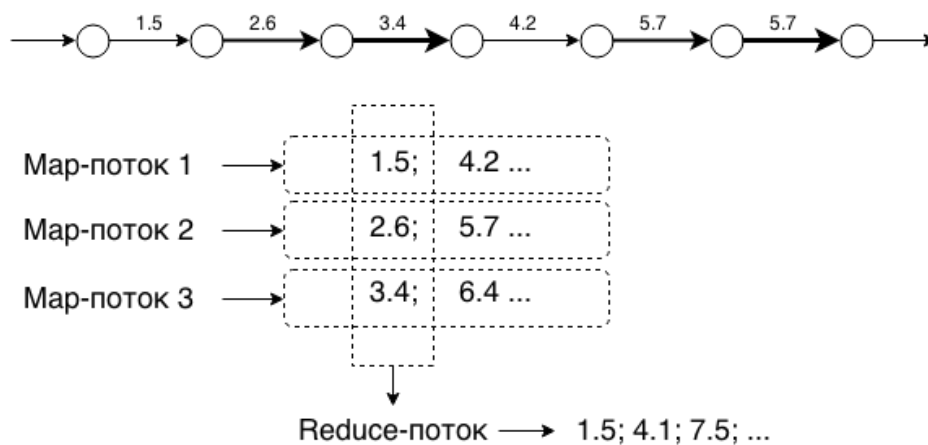


Рисунок 2.4 – Применение технологии MapReduce.

2.4.2. Ограничения, накладываемые на входные данные

1. Количество потоков положительно.
2. Количество точек в стадии положительно.

2.4.3. Схема алгоритма

На рисунке 2.5 представлена структурная схема алгоритма предварительного расчёта стадий маршрута, использующего разработанный метод.

2.4.4. Тестирование алгоритма

Необходимо протестировать алгоритм на следующих классах эквивалентности:

1. пустой маршрут (не содержащий точек);
2. маршрут, состоящий из одной точки;
3. количество точек маршрута делится на количество точек в стадии;
4. количество точек маршрута не делится на количество точек в стадии.

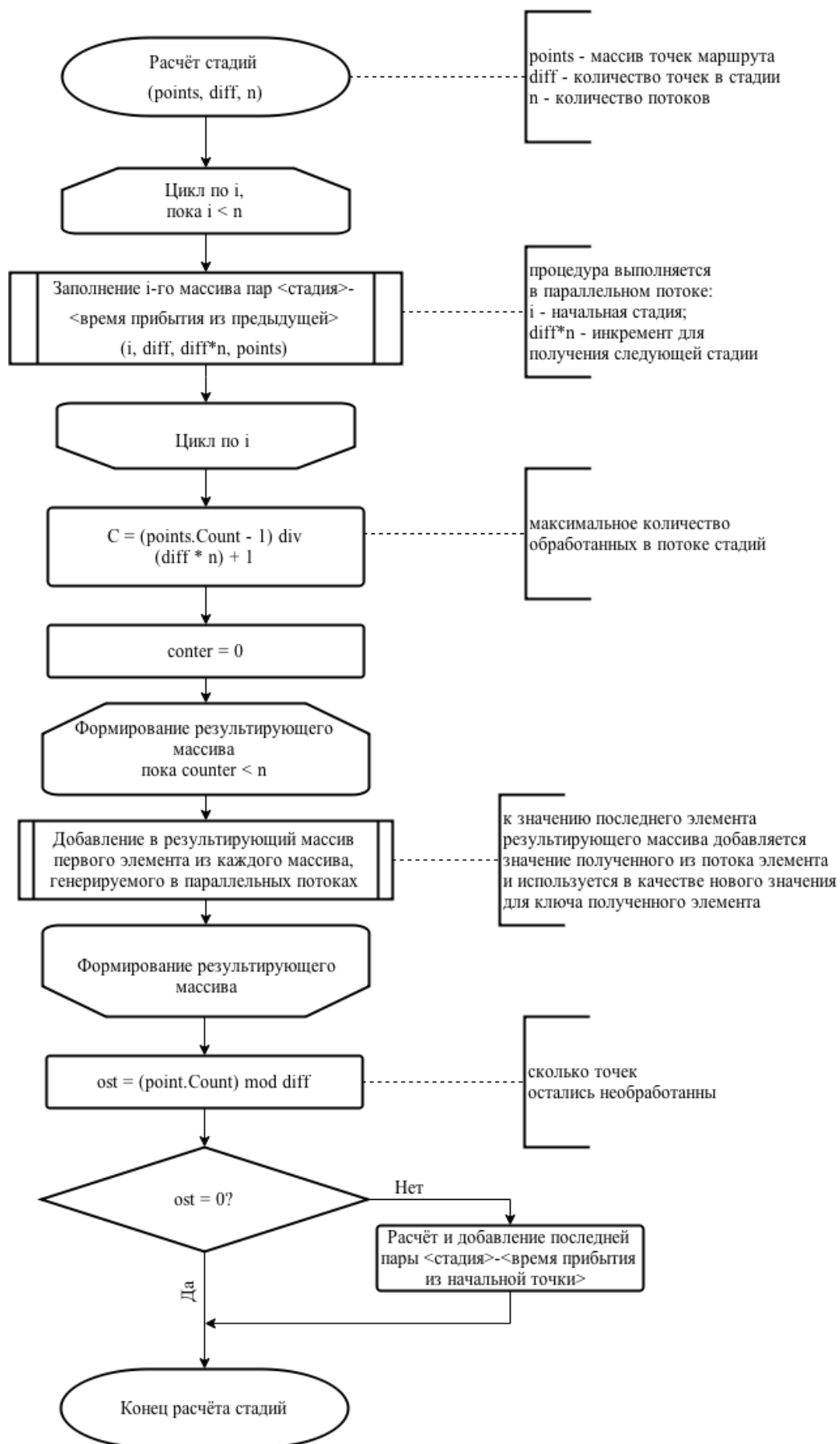


Рисунок 2.5 – Схема алгоритма предварительного расчёта стадий маршрута.

2.5. Метод выборки необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации

2.5.1. Разработка метода

Первоначально предполагалось подключать подразделения для устранения последствий аварии из расчёта, что время устранения должно быть в пределах 12-24 часа, а остальное время считать пределом времени прибытия пунктов в точку. Данный вариант был отвергнут в связи с тем, что многие аварии можно устранить за меньшее время, но ехать до них долго, хотя в целом общее время устранение укладывается в 24 часа – такие аварии можно устранить, но метод их не учтёт. Тогда было решено искать пункты, задействовав которые удастся устранить последствия аварии в минимальные сроки – минимизация по сумме времени прибытия и устранения последствий.

Итак, метод состоит из следующих шагов:

1. оповестить пункты, в которых есть необходимое обезвреживающее вещество в необходимом суммарном количестве;
2. последовательно фиксировать ограничение во времени устранения, начиная с 1 часа, находить аварийно-спасательные подразделения, суммарные ресурсы которых позволяют устранить последствия за это время, и суммировать его со временем прибытия самого дальнего состава;
3. найти минимальную из таких сумм и оповестить используемые при получении данного результата подразделения ФПС МЧС России.

Возникают проблемы, которые замедляют процесс расчёта:

1. Много пунктов сил МЧС находятся очень далеко от места аварии (время прибытия заведомо больше 24 часов) – их надо сразу отсеять.

Решение: использовать расчёт расстояния с использованием формулы гаверсина [6]:

$$\text{haversin}\left(\frac{d}{r}\right) = \text{haversin}(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \text{haversin}(\lambda_2 - \lambda_1), \quad (2.4)$$

$$\text{haversin}(\vartheta) = \sin^2\left(\frac{\vartheta}{2}\right) = \frac{1 - \cos(\vartheta)}{2}, \quad (2.5)$$

$$d = r * \text{haversin}^{-1}(h) = 2r \cdot \arcsin(\sqrt{h}), \quad (2.6)$$

$$d = 2r \cdot \arcsin(\sqrt{\text{hav}(\sin(\phi_2 - \phi_1) + \cos(\phi_1) \cos(\phi_2) \text{hav}(\lambda_2 - \lambda_1))}), \quad (2.7)$$

где ϕ_1, ϕ_2 - широта начальной и конечной точек соответственно, λ_1, λ_2 - долгота, r - радиус Земли, d - искомое расстояние.

Прямое расстояние между географическими точками заведомо меньше либо равно длине проложенного пути. Поэтому можно оценивать, что даже если это расстояние будет преодолеваться дольше 23-х часов, то нет смысла прокладывать маршрут.

2. Часто возникают ситуации, когда сил/средств не хватает для устранения последствий аварии. А в таких ситуациях карта просчитывается полностью, что занимает большое время.

Решение: при обновлении информации о пунктах МЧС необходимо сразу подсчитывать количество имеющихся сил (работники и специализированные машины) и средств (обезвреживающего вещества).

Рассмотренные решения позволяют не выполнять лишнюю работу по ресурсоёмкому построению маршрутов.

3. Необходимая конфигурация пунктов сил МЧС найдена на одном из ранних этапов перебора, а расчёт идёт до конца.

Решение: необходимо сделать дополнительным условием выхода из цикла подбора конфигурации то, что текущее значение счётчика (количество часов на устранение) больше, чем уже найденная минимальная сумма

После расчёта необходимо записать в базу информацию об участвующей в аварии перевозке и об участвующих пунктах МЧС. Другими модулями эта информация будет использоваться для блокировки/снятия блокировки с объекта.

Таким образом, разработанный метод позволяет найти необходимую информацию о требуемых для устранения последствий аварии в кратчайшие сроки пунктах сил МЧС, оптимизируя по времени выполнение программы.

2.5.2. Схема алгоритма

На рисунке 2.6 представлена структурная схема алгоритма выборки необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации. Более подробный алгоритм расчёта времени представлен на рисунке 2.7.

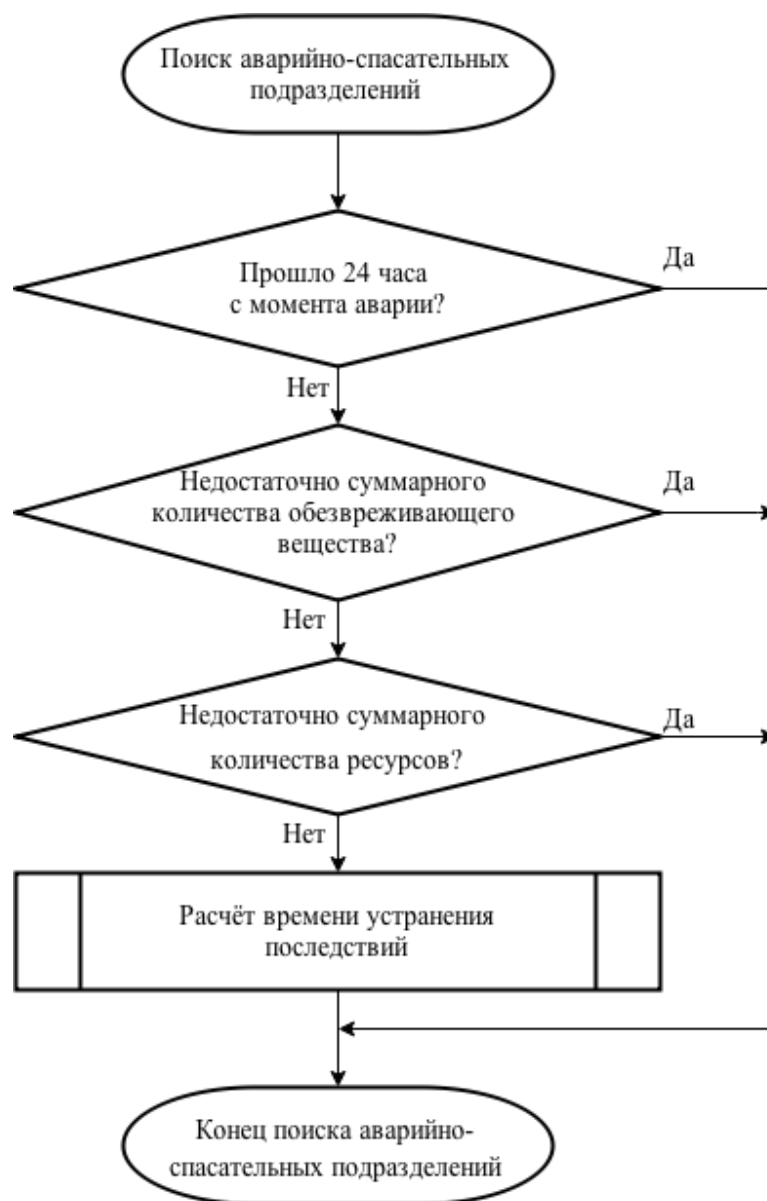


Рисунок 2.6.

2.5.3. Тестирование алгоритма

Необходимо протестировать алгоритм на следующих классах эквивалентности:

1. достаточно сил и средств для устранения последствий;
2. время аварии более чем на 24 часа раньше текущего времени;
3. необходимое количество ресурсов больше суммарного количества имеющихся;
4. необходимое количество обезвреживающего вещества больше, чем суммарное количество имеющегося;

5. последовательный расчёт устранения последствий двух аварий, на каждую из которых в отдельности достаточно суммарного количества ресурсов и обезвреживающего вещества, а вместе – недостаточно.

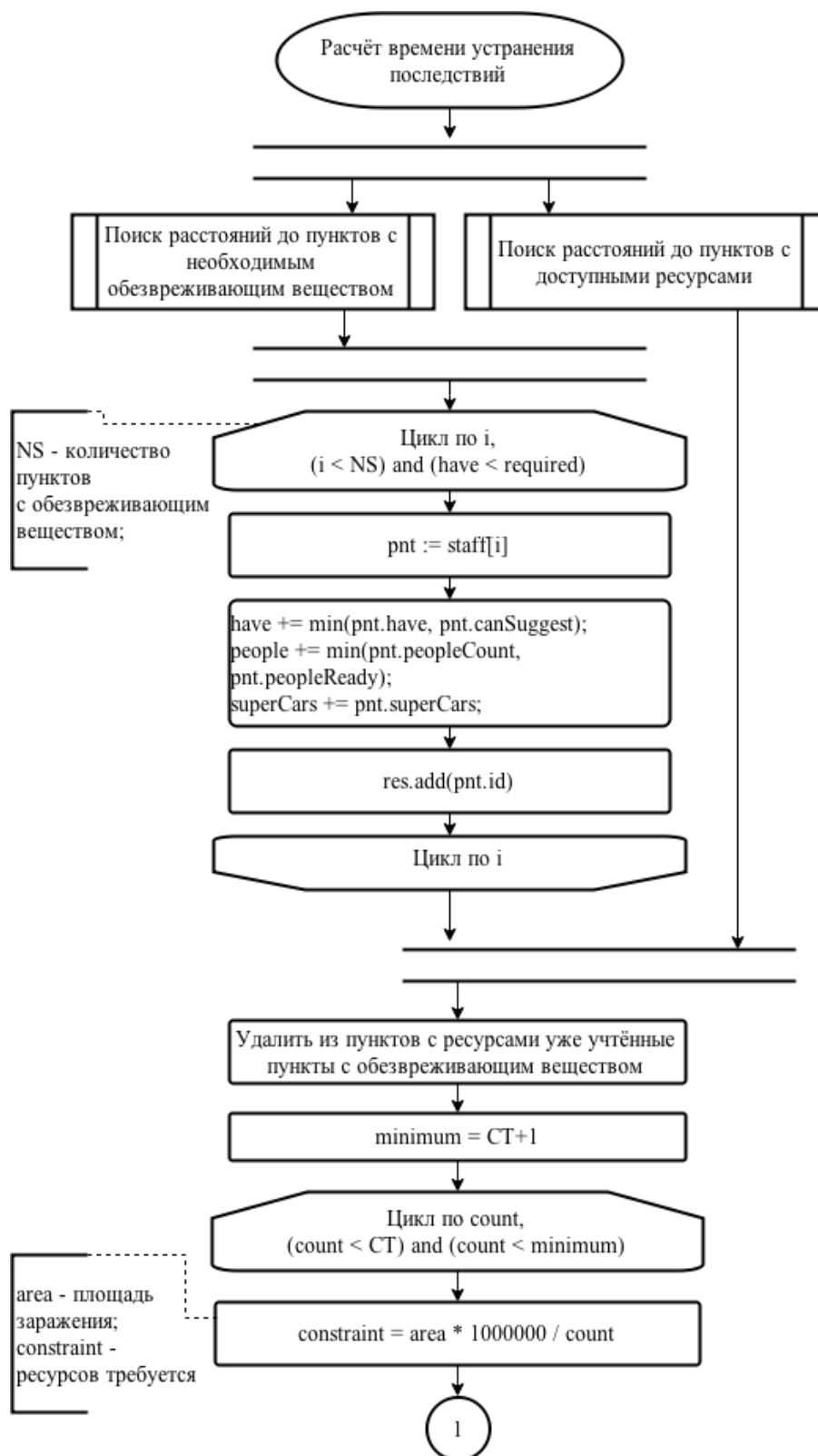


Рисунок 2.7 – Расчёт времени устранения последствий аварии.

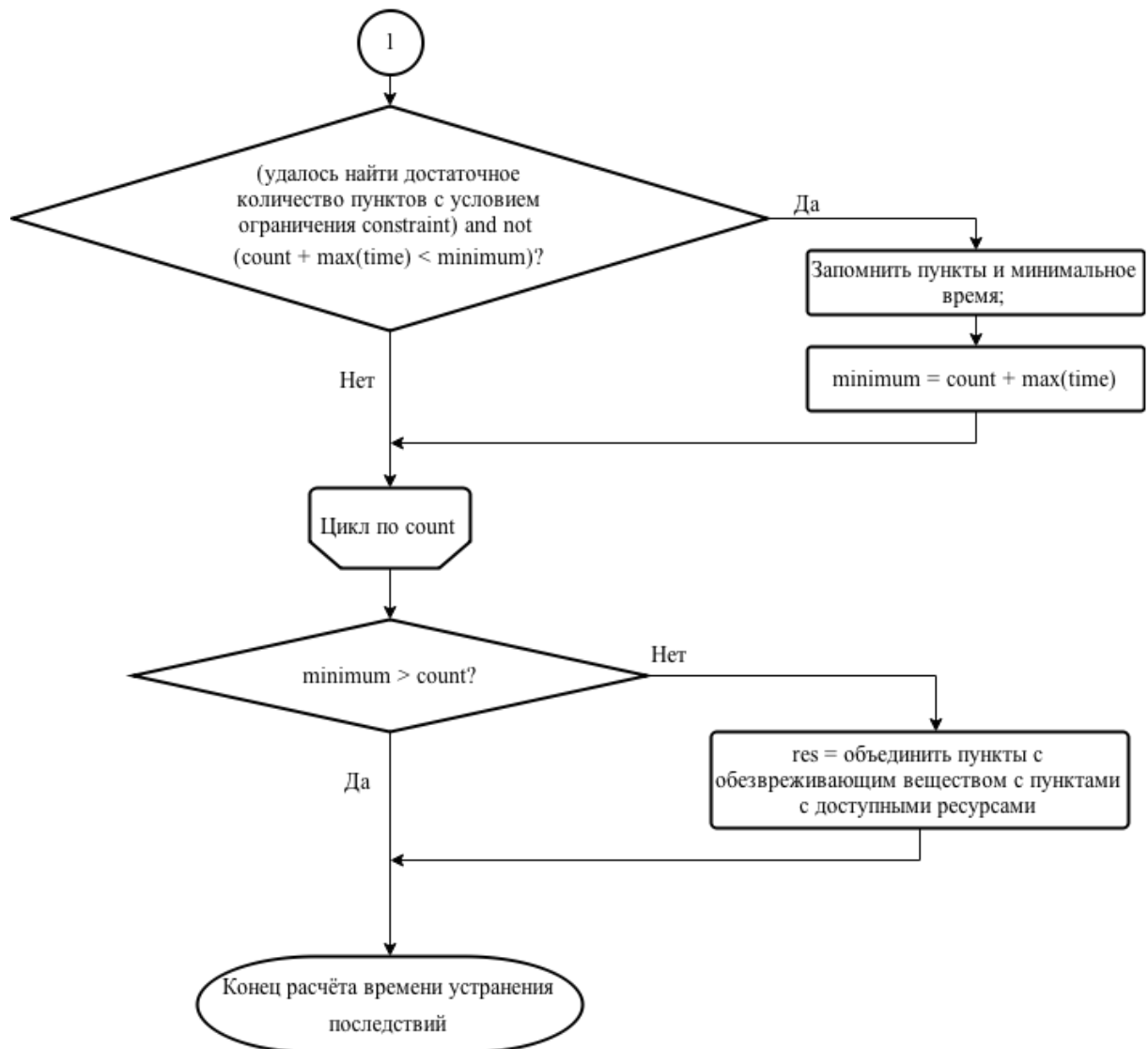


Рисунок 2.7 (продолжение) – Расчёт времени устранения последствий аварии.

2.6. Диаграмма классов

Принимая во внимание необходимость реализации приложения с учётом низкой сложности замены карты и базы данных, реализована следующая структура основных классов программы [7] (рис. 2.8).

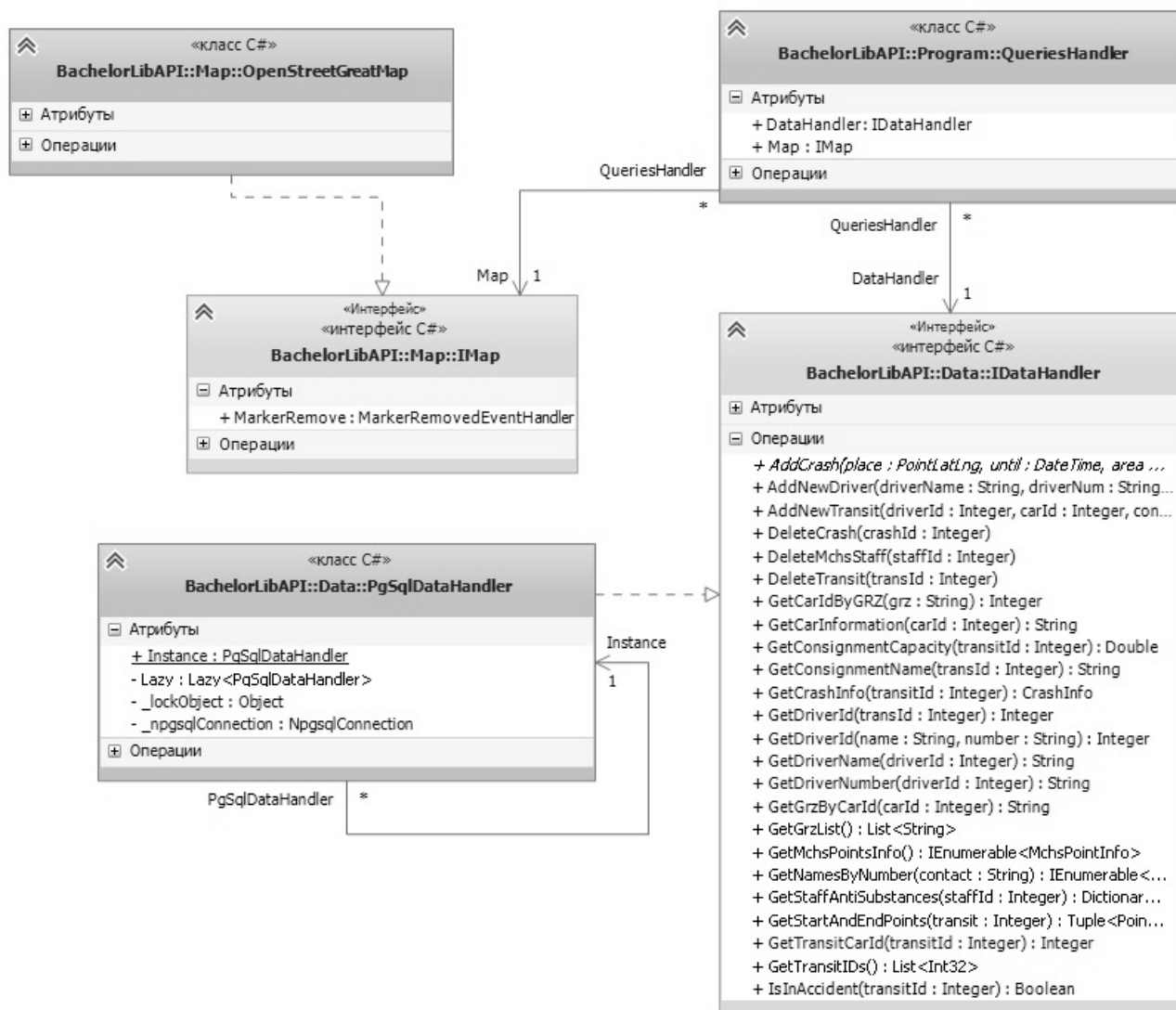


Рисунок 2.8 – UML-диаграмма классов.

Здесь класс *QueriesHandler* выступает в роли управляющего класса, использующего функционал, предоставляемый интерфейсами *IMap* и *IDataHandler*. Интерфейс *IDataHandler* предоставляет необходимый функционал для работы с данными, абстрагируясь от способа их хранения. Классы *OpenStreetGreatMap* и *PgSqlDataHandler* реализуют интерфейсы *IMap* и *IDataHandler* соответственно.

2.7. Алгоритм расчёта возможной химической обстановки

2.7.1. Определение площади зоны химического заражения

Рассчитывается эквивалентное (по отношению к хлору) количество АХОВ на объекте ($Q_{\text{экв}}$, т) используя формулу:

$$Q_{\text{экв}} = \frac{Q^{\text{АХОВ}}}{K_{\text{экв}}}, \quad (2.8)$$

где $Q^{\text{АХОВ}}$ - количество АХОВ на объекте, т;

$K_{\text{экв}}$ - безразмерный коэффициент эквивалентности АХОВ к хлору (определяется по табл. 2.3).

Таблица 2.3 - Коэффициенты эквивалентности наиболее распространенных АХОВ к хлору

№ п/п	Наименование АХОВ	Коэффициент эквивалентности ($K_{\text{экв}}$)
1	Хлор	1.0
2	Азотная кислота	21.0
3	Аммиак (хранение под давлением)	25.0
4	Водород хлористый	3.7
5	Водород фтористый	7.8
6	Нитрил акриловой кислоты	3.7
7	Окись этилена	70.0
8	Сероуглерод	350.0
9	Соляная кислота	7.0
10	Фосген	1.0
11	Ацетонитрил	150
12	Ацетонциангидрин	250
13	Диметиламин	7,1
14	Метиламин	7,8
15	Метил бромистый	165
16	Метил хлористый	165
17	Сероводород	28
18	Соляная кислота	7,0
19	Формальдегид	1,0
20	Хлорпикрин	0,52
21	Сернистый ангидрид	30,0

Площадь зоны заражения ($S_{\text{зараж}}$) определяется по табл. 2.4.

Таблица 2.4 - площадь зоны заражения облаком хлора при свободном разливе

Аварийный выброс, т	0.1	0.3	0.5	1	5	10	30	50	100	500
Площадь, км ²	0.0135	0.0406	0.0676	0.1352	0.6760	1.4198	4.8175	8.6557	19.3607	95.5892

При отсутствии показателей эквивалентного количества АХОВ по отношению к хлору в табл. 2.4 проводится расчет показателей с помощью интерполяции кубическими сплайнами.

2.7.2. Определение наименования и количества обезвреживающего вещества для ликвидации (локализации) источника заражения.

Наименование обезвреживающего вещества находится по табл. 2.5, а его количество определяется из условий:

$$M_{\text{хв}} = \begin{cases} 0, \text{ при свободном разливе АХОВ, хранящихся под избыточным давлением} \\ K \cdot Q^{\text{АХОВ}}, \text{ для остальных АХОВ,} \end{cases} \quad (2.9)$$

где $M_{\text{хв}}$ - количество обезвреживающего вещества;

K - безразмерный коэффициент, учитывающий норму расхода обезвреживающего вещества на единицу массы АХОВ (определяется по табл. 2.5).

Таблица 2.5 – Ориентировочные нормы расхода химических веществ для ликвидации источника заражения

№ п/п	Наименование АХОВ	Используемые растворы	Норма расхода нейтрализующего в-ва ($K_{хв}$) на ед. массы. т/т
1	Аммиак	36% р-р соляной кислоты	5.6
2	Водород фтористый	вода	38
3	Окись этилена	25 % р-р аммиака	2
4	Сероуглерод	гипохлорид кальция	4
5	Соляная кислота	каустическая сода	3.7
6	Фосген	каустическая сода	2
7	Хлор	каустическая сода	1.3
8	Нитрил акриловой кислоты	каустическая сода	0.8
9	Азотная кислота	каустическая сода	1,9

3. Технологический раздел

В данном разделе описываются средства, используемые для разработки программного продукта.

3.1. Выбор средств разработки

3.1.1. Выбор программной платформы и языка программирования

Выбор языка программирования для разработки данного программного обеспечения обусловлен следующими факторами:

1. поддержка многопоточного программирования;
2. подключение библиотек для работы с картами;
3. подключение библиотек для работы с сервером баз данных;
4. простой для понимания, компактный программный код;
5. наличие сборщика мусора;
6. удобное покрытие unit-тестами;
7. интеграция с системой контроля версий Git;
8. поддержка doxygen'ом для автоматического формирования документации;
9. поддержка статического анализа кода во время его написания;
10. встроенный отладчик, работающий с асинхронными процессами;
11. поддержка функционального программирования.

Всем этим требованиям удовлетворяет язык C#. Программа *ReSharper 9* [8], установленная как дополнение к среде разработки *Visual Studio 2013*, выполняет статический анализ кода во время его написания, предлагает более безопасные и более современные решения многих задач, что помогает при разработке.

Платформа .NET 4.5.1 предоставляет механизм *CancellationToken*, который является расширением библиотеки *Tasks*, предназначенной для безопасной работы с параллельными потоками. Механизм *CancellationToken* позволяет отменять запущенные процессы без ущерба для пула потоков [9]. Например, для запуска процесса расчёта промежуточных стадий достаточно написать следующее:

```
var stadiesGenerationCts = new CancellationTokenSource();
Task.Run(() =>
    GenerateStadies(stadiesGenerationCts.Token, _generatedRoutePoints, diff, 20),
    stadiesGenerationCts.Token);
```

Для отмены операции достаточно написать:

```
studiesGenerationCts.Cancel();
```

Технология LINQ совместно с использованием lambda-выражений [10] позволяет одной инструкцией языка записывать сложные функциональные выражения, например, инструкция

```
m.MchsPoint.AntiSubstances.Select(x => string.Format("\t{0} {1} т.\n", x.Key, x.Value))  
.ToList().Aggregate("", (current, antiSubstance) => current +  
antiSubstance));
```

формирует записанные в столбик пары <наименование обезвреживающего вещества> <количество, т.> для конкретного подразделения ФПС МЧС России.

3.1.2. Средство работы с картой

В рамках данной разработки интерфейс *IMap* реализуется при помощи фреймворка *GMap.NET* [11], который предоставляет необходимый функционал:

1. отображение карты, возможность перемещения и масштабирования;
2. control-элемент для размещения на форме;
3. предоставление слоёв для рисования на карте;
4. возможность размещения маркеров;
5. поиск кратчайшего маршрута;
6. возврат длины маршрута и полного списка точек;

3.1.3. Выбор СУБД

Основными критериями при выборе СУБД являлись:

1. открытое ПО;
2. надёжность и целостность данных;
3. возможность написания хранимых процедур;
4. поддержка геометрических типов данных;
5. создание сложных структур данных;
6. простота интеграции.

Перечисленным критериям удовлетворяет *PostgreSQL* [12].

3.1.4. Средство работы с базой данных

Для соединения с базой *PostgreSQL* в *C#* предназначена библиотека *Npgsql* [13], которая позволяет открывать/закрывать соединение, выполнять запросы на добавление, обновление, удаление и позволяет читать получаемые данные. Перечисленный функционал не покрывает все возможности библиотеки, но является достаточным для реализации разрабатываемого продукта.

3.2. Установка программного обеспечения

Для установки программного обеспечения на компьютер необходимо запустить установочный файл *pakhomov-install.exe*. ПО будет установлено в выбранную папку. В директории под названием *PakhomovBachelor* будут содержаться дистрибутивы необходимых для работы программы зависимостей и инструкция по установке в файле *readme.txt* следующего содержания:

1. Если СУБД *PostgreSQL* уже установлена, то необходимо установить исполняемую среду, соответствующую Вашей системе, иначе требуется установить СУБД *PostgreSQL*, соответствующую Вашей системе.
2. Установить платформу (установщик в папке "Платформа").
3. Настроить базу данных:
 - а) создать роль *alex* с паролем "4" и всеми привилегиями;
 - б) создать базу данных под названием *cars_tracking*
 - в) восстановить базу из файла (в параметрах восстановления #1 выставить верхние три флажка). Файл находится в папке *BachelorDiplom\backups*
 - г) Распаковать архив *BachelorDiplom\backups\TempStadiesFiles.7z* в родительскую директорию директории.
4. Запустить программу, перейдя в папку *BachelorDiplom\bin\Release* и кликнув 2 раза на ярлык *BachelorLibAPI.exe* (можно создать ярлык этого файла и разместить в любом удобном месте).

3.3. Тестирование программного обеспечения

Проведено unit-тестирование разработанного алгоритма расчёта стадий перевозки в соответствии выделенными в конструкторском разделе классами эквивалентности. Результаты показаны на рисунке 3.1.

В «Приложении А» приведён листинг модульных тестов.

▲ ✓ (<) BachelorDiplomaTests (4 tests)	Success
▲ ✓ TestStadiesGeneration (4 tests)	Success
✓ TestDividedByDiff	Success
✓ TestEmptyRoute	Success
✓ TestNotDividedByDiff	Success
✓ TestOnePointRoute	Success

Рисунок 3.1 – Результат выполнения модульных тестов.

Тестирование алгоритма выборки подразделений ФПС МЧС относится к системному. Часть тестов описана в руководстве пользователя, часть – в экспериментальном разделе.

3.4. Руководство пользователя

3.4.1. Описание интерфейса программы

Перевозки, которые по информации, полученной в процессе расчёта промежуточных стадий, находятся в пути, отображаются значком с изображением жёлтого ТС с грузом. Перевозки, находящиеся в пункте назначения, отображаются значком с изображением чёрного ТС без груза. Подразделения ФПС МЧС России отображаются значком с изображением красной пожарной машины. При наведении указателя мыши на любой из значков можно получить сводную информацию о перевозке, подразделении ФПС МЧС России или об аварии.

При нажатии на значок левой кнопкой мыши отображается контекстное меню, представленное на рисунке 3.2.

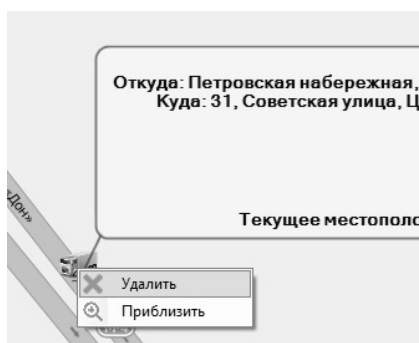


Рисунок 3.2 – Контекстное меню, при щелчке по значку на карте.

Общий вид программы показан на рисунке 3.3. В верхней части окна находятся поля, необходимые для анализа опасности. Адрес и координаты взаимосвязаны: при

изменении адреса, изменятся и координаты, и наоборот. О корректности ввода адреса сигнализирует значок справа от поля ввода.

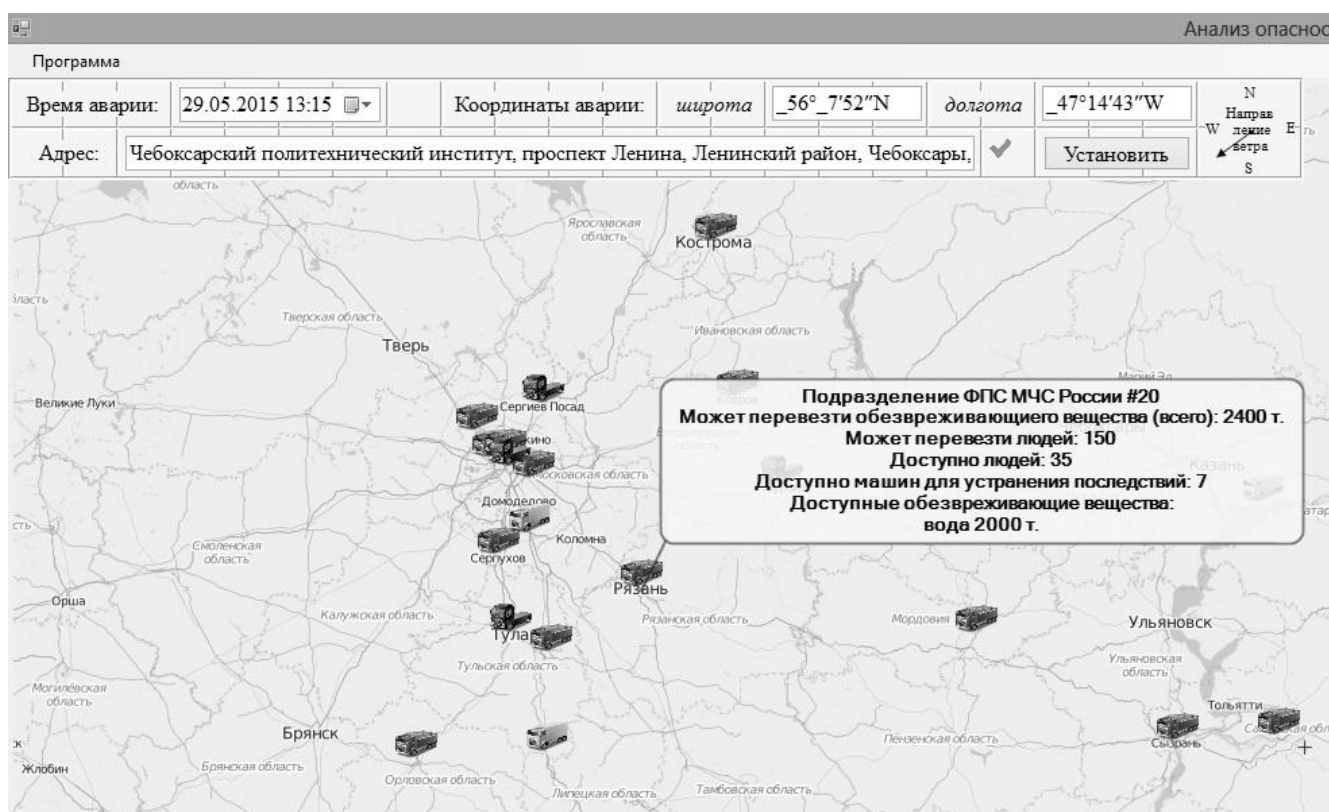


Рисунок 3.3 – Общий вид программы.

3.4.2. Регистрация новой перевозки

При щелчке правой кнопкой мыши по карте откроется контекстное меню (рис. 3.4).

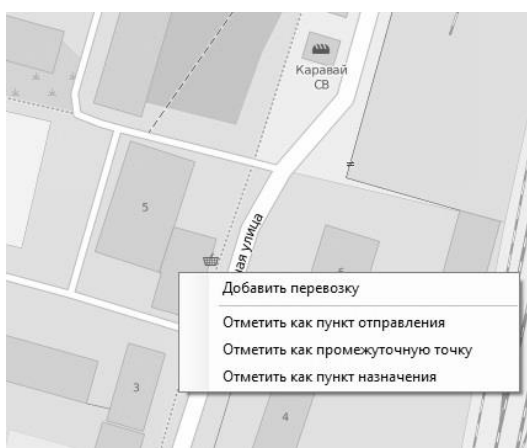


Рисунок 3.4 – Контекстное меню карты.

Перед заполнением путевого листа можно отметить на карте пункт отправления, пункт назначения и промежуточные пункты. При открытии формы заполнения

путевого листа (далее – «форма») отмеченная на карте информация будет учтена. Форму (рис. 3.5) можно открыть из контекстного меню карты, из главного меню (Программа – Новый путевой лист) или сочетанием клавиш Ctrl + 1. Если при открытии формы учтены промежуточные точки, программа об этом уведомит.

* Наименование груза (вещества):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	тонн
* Пункт отправления:	<input type="text"/>		
Промежуточный пункт:	<input type="text"/>		Добавить
* Пункт прибытия:	<input type="text"/>		
* Имя водителя:	<input type="text"/>	* Телефон:	<input type="text"/>
* ГРЗ автомобиля:	<input type="text"/>		
* Дата отправления:	29.05.2015 11:22		Добавить перевозку

Рисунок 3.5 – Форма заполнения путевого листа.

Адреса можно вводятся в произвольной форме, но рекомендуется вводить в последовательности от номера дома к городу через запятую, например «2/18, Рубцовская набережная, Москва». После того, как поле ввода перестанет быть активным, программа подскажет, корректно ли введен адрес: зелёная галочка или красный крестик напротив поля ввода (рис. 3.6). Также при наведении указателя мыши значок всплывает подсказка, а при наведении на адрес – полный адрес.

* Наименование груза (вещества):	<input type="text"/>	<input type="text"/>	тонн
* Пункт отправления:	2/18, Рубцовская набережная, Москва	✓	
Промежуточный пункт:	2-я бауманская, Воронеж	✗	Добавить
* Пункт прибытия:	<input type="text"/>		Адрес не найден на карте, проверьте и исправьте
* Имя водителя:	<input type="text"/>	* Телефон:	<input type="text"/>
* ГРЗ автомобиля:	<input type="text"/>		
* Дата отправления:	29.05.2015 11:22		Добавить перевозку

Рисунок 3.6 – Ввод адресов.

При корректном заполнении адреса промежуточного пункта станет активной кнопка «Добавить». Необходимо добавить промежуточный пункт, нажав на эту кнопку. Если этого не сделать, пункт не будет добавлен, о чём программа предупредит при нажатии на кнопку «Добавить перевозку».

При заполнении начального и конечного пунктов маршрута станет активной кнопка «Добавить перевозку», но необходимо корректно заполнить все поля, отмеченные «*».

ГРЗ должен быть зарегистрирован в базе данных и к нему должен быть прикреплён автомобиль, о чём программа оповестит пользователя значком справа от поля ввода (рис 3.7).

* Наименование груза (вещества):			тонн
* Пункт отправления:	2/18, Рубцовская набережная, Москва	✓	
Промежуточный пункт:	2-я бауманская, Воронеж	✗	Добавить
* Пункт прибытия:			
* Имя водителя:			* Телефон: () -
* ГРЗ автомобиля:	T234KM85	✗	
* Дата отправления:	29.05.2015 11:22		Не удалось определить автомобиль Добавить перевозку

Рисунок 3.7 – Добавление ГРЗ автомобиля.

При нажатии на кнопку «Добавить перевозку» пользователю предоставляется возможность посмотреть на построенный маршрут и при необходимости изменить его (например, добавить промежуточные точки). На рисунке 3.7. показано, как это выглядит.

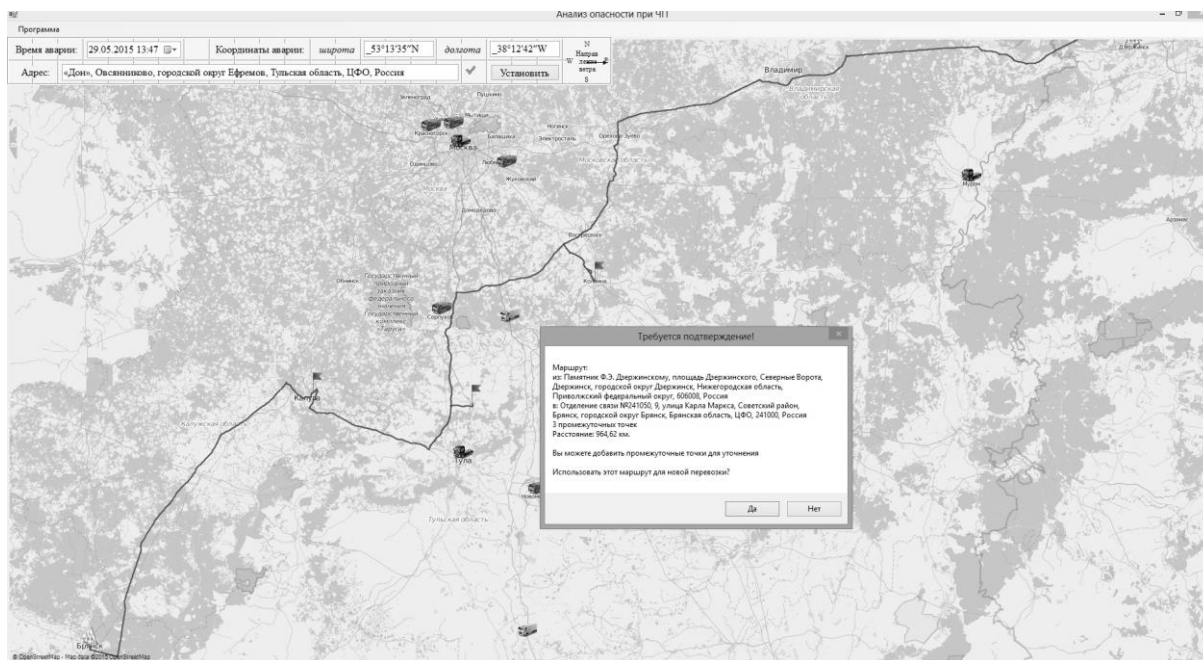


Рисунок 3.7 – Запрос подтверждения построенного маршрута.

После успешной регистрации перевозки на карте отобразится значок автомобиля в его текущем положении (относительно даты отправления). Если перевозка зарегистрирована на более позднюю дату, значок отобразится, когда текущее время станет равным времени отправления.

3.4.3. Создание и анализ отчёта о чрезвычайной ситуации

Для создания отчёта о чрезвычайной ситуации необходимо ввести адрес места аварии и время аварии, а также для более точного расчёта задать направление ветра. Если известно расположение места аварии на карте, можно отметить его двойным щелчком мыши.

Далее для начала немедленного расчёта необходимо выбрать пункт меню Программа – Анализ опасности (комбинация клавиш Ctrl + 0). Также это возможно сделать, нажав кнопку установить в блоке заполнения информации об аварии, карта установит это место своим центром и появится диалоговое окно (рис. 3.8), где необходимо ответить «Да».

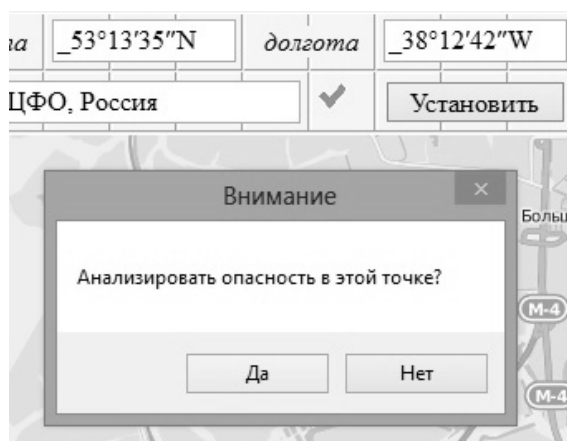


Рисунок 3.8 – Подтверждение начала создания отчёта о чрезвычайной ситуации.

Если в радиусе одного километра с поправкой времени в 20 минут не обнаружено происшествий с участием ТС, перевозящих АХОВ, на экран выведется соответствующее сообщение (рис. 3.9).

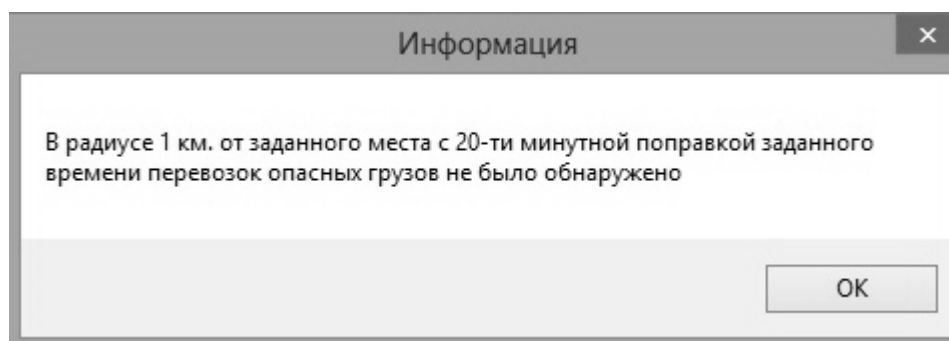


Рисунок 3.9 – Сообщение в случае, если факта чрезвычайной ситуации не обнаружено.

Если перевозка АХОВ в заданной точке в заданное время обнаружена, производится расчёт химической обстановки, выборка необходимых подразделений ФПС МЧС России, расчёт времени устранения последствий и создание отчёта в формате Excel. Полученный отчёт находится в папке BachelorDiplom\Reports. Его название содержит идентификатор аварии, который можно посмотреть, наведя указатель мыши на значок аварии (рис. 3.10).

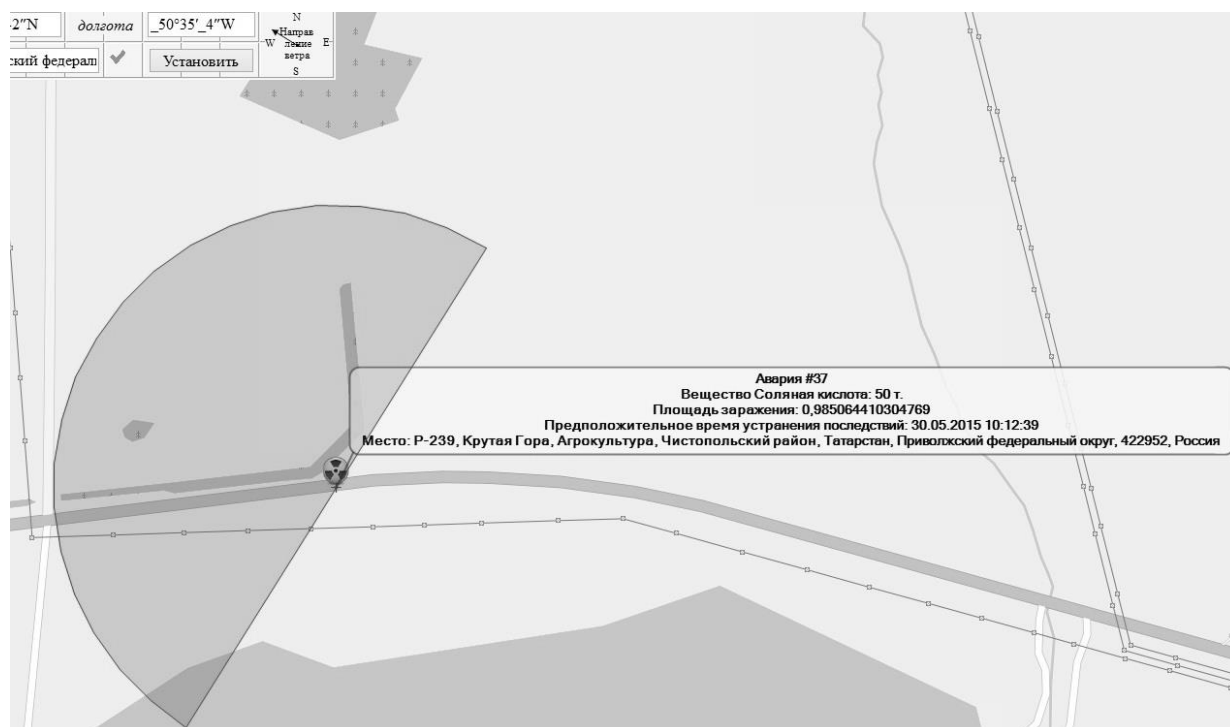


Рисунок 3.10 – Площадь заражения и информация об аварии.

На рисунке 3.11 показан отчёт о чрезвычайной ситуации.

Время аварии:	29.05.2015 14:13		
Место аварии:	Р-239, Крутая Гора, Агрокультура, Чистопольский район, Татарст		
	Координаты:	(55,3283333333333; 50,5844444444444)	
Возможные перевозки, задействованные в аварии:	62;		
Наиболее вероятная перевозка:	62		
Информация о перевозке:			
Откуда:	45, улица Верещагина, Череповец, городской округ Череповец,		
	Координаты:	(59,128303527832; 37,9157333374023)	
Куда:	28, Школьная улица, Уральск, Учалинский район, Башкортостан,		
	Координаты:	(54,1222724914551; 59,1246757507324)	
Водитель:	Владислав	Контактный телефон:	9602541356
Автомобиль:	Mersedez-Benz Atego	ГРЗ:	E231CB036
Информация об аварии:			
Груз:	Соляная кислота	50 тонн	
Площадь заражения:	0,985064410304769 км.		
Направление ветра:	-58 град.		
Необходимо обезвреживающего вещества:	кислота каустическая	185 тонн	
Задействованные пункты МЧС:	16;23;9;24;7;10;21;8;4;3;2;22;1;11;5;17;20;		
Количество антивещества предоставляется:	3000 тонн		
Количество работников для устранения предоставляется:	807		
Количество спец. машин для устранения предоставляется:	94		
Время прибытия составов на точку:	10,9713829540819 часов		
Время устранения (после прибытия последнего состава):	9 часов		
Последствия аварии будут устранены предположительно:	30.05.2015 10:12		

Рисунок 3.11 – Отчёт о чрезвычайной ситуации

4. Экспериментальный раздел

4.1. Расчёт ситуации, когда обезвреживающего вещества недостаточно для устранения последствий аварии

Чтобы протестировать класс эквивалентности, в котором необходимое количество обезвреживающего вещества больше, чем суммарное количество имеющегося, необходимо зарегистрировать перевозку с таким объёмом груза, чтобы при аварии площадь заражения была устранимой, а количество обезвреживающего вещества не было бы достаточным. АХОВ, позволяющим провести подобное моделирование является сероуглерод. В системе была зарегистрирована перевозка 2500 тонн сероуглерода. На рисунке 4.1 представлен фрагмент отчёта о чрезвычайной ситуации.

Информация об аварии:			
Груз:	Сероуглерод	2500	тонн
Площадь заражения:	0,985064410304769 км.		
Направление ветра:	90 град.		
Необходимо обезвреживающе	гипохлорид кальция	10000	тонн
Недостаточно обезвреживающего вещества для устранения последствий аварии.			

Рисунок 4.1 – Фрагмент отчёта при недостатке обезвреживающего вещества.

При получении отчёта такого содержания необходимо принять соответствующие меры и снабдить подразделения ФПС МЧС России большим количеством определённого обезвреживающего вещества.

4.2. Последовательный расчёт устранения последствий двух аварий, на каждую из которых в отдельности достаточно суммарного количества ресурсов и обезвреживающего вещества, а вместе – недостаточно.

На рисунках 4.2 и 4.4 изображена сводная информация о двух перевозках.

Перевозка #62	
Откуда:	45, улица Верещагина, Череповец, городской округ Череповец, Вологодская область, Северо-Западный федеральный округ, 162600, Россия
Куда:	28, Школьная улица, Уральск, Учалинский район, Башкортостан, Приволжский федеральный округ, 453742, Россия
Груз:	Соляная кислота, 50 т.
Водитель:	Владислав
Номер телефона:	9602541356
Автомобиль:	Mercedes-Benz Atego
ГРЗ:	E231CB036
Текущее местоположение: Р-239, Кульшарипово, Альметьевский район, Татарстан, Приволжский федеральный округ, Россия	

Рисунок 4.2 – Информация о перевозке №62.

В результате анализа последствий аварии, произошедшей в области текущего положения перевозки №62, при учёте, что аварии №63 не было, получен следующий отчёт (рис. 4.3):

Время аварии:	29.05.2015 14:05		
Место аварии:	Р-239, Старое Иванеево, Чистопольский район, Татарстан, Приволжский		
	Координаты:	(55,3288888888889; 50,4691666666667)	
Возможные перевозки, задействованные в аварии:	62;		
Наиболее вероятная перевозка:	62		
Информация о перевозке:			
Откуда:	45, улица Верещагина, Череповец, городской округ Череповец, Вологод		
	Координаты:	(59,128303527832; 37,9157333374023)	
Куда:	28, Школьная улица, Уральск, Учалинский район, Башкортостан, Привол		
	Координаты:	(54,1222724914551; 59,1246757507324)	
Водитель:	Владислав	Контактный телефон:	9602541356
Автомобиль:	Mercedes-Benz Atego	ГРЗ:	E231CB036
Информация об аварии:			
Груз:	Соляная кислота		50 тонн
Площадь заражения:	0,985064410304769 км.		
Направление ветра:	90 град.		
Необходимо обезвреживающего вещества:	кислота каустическая сода		185 тонн
Задействованные пункты МЧС:	16;3;23;9;24;7;10;21;4;2;22;1;5;11;17;		
Количество антивещества предоставляется:	3000 тонн		
Количество работников для устранения предоста	724		
Количество спец. машин для устранения предост	81		
Время прибытия составов на точку:	10,5498450086963 часов		
Время устранения (после прибытия последнего с	10 часов		
Последствия аварии будут устранены предполож	30.05.2015 10:38		

Рисунок 4.3. – Отчёт об аварии с участием перевозки №62, если аварии №63 не было.

Перевозка #63	
Откуда: Петровская набережная, Чижовка, Ленинский район, Воронеж, ГО Воронеж, Воронежская область, ЦФО, 394035, Россия	
Куда: 31, Советская улица, Центральный район, Тверь, городской округ Тверь, Тверская область, ЦФО, 170100, Россия	
Груз: Диметиламин, 50 т.	
Водитель: Василий	
Номер телефона: 9652124521	
Автомобиль: Volvo F	
ГРЗ: A123AA777	
Текущее местоположение: Руднёво, «Дон», сельское поселение Базаровское, Каширский район, Московская область, ЦФО, 142917, Россия	

Рисунок 4.4 – Информация о перевозке №63.

В результате анализа последствий аварии, произошедшей в области текущего положения перевозки №63, не принимая во внимание расчёт устранения последствий аварии №62, получен следующий отчёт (рис. 4.5):

Время аварии:	29.05.2015 16:54	
Место аварии:	«Дон», сельское поселение Колтовское, Каширский район, Мос	
	Координаты:	(54,829722222222; 38,0402777777778)
Возможные перевозки, задействованные в аварии:	63;	
Наиболее вероятная перевозка:	63	
Информация о перевозке:		
Откуда:	Петровская набережная, Чижовка, Ленинский район, Воронеж	
	Координаты:	(51,654914855957; 39,2121734619141)
Куда:	31, Советская улица, Центральный район, Тверь, городской окр	
	Координаты:	(56,8585968017578; 35,9213600158691)
Водитель:	Василий	Контактный телефон: 9652124521
Автомобиль:	Volvo F	ГРЗ: A123AA777
Информация об аварии:		
Груз:	Диметиламин	50 тонн
Площадь заражения:	0,970170821989193 км.	
Направление ветра:	90 град.	
Задействованные подразделения ФПС МЧС России:	16;5;19;4;3;2;20;1;18;21;8;	
Количество антивещества предоставляется:	0 тонн	
Количество работников для устранения предоставляется:	550	
Количество спец. машин для устранения предоставляется:	62	
Время прибытия составов на точку:	3,60134218610208 часов	
Время устранения (после прибытия последнего состава):	13 часов	
Последствия аварии будут устранены предположительно:	30.05.2015 9:30	

Рисунок 4.5 – Отчёт об аварии с участием перевозки №63, если аварии №62 не было.

Допустим, на момент расчёта устранения последствий аварии №62 подразделения ФПС МЧС России уже приступили к устранению последствий аварии с участием перевозки №63. В таком случае отчёт имеет следующее содержание (рис 4.6):

Время аварии:	29.05.2015 17:09		
Место аварии:	Объездной тракт, Альметьевск, Альметьевский район, Татарстан		
	Координаты:	(54,861111111111; 52,398888888889)	
Возможные перевозки, задействованные в аварии:	62;		
Наиболее вероятная перевозка:	62		
Информация о перевозке:			
Откуда:	45, улица Верещагина, Череповец, городской округ Череповец		
	Координаты:	(59,128303527832; 37,9157333374023)	
Куда:	28, Школьная улица, Уральск, Учалинский район, Башкортостан		
	Координаты:	(54,1222724914551; 59,1246757507324)	
Водитель:	Владислав	Контактный телефон:	9602541356
Автомобиль:	Mersedez-Benz Atego	ГРЗ:	E231CB036
Информация об аварии:			
Груз:	Соляная кислота		50 тонн
Площадь заражения:	0,985064410304769 км.		
Направление ветра:	247 град.		
Необходимо обезвреживающего вещества:	кислота каустическая сод		185 тонн
Недостаточно ресурсов для устранения последствий аварии в течение 24 часов.			

Рисунок 4.6. – Отчёт об аварии с участием перевозки №62, когда на авария №63 уже отреагировали.

Следует заметить (рис. 4.7), что после реакции аварийно-спасательных подразделений на аварию с участием перевозки №63, в районе перевозки №62 ещё остались не задействованные подразделения ФПС МЧС России, но их средств недостаточно для устранения последствий аварии.

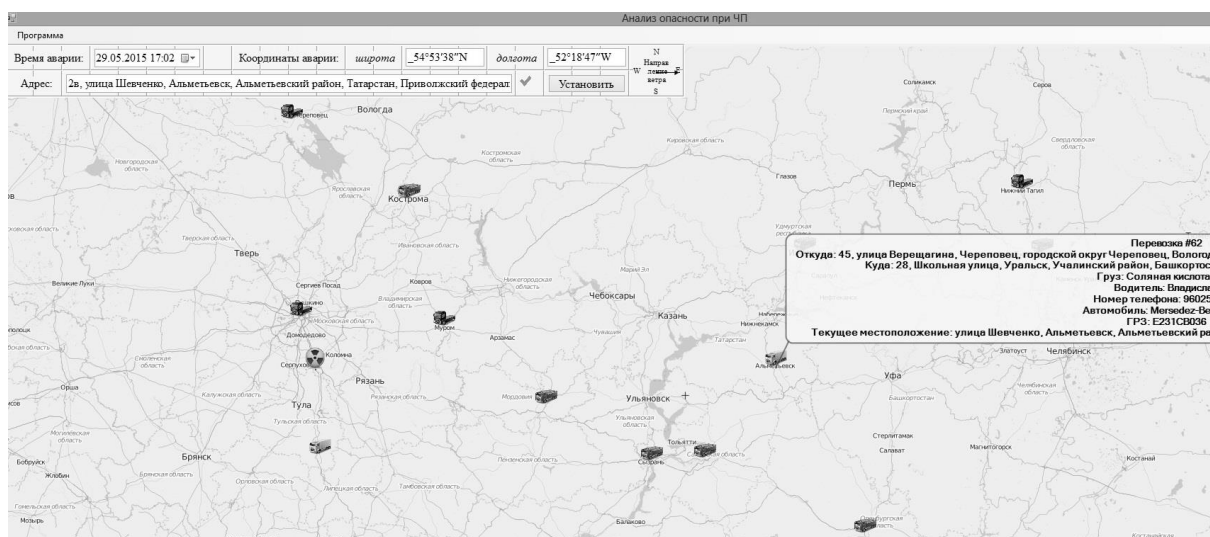


Рисунок 4.7 – Расположение аварийно-спасательных подразделений после реакции на аварию с участием перевозки №63.

Из этого следует сделать вывод, что аварийно-спасательные подразделения в области перевозки №62 необходимо снабдить большим количеством ресурсов для устранения последствий аварий.

5. Организационно-экономическая часть

5.1. Определение этапов и содержания работ. Расчет трудоемкости.

Планирование длительности этапов и содержания работ осуществляется в соответствии с ГОСТ 19.102-77 [14].

На стадии разработки технического задания определены следующие стадии и этапы работ (табл. 5.1):

Таблица 5.1 – Этапы выполнения проекта

Стадия разработки	Этап работ	Содержание работ
1. Техническое задание	Обоснование необходимости разработки программы	Постановка задачи Сбор исходных материалов
	Научно-исследовательские работы	Предварительный выбор методов решения задач
	Разработка и утверждение технического задания	Определение требований к программе. Определение стадий, этапов и сроков разработки программы и документации на неё.
2. Эскизный проект	Разработка эскизного проекта	Предварительная разработка структуры входных и выходных данных Уточнение методов решения задачи
3. Технический проект	Разработка технического проекта	Уточнение структуры входных и выходных данных. Разработка алгоритма решения задачи. Определение формы представления входных и выходных данных Разработка структуры программы.

Таблица 5.1 – Этапы выполнения проекта (продолжение)

Стадия разработки	Этап работ	Содержание работ
	Утверждение технического проекта	Разработка пояснительной записки. Согласование и утверждение технического проекта.
4. Рабочий проект	Разработка программы	Разработка и реализация серверной части Разработка и реализация ядра системы Разработка и реализация пользовательского уровня Тестирование и отладка программы
5. Внедрение	Подготовка и передача программы	Установка и настройка Опытная эксплуатация Обучение пользователей

5.2. Расчет трудоемкости

Вероятные трудозатраты на выполнение данного проекта определяются с помощью экспертных оценок. Для этой цели опрошено четверо экспертов-разработчиков, которые дали следующую оценку трудовых затрат на данную разработку (табл. 5.2):

Таблица 5.2 – Результат экспертных оценок

Эксперт 1	1500 час
Эксперт 2	1100 час
Эксперт 3	1250 час
Эксперт 4	1400 час

Ожидаемая продолжительность (часов):

$$t_{ож} = \frac{3T_{\min} + 2T_{\max}}{5} = \frac{3*1100 + 2*1500}{5} = 1260, \quad (5.1)$$

Затраты труда на программирование выражаются формулой:

$$Q_{\text{progr}} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (5.2)$$

где t_1 – время на проектирование системы

t_2 - время на написание программы

t_3 - время на проведение тестирования, исправлений и написание документации.

Коэффициент затрат на проектирование определяется равным $n_1 = 0.7$, так как этап проектирования наиболее важный.

Затраты труда на проведения тестирования, внесения исправлений и подготовки сопроводительной документации определяются суммой затрат на выполнение каждой работы этапа тестирования:

$$t_3 = t_T + t_{II} + t_D, \quad (5.3)$$

где t_T – затраты труда на проведение тестирования, t_{II} – затраты труда на внесение исправлений, t_D – затраты труда на написание документации.

Значение t_3 определяется посредством ввода соответствующих коэффициентов к значениям затрат труда на непосредственно программирование (t_2):

$$t_3 = t_2 (n_i), \quad (5.4)$$

Коэффициент затрат на проведение тестирования отражает отношение затрат труда на тестирование программы по отношению к затратам труда на ее разработку. В связи с высокими требованиями к надежности разрабатываемой системы коэффициент n_T принимается равным 0.6.

Коэффициент затрат на исправление программы n_{II} принимается равным 0.3, как наиболее используемый.

Коэффициент затрат на написание документации n_d , в связи с простотой пользования разрабатываемой программой принимается равным 0.2.

Затраты на выполнение этапа тестирования:

$$t_3 = t_2(n_T + n_H + n_d) = t_2(0.6+0.3+0.2) = 1.1 t_2, \quad (5.5)$$

Тогда можно записать:

$$Q_{prog} = t_2(0.7 + 1.1 + 1) = 2.8 t_2, \quad (5.6)$$

Отсюда находим затраты труда на написание программы:

$$t_2 = \frac{Q_{prog}}{2.8} = 450 \text{ часов}, \quad (5.7)$$

Далее можно рассчитать все затраты труда:

$$t_1 = 0.7 t_2 = 315 \text{ часов}, \quad (5.8)$$

$$t_T = 0.6 t_2 = 270 \text{ часов}, \quad (5.9)$$

$$t_H = 0.3 t_2 = 135 \text{ часов}, \quad (5.10)$$

$$t_d = 0.2 t_2 = 90 \text{ часов}, \quad (5.11)$$

Заказчик установил, что опытный срок эксплуатации для программного комплекса 16 чел/дней. При 8-ми часовом рабочем дне для одного программиста затраты на внедрение будут составлять 128 часов.

Общее значение трудозатрат тогда:

$$Q_p = Q_{prog} + t_4 = 1260 + 128 = 1388 \text{ часа}, \quad (5.12)$$

5.3. Определение численности исполнителей

Средняя численность исполнителей определяется по формуле:

$$N = \frac{Q_p}{F}, \quad (5.13)$$

где F – фонд рабочего времени и определяется по формуле:

$$F = \sum_{i=1}^T F_{M_i}, \quad (5.14)$$

F_{M_i} - это фонд времени в текущем месяце и вычисляется для каждого месяца с учетом выходных и праздничных дней.

На реализацию проекта отведено 5 месяцев рабочего времени при односменной работе с продолжительностью рабочего дня 8 часов.

Найдем F_{M_i} для каждого месяца (табл 5.3):

Таблица 5.3 – Месячный фонд времени

Январь	$(31 - 5 - 12) * 8 = 112$ часов
Февраль	$(28 - 8 - 1) * 8 = 152$ часов
Март	$(31 - 7 - 3) * 8 = 168$ часов
Апрель	$(30 - 8) * 8 = 176$ часов
Май	$(31 - 6 - 7) * 8 = 144$ часов

Отсюда:

$$F = 112 + 160 + 160 + 176 = 656 \text{ часов}, \quad (5.14)$$

Отсюда средняя численность исполнителей равна:

$$N = \frac{1388}{656} = 2.11 - > 3, \quad (5.15)$$

В выполнении проекта будут заняты специалист по предметной области, и два программиста.

Продолжительность отдельных работ определяем по формуле:

$$t_i = \frac{t_{pp}}{W_{исп} * K_H}, \quad (5.16)$$

где t_{pp} - расчетная продолжительность работы

$W_{исп}$ - количество исполнителей

K_H - коэффициент выполнения нормы, равен 1.

5.4. Сетевая модель проекта

Для определения временных затрат и трудоемкости разработки программного обеспечения систем используется метод сетевого планирования. Метод сетевого планирования позволяет установить единой схемой связь между всеми работами в виде наглядного и удобного для восприятия изображения (сетевого графика), представляющего собой информационно-динамическую модель, позволяющую определить продолжительность и трудоёмкость, как отдельных этапов, так и всего комплекса работ в целом.

Составление сетевой модели включает в себя оценку степени детализации комплекса работ и определения логической связи между отдельными работами (рис. 5.1).

С этой целью составляется перечень всех основных работ. В перечне указываются кодовые номера работ, наименования, длительности и номера их предшественников с типом связи (окончание-начало, начало-начало, окончание-окончание).

Так как для данного проекта в MS Project выставлен расчёт длительности в часах, то результат в днях можно получить, поделив 631,83 на 8 с округлением в большую сторону:

$$631,83 : 8 = 79 \text{ дней}, \quad (5.17)$$

5.5. Календарный график выполнения проекта.

По сетевой модели, в частности, может быть построена диаграмма Ганта, иллюстрирующая проведение последовательности работ, отражённых в сетевой модели (рис. 5.2).

Красным выделен критический путь проекта длительностью в 718,5 часов: его составляет последовательность задач 4-5-6-8-9-10-11-12-14-17-18-19.

	Название задачи	Длительность	Начало	Окончание	Предшественник	Названия ресурсов
0	АИС контроля перемещения ТС, перевозящих АХОВы	631,83 часов	Пн 12.01.15	Ср 06.05.15		
1	Начало проекта	0 часов	Пн 12.01.15	Пн 12.01.15		
2	Анализ и проектирование	160 часов	Пн 12.01.15	Пт 06.02.15		
3	Анализ предметной области	48 часов	Пн 12.01.15	Пн 19.01.15	1	Специалист по предметной области
4	Выбор средств реализации работы с картой автодорог	24 часов	Пн 12.01.15	Ср 14.01.15	1	Программист 1; Программист 2
5	Построение архитектуры ИС	64 часов	Чт 15.01.15	Пн 26.01.15	4	Программист 1; Программист 2
6	Проектирование и наполнение базы данных	72 часов	Вт 27.01.15	Пт 06.02.15	5;3	Программист 1; Программист 2
7	Кодирование	224 часов	Пн 09.02.15	Пт 20.03.15	2	
8	Реализация работы с картой	64 часов	Пн 09.02.15	Ср 18.02.15		Программист 1; Программист 2
9	Реализация построения маршрутов	56 часов	Чт 19.02.15	Пн 02.03.15	8	Программист 1; Программист 2
10	Реализация графической подсистемы	56 часов	Вт 03.03.15	Чт 12.03.15	9	Программист 1; Программист 2
11	Реализация формирования отчётов	8 часов	Пт 13.03.15	Пт 13.03.15	10	Программист 1; Программист 2
12	Компоновка подсистем в единую ИС	40 часов	Пн 16.03.15	Пт 20.03.15	11	Программист 1; Программист 2
13	Тестирование и отладка ИС	202,5 часов	Пн 23.03.15	Пн 27.04.15	7	
14	Тестирование и отладка ИС	202,5 часов	Пн 23.03.15	Пн 27.04.15		Программист 1; Программист 2
15	Написание документации	90 часов	Пн 23.03.15	Вт 07.04.15	7	Специалист по предметной области
16	Внедрение	45,33 часов	Пн 27.04.15	Ср 06.05.15	13	
17	Установка и настройка	4 часов	Пн 27.04.15	Пн 27.04.15		Программист 1; Программист 2
18	Опытная эксплуатация	38,67 часов	Пн 27.04.15	Ср 06.05.15	17	Программист 1; Программист 2; Специалист
19	Обучение пользователей	2,67 часов	Ср 06.05.15	Ср 06.05.15	18	Программист 1; Программист 2; Специалист
20	Окончание проекта	0 часов	Ср 06.05.15	Ср 06.05.15	16	

Рисунок 5.1 – Сетевая модель проекта

Дальнейшая оптимизация критического пути невозможна в виду малого количества разработчиков и жёстко установленной последовательности выполнения работ.

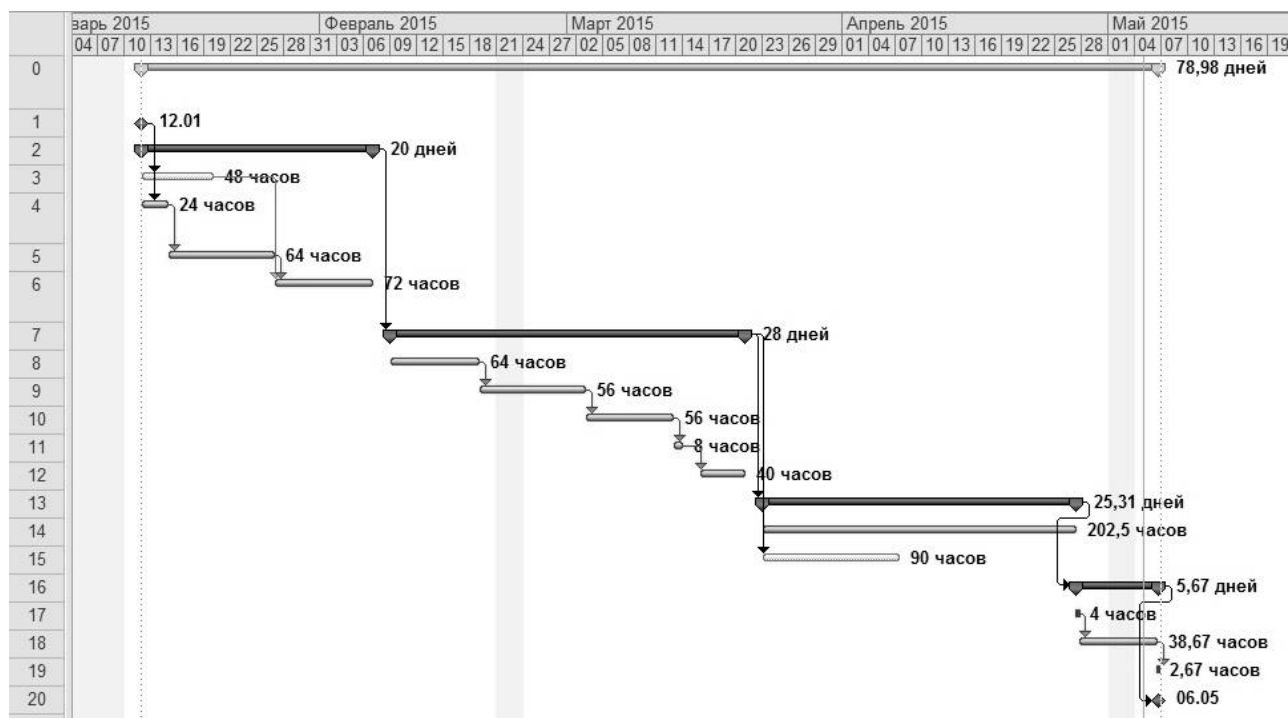


Рисунок 5.2 – Диаграмма Гантта с отслеживанием

В таблице 5.4 отражена занятость каждого из работников в каждой задаче проекта:

Таблица 5.4 – Использование ресурсов

Название ресурса	Трудозатраты
Специалист по предметной области	179,33 часов
Анализ предметной области	48 часов
Написание документации	90 часов
Опытная эксплуатация	38,67 часов
Обучение пользователей	2,67 часов
Программист 1	631,83 часов
Выбор средств реализации работы с картой автодорог	24 часов
Построение архитектуры ИС	64 часов
Проектирование и наполнение базы данных	72 часов
Реализация работы с картой	64 часов
Реализация построения маршрутов	56 часов
Реализация графической подсистемы	56 часов
Реализация формирования отчётов	8 часов
Компоновка подсистем в единую ИС	40 часов
Тестирование и отладка ИС	202,5 часов
Установка и настройка	4 часов
Опытная эксплуатация	38,67 часов
Обучение пользователей	2,67 часов
Программист 2	631,83 часов
Выбор средств реализации работы с картой автодорог	24 часов
Построение архитектуры ИС	64 часов
Проектирование и наполнение базы данных	72 часов
Реализация работы с картой	64 часов
Реализация построения маршрутов	56 часов
Реализация графической подсистемы	56 часов
Реализация формирования отчётов	8 часов

Таблица 5.4 – Использование ресурсов (продолжение)

Компоновка подсистем в единую ИС	40 часов
Тестирование и отладка ИС	202,5 часов
Установка и настройка	4 часов
Опытная эксплуатация	38,67 часов
Обучение пользователей	2,67 часов

5.6. Анализ структуры затрат проекта

Затраты на выполнение проекта состоят из затрат на заработную плату исполнителям, затрат на закупку или аренду оборудования, затрат на организацию рабочих мест, и затрат на накладные расходы.

$$K = C_{\text{ЗАРП}} + C_{\text{ОБ}} + C_{\text{ОРГ}} + C_{\text{НАКЛ}}, \quad (5.18)$$

где $C_{\text{ЗАРП}}$ - заработная плата исполнителей, $C_{\text{ОБ}}$ - затраты на обеспечение необходимым оборудованием, $C_{\text{ОРГ}}$ - затраты на организацию рабочих мест, $C_{\text{НАКЛ}}$ - накладные расходы.

5.6.1. Расчет расходов

Затраты на выплату исполнителям заработной платы определяется следующим соотношением:

$$C_{\text{ЗАРП}} = C_{\text{З.ОСН}} + C_{\text{З.ДОП}} + C_{\text{З.ОТЧ}}, \quad (5.19)$$

где $C_{\text{З.ОСН}}$ - основная заработная плата, $C_{\text{З.ДОП}}$ - дополнительная заработная плата, $C_{\text{З.ОТЧ}}$ - отчисление с заработной платы.

Расчет основной заработной платы при дневной оплате труда исполнителей следует проводить на основе данных по окладам и графику занятости исполнителей:

$$C_{\text{зарп}} = T_{\text{зан}} * O_{\text{он}}, \quad (5.20)$$

где $T_{\text{ЗАН}}$ - число дней, отработанных исполнителем проекта, $O_{\text{ДН}}$ - дневной оклад исполнителя. При 8-и часовом рабочем дне:

$$O_{\text{он}} = \frac{O_{\text{мес}}}{F_{\text{м}}}, \quad (5.21)$$

где $O_{\text{МЕС}}$ - месячный оклад, $F_{\text{м}}$ - месячный фонд рабочего времени

По данным кадровых агентств и Интернет-ресурса [16] средний месячный оклад специалистов требуемой квалификации следующий:

- оклад программиста – 76000 руб.
- специалист – 42000 руб.

Указанная зарплата не является «чистой» и из неё ещё будет вычтена сумма подоходного налога. Дополнительная заработная плата не предусматривается в связи с тем, что проект короткий и исполнители нанимаются на срок менее полугода.

MS Project позволяет автоматизировать расчёт затрат на ресурсы: как трудовые, так и материальные (рис. 4.3). Расходы на заработную плату составляют 647316,68р.

Отчисления на заработную плату в виде выплаты единого социального налога в 30% составляют 194195,00р.

5.6.2. Расчет расходов, связанных с обеспечением работ оборудованием

Для работ, связанных с выполнением проекта необходимы три компьютера с процессором Intel Core i5. Возможна закупка трёх моноблоков IRU 307 по 40000 рублей (рис. 5.3).

5.6.3. Расчет расходов, связанных с организацией рабочих мест

В соответствии с санитарными нормами, расстояние между рабочими столами с видеомониторами должно быть не менее 2 м., а между боковыми поверхностями видеомониторов - не менее 1,2 м. Площадь на одно рабочее место с терминалом или ПК должна составлять не менее 6 кв.м., а объем - не менее 20 куб.м. Площадь, предусмотренная для размещения одного принтера, соответствует 0,5 площади рабочего места исполнителя. Расположение рабочих мест в подвальных помещениях не

допускается. Помещения должны быть оборудованы системами отопления, кондиционирования воздуха или эффективной приточно-вытяжной вентиляцией.

Для организации рабочих мест на три компьютера потребуется рабочая площадь 25 кв.м.

Стоимость годовой аренды [15] помещений требуемого класса в различных районах г. Москвы приведена в табл. 5.5:

Таблица 5.5 – Стоимость аренды помещений

Район	Площадь	Стоимость аренды (за кв. метр в
м. Сокольники	29	15000
м. Новослободская	27	18000
м. Тульская	26	15000
м. Новокузнецкая	30	15000
м. Семёновская	30	6400
м. Текстильщики	28,5	8000

Аренда самого дешевого офиса требуемого класса обходится в 6400 рублей за квадратный метр. Затраты на аренду помещения на этапе разработки вычисляются по формуле:

$$C_{ОРГ} = \frac{C_{КВМ}}{12} \cdot S \cdot T_{АР}, \quad (5.22)$$

где $C_{КВМ}$ - стоимость аренды одного квадратного метра за год;

S - арендуемая площадь офиса;

$T_{АР}$ - срок аренды.

Офис не будет использоваться на этапе внедрения, тогда учитывая, что тестирование заканчивается в конце апреля, офис необходимо арендовать на 4 месяца:

$$C_{ОРГ} = \frac{6400}{12} \cdot 30 \cdot 4 = 64000 \text{ р.}, \quad (5.23)$$

5.6.4. Расчет накладных расходов

Накладные расходы вычисляют в расчете 60%-100% от расходов на основную заработную плату и в данном проекте планируются 60%:

$$C_{Р.НАКЛ} = C_{Р.З.ОСН} \cdot 0.6, \quad (5.24)$$

Накладные расходы на разработку программы, рассчитанные по формуле, составляют:

$$\text{Ср.накл} = 647316.68 \cdot 0.6 = 388390\text{р.} \quad (5.25)$$

Название ресурса	Тип	Стандартная ставка	Затраты на исполыз.	Начисление	Затраты
Специалист по предметной области	Трудовой	42 000,00р./месяц	0,00р.	Пропорциональное	47 075,00р.
Программист 1	Трудовой	76 000,00р./месяц	0,00р.	Пропорциональное	300 120,84р.
Программист 2	Трудовой	76 000,00р./месяц	0,00р.	Пропорциональное	300 120,84р.
Моноблок iRU 307 1	Материальный	0,00р.	40 000,00р.	В начале	40 000,00р.
Моноблок iRU 307 2	Материальный	0,00р.	40 000,00р.	В начале	40 000,00р.
Моноблок iRU 307 3	Материальный	0,00р.	40 000,00р.	В начале	40 000,00р.
Офис на Семёновской	Материальный	0,00р.	64 000,00р.	В начале	64 000,00р.
Накладные расходы	Материальный	0,00р.	388 390,00р.	Пропорциональное	388 390,00р.
Отчисления на заработную плату	Материальный	0,00р.	194 195,00р.	Пропорциональное	194 195,00р.

Рисунок 5.3 – Ресурсы проекта

Суммарные затраты составляют 1 413 901,60р. и представлены на рис. 5.4.

Только на разработку без внедрения необходимо 1 359 984,93р.

Название задачи	Названия ресурсов	Затраты
АИС контроля перемещения ТС, перевозящих АХОВы		1 413 901,60р.
Начало проекта	Накладные расходы[0];Моноблок iRU 307 2[0];Моноблок iRU 307 3[0];Офис	766 584,96р.
Анализ и проектирование		164 600,00р.
Анализ предметной области	Специалист по предметной области	12 600,00р.
Выбор средств реализации работы с картой автодорог	Программист 1;Программист 2	22 800,00р.
Построение архитектуры ИС	Программист 1;Программист 2	60 800,00р.
Проектирование и наполнение базы данных	Программист 1;Программист 2	68 400,00р.
Кодирование		212 800,02р.
Реализация работы с картой	Программист 1;Программист 2	60 800,00р.
Реализация построения маршрутов	Программист 1;Программист 2	53 200,01р.
Реализация графической подсистемы	Программист 1;Программист 2	53 200,01р.
Реализация формирования отчётов	Программист 1;Программист 2	7 600,00р.
Компоновка подсистем в единую ИС	Программист 1;Программист 2	38 000,00р.
Тестирование и отладка ИС		216 000,02р.
Тестирование и отладка ИС	Программист 1;Программист 2	192 375,02р.
Написание документации	Специалист по предметной области	23 625,00р.
Внедрение		53 916,67р.
Установка и настройка	Программист 1;Программист 2	3 800,00р.
Опытная эксплуатация	Программист 1;Программист 2;Специалист по предметной области	46 883,33р.
Обучение пользователей	Программист 1;Программист 2;Специалист по предметной области	3 233,33р.
Окончание проекта		0,00р.

Рисунок 5.4 – Суммарные затраты

Структура затрат на разработку проиллюстрирована на рис. 5.5.

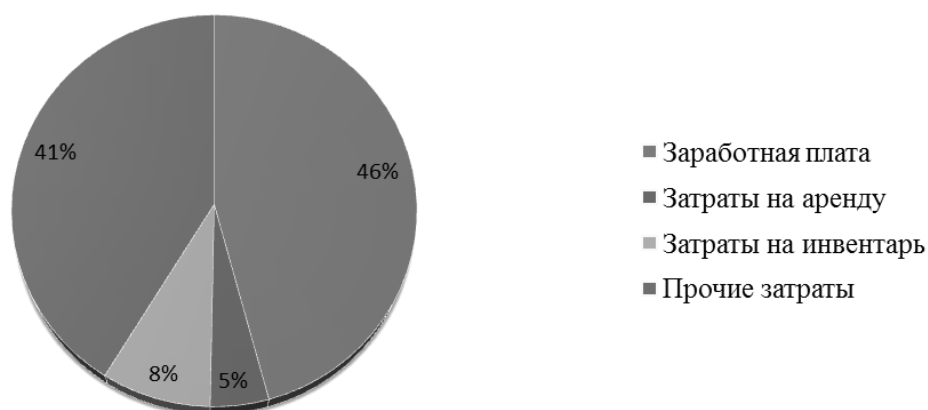


Рисунок 5.5 – Структура затрат на разработку

5.7. Исследование рынка для разрабатываемого ПО

В настоящее время у МЧС нет автоматизированного ресурса, который позволил бы оперативно скоординировать силы для устранения последствий аварии, связанной с выбросом химически опасных веществ при указании только места и времени, где произошла эта авария.

Учитывая, что работать программа должна без использования ресурсов Internet и в узконаправленной области, покупателем может выступать только МЧС.

Разрабатываемый программный продукт направлен на решение конкретной указанной проблемы, а также на разработку удобного механизма администрирования проектируемой системы.

Число потенциальных покупателей на годовом интервале времени будет не более 1, т.е. $N_P^0 = 1$.

5.8. Планирование цены и прогнозирование прибыли

На основе данных о затратах на разработку и внедрение, результатах прогнозирования объема продаж, определим стоимость одного комплекта программного обеспечения.

Стоимость поставляемого на рынок ПО определяется частью стоимости разработки ПО, затрат на внедрение и прибыли фирмы-разработчика.

Стоимость ПО можно рассчитать, используя следующее соотношение:

$$K_{ПО} = (\Delta K + K_{ВН}) \cdot (1 + D_{ПРИБ}), \quad (5.25)$$

где ΔK - часть стоимости разработки, приходящаяся на одну копию программы, $K_{ВН}$ - стоимость внедрения программы, $D_{ПРИБ}$ - процент прибыли, заложенный в стоимость.

Стоимость внедрения остается постоянной для каждой установки ПО, а частичная стоимость разработки, приходящаяся на каждый комплект ПО, определяется исходя из данных о планируемом объеме установок:

$$\Delta K = \frac{K}{N_P^O} \cdot (1 + H_{СТ}), \quad (5.26)$$

где K - стоимость проекта, N_P^O - планируемое число копий ПО, $H_{СТ}$ - ставка банковского процента по долгосрочным кредитам (более одного года).

Если, в качестве ставки процента по долгосрочным кредитам использовать 25% годовых и использовать рассчитанные значения затрат на разработку и планируемое число установок, то можно определить частичную стоимость разработки.

Тогда с использованием формул (5.26) и (5.26) получим:

$$\Delta K = 1\,359\,984,93 / 1 \cdot (1 + 0.25) = 1\,699\,981,16 \text{ р.} \quad (5.27)$$

$$K_{ПО} = (1\,699\,981,16 + 53916,67) \cdot (1 + 0.15) = 2016982,5045 \text{ р.} \quad (5.28)$$

Сумма 1 359 984,93р., необходимая для разработки ПО, берётся в кредит в «Банке Москвы» под ставку 25% годовых на срок 6 месяцев.

Таблица 5.6 – Фрагмент таблицы общего баланса

Период расчета	Баланс начальный	Сумма продаж	Сумма погашения кредита	Фактическая совокупная прибыль	Фактическая чистая прибыль	Баланс конечный
5-9.2015	-1413901,6	2 016982	1 767 377	249605	210468	563943

5.9. Выводы

В результате выполнения организационно-экономических расчетов установлены следующие показатели данного проекта:

Общие затраты труда на реализацию проекта, которые составили 1388 чел/часов.

Исходя из временных требований к реализации проекта, численность исполнителей составила 3 человека: специалист предметной области и 2 программиста.

Составлена сетевая модель с контролем затрат на каждом этапе и построена диаграмма Ганта – временной график выполнения проекта.

Рассчитаны денежные затраты на реализацию проекта, которые составили в общей сумме 1 359 984,93р. Источник денежных средств – кредит в «Банке Москвы».

Стоимость продукта составила 2 016 982,50р. при условии продажи одного экземпляра в год.

Ориентировочный срок окупаемости продукта – 5 месяцев.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод об экономической целесообразности проведения работ и внедрения в производство

6. Охрана труда и экология

6.1. Анализ опасных и вредных факторов при разработке программного обеспечения и мероприятия по их устранению

Разработка программного обеспечения требует длительного взаимодействия с вычислительными системами. Работа с персональными электронно-вычислительными машинами связана с рядом вредных и опасных факторов, таких как статическое электричество, рентгеновское излучение, электромагнитные поля, блики и отраженный свет, ультрафиолетовое излучение, мерцание изображения. При длительном воздействии на организм эти факторы негативно влияют на здоровье человека.

6.1.1. Микроклимат

Работа как программиста, так и пользователя относится к категории 1а, поскольку не предполагает больших физических усилий. Поэтому оптимальные нормы микроклимата СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [17] для рабочего помещения программиста определяются таблицей (табл. 6.1):

Таблица 6.1 – Оптимальные нормы микроклимата

	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	40-60	0,1
Теплый	23-25	40-60	0,1

Вредным фактором при работе с ЭВМ является также запыленность помещения. Этот фактор усугубляется влиянием на частицы пыли электростатических полей персональных компьютеров.

Для устранения несоответствия параметров указанным нормам проектом предусмотрено использование системы кондиционирования как наиболее эффективного и автоматически функционирующего средства.

Нормы СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 определяют уровни положительных и отрицательных ионов в воздухе (табл. 6.2):

Таблица 6.2 – Уровни ионизации воздуха помещений при работе на ВДТ и ПЭВМ

Уровни	Число ионов в 1 см куб. воздуха	
	n ⁺	n ⁻
Минимально необходимые	400	600
Оптимальные	1500-3000	3000-5000
Предельно допустимые	50000	50000

Для обеспечения требуемых уровней предусмотрено использование системы ионизации Сапфир-4А.

Концентрация вредных химических веществ в помещениях с ПЭВМ не должна превышать «ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест» [18]. Для выполнения указанных требований предусмотрено применение фильтров из активированного угля.

6.1.2. Шум и вибрации

Уровень шума на рабочем месте программиста не должен превышать 55 дБА, а уровень вибрации не должен превышать допустимых норм вибрации. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 устанавливает следующие нормы на вибрацию (табл. 6.3).

Таблица 6.3 – Допустимые нормы вибрации на рабочих местах с ВДТ и ПЭВМ

Среднегеометрические частоты октавных полос, Гц	Допустимые значения	
	по виброскорости	
	м/с	дБ
2	4,5x10	79
4	2,2x10	73
8	1,1x10	67
16	1,1x10	67
31,5	1,1x10	67
63	1,1x10	67
Корректированные значения и их уровни в дБ	2,0x10	72

При разработке программного обеспечения внутренними источниками шума являются вентиляторы, а также принтеры и другие периферийные устройства ЭВМ.

Внешние источники шума – прежде всего, шум с улицы и из соседних помещений. Постоянные внешние источники шума, превышающего нормы, отсутствуют.

Для устранения превышения нормы проектом предусмотрено применение звукопоглощающих материалов для облицовки стен и потолка помещения, в котором осуществляется работа с вычислительной техникой.

6.1.3. Освещение

Наиболее важным условием эффективной работы программистов и пользователей является соблюдение оптимальных параметров системы освещения в рабочих помещениях.

Естественное освещение осуществляется через светопроемы, ориентированные в основном на север и северо-восток (для исключения попадания прямых солнечных лучей на экраны компьютеров) и обеспечивает коэффициент естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5%.

В качестве искусственного освещения проектом предусмотрено использование системы общего равномерного освещения. В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещенность на поверхности рабочего стола находится в пределах 300-500 лк. Разрешается использование светильников местного освещения для работы с документами (при этом светильники не должны создавать блики на поверхности экрана).

Правильное расположение рабочих мест относительно источников освещения, отсутствие зеркальных поверхностей и использование матовых материалов ограничивает прямую (от источников освещения) и отраженную (от рабочих поверхностей) блескость. При этом яркость светящихся поверхностей не превышает 200 кд/кв.м, яркость бликов на экране ПЭВМ не превышает 40 кд/кв.м, и яркость потолка не превышает 200 кд/кв.м.

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 проектом предусмотрено использование люминесцентных ламп типа ЛБ в качестве источников света при искусственном освещении. В светильниках местного освещения допускается применение ламп накаливания.

Применение газоразрядных ламп в светильниках общего и местного освещения обеспечивает коэффициент пульсации не более 5%.

Таким образом, проектом обеспечиваются оптимальные условия освещения рабочего помещения.

6.1.4. Рентгеновское излучение

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, проектом предусмотрено использование ПЭВМ, конструкция которых обеспечивает мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м. от экрана и корпуса монитора не более 0,1 мбэр/час (100 мкР/час). Результаты сравнения норм излучения приведены в таблице:

Таблица 6.4 – Сравнение норм рентгеновского излучения в различных стандартах

	Допустимое значение, мкР/час, не более
СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03	100
ТСО-99	500
MPR II	500

Как видно из таблицы, стандарты MPR II и ТСО-99 предъявляют менее жесткие требования к рентгеновскому излучению, чем СанПиН. Но при соблюдении оптимального расстояния между пользователем и монитором дозы рентгеновского излучения не опасны для большинства людей.

6.1.5. Неионизирующие электромагнитные излучения

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, допустимые значения параметров неионизирующих излучений приводятся в следующих таблицах:

Таблица 6.5 – Предельно допустимые значения напряженности электрического поля

Диапазон частот	Допустимые значения
5 Гц – 2 кГц	25 В/м
2 – 400 кГц	2,5 В/м

Таблица 6.6 – Предельно допустимые значения плотности магнитного потока

Диапазон частот	Допустимые значения
5 Гц – 2 кГц	250 нТл
2 – 400 кГц	25 нТл

Величина поверхностного электростатического потенциала не должна превышать 500 В.

Мониторы, используемые в настоящее время, удовлетворяют нормам МРР II (или более жестким требованиям) и имеют следующие предельные значения:

Таблица 6.7 – Предельно допустимые значения напряженности электромагнитного поля

Диапазон частот	Допустимые значения
5 Гц – 2 кГц	25 В/м
2 – 400 кГц	2,5 В/м

Таблица 6.8 – Предельно допустимые значения магнитной индукции

Диапазон частот	Допустимые значения
5 Гц – 2 кГц	200 нТл
2 – 400 кГц	25 нТл

Поверхностный электростатический потенциал не превышает 500 В.

Таким образом, параметры электрических и магнитных (неионизирующих) полей удовлетворяют требованиям СанПиН.

6.1.6. Визуальные параметры

Неправильный выбор визуальных эргономических параметров приводит к ухудшению здоровья пользователей, быстрой утомляемости, раздражительности. В этой связи, проектом предусмотрено, что конструкция вычислительной системы и ее эргономические параметры обеспечивают комфортное и надежное считывание информации.

Требования к визуальным параметрам, их внешнему виду, дизайну, возможности настройки представлены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Визуальные эргономические параметры монитора и пределы их изменений приведены в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Визуальные эргономические параметры ВДТ и пределы их изменений

Наименование параметров	Пределы значений параметров	
	миним. (не менее)	максим. (не более)
Яркость знака (яркость фона), кд/кв.м (измеренная в темноте)	35	120
Внешняя освещенность экрана, лк	100	250
Угловой размер знака, угл. мин.	16	60

Для выполнения этих требований проектом предусмотрено использование современных мониторов, имеющих достаточно широкий набор регулируемых параметров. В частности, для удобного считывания информации реализована возможность настройки положения монитора по горизонтали и вертикали. Мониторы оснащены специальными устройствами и средствами настройки ширины, высоты, яркости, контраста и разрешения изображения. Кроме того, в современных мониторах зерно изображения имеет размер в пределах 0,27 мм, что обеспечивает высокую четкость и непрерывность изображения. Наконец, на поверхность дисплея нанесено матовое покрытие, чтобы избавиться от солнечных бликов.

6.2. Расчет системы искусственного освещения

В зависимости от цели расчета при проектировании искусственного освещения приходится решать следующий ряд вопросов:

Выбрать или определить типы ламп и светильников. Для освещения предприятий службы быта следует применять газоразрядные лампы. Применение ламп накаливания целесообразно при температуре воздуха ниже 10 °С и падении напряжения в сети более 10% от номинального.

Выбор светильника должен производиться с учетом его крепления, подвода электроэнергии, защиты от механических повреждений, взрыво- и пожароопасности (открытые, закрытые, пылевлагонепроницаемые, взрывоопасные, взрывозащищенные светильники).

Выбрать систему освещения. Наиболее экономичной является система комбинированного освещения, так как она создает наиболее равномерное светораспределение.

При комбинированном освещении доля общего освещения в нем не должна быть меньше 10%.

Выбрать расположение светильников и определить их количество. Светильники, расположенные симметрично вдоль или поперек помещения, в шахматном порядке, рядами, ромбовидно, обеспечивают равномерное по площади освещение. Локализованное неравномерное размещение светильников производят с учетом местонахождения ПЭВМ, оборудования и т.д.

Экспериментально установлено, что наибольшая равномерность достигается:

При шахматном расположении, если

$$\frac{r}{H_p} \leq 1,7 \div 2,5, \quad (6.1)$$

При расположении прямоугольником, если

$$\frac{r}{H_p} \leq 1,4 \div 2,0, \quad (6.2)$$

где r – расстояние между светильниками; H_p – высота подвеса светильника над рабочей поверхностью:

$$H_p = H - h_c - h_{p.m.}, \quad (6.3)$$

где H – высота помещения, м; h_c – высота подвеса светильника, м; $h_{p.m.}$ – высота рабочего места ($h_{p.m.} = 0,8$ м), м.

Оптимальное расстояние от крайнего ряда светильников до стены:

$$r_{\kappa} = (0,24 \div 0,3)r, \quad (6.4)$$

При отсутствии рабочих поверхностей у стены:

$$r_k = (0,4 \div 0,5)r, \quad (6.5)$$

Для исключения слепящего действия светильников общего освещения должно выполняться правило

$$H - h_c \leq 2,5 \div 4,0 \text{ м} \quad (6.6)$$

при мощности ламп $P_{\text{л}} \leq 200$ Вт. Необходимое число светильников при расположении квадратом составляет:

$$N_c = \frac{S}{r^2}, \quad (6.7)$$

где S – площадь помещения, м^2 ; r – длина стороны квадрата, м.

Определить нормируемую освещенность рабочего места по минимальному размеру объекта различия, фону, контрасту объекта с фоном в системе освещения.

Для расчета искусственного освещения используют три метода:

Метод светового потока для общего равномерного освещения горизонтальной рабочей поверхности.

Точечный метод для любой системы освещения.

Метод удельной мощности для ориентировочных расчетов общего равномерного освещения.

Световой поток определяется по формуле:

$$F_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot K \cdot S \cdot Z}{N \cdot \eta}, \quad (6.8)$$

где $F_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лк; $E_{\text{н}}$ – нормированная освещенность, лк; S – площадь освещаемого помещения, м^2 ; K – коэффициент запаса (в соответствии со СНиП 23-05-95 для люминесцентных ламп производственных цехов предприятий службы быта $K = 1,6 \div 1,7$; для остальных помещений $K = 1,5$); Z – коэффициент минимальной освещенности, равный отношению средней освещенности к минимальной; N – число ламп; η – коэффициент использования светового потока,

равный отношению потока, падающего на рабочую поверхность, к общему потоку ламп.

Коэффициент использования светового потока η зависит от к.п.д. светильника, коэффициента отражения потолка (ρ_n), стен (ρ_c), величины показателя помещения i , учитывающего геометрические параметры помещения, высоту подвеса светильника (H_p):

$$i = \frac{a \cdot b}{H_p (a + b)}, \quad (6.9)$$

где a и b – ширина и длина помещения, м.

При длине рабочего помещения $a = 10$ м, ширине $b = 8$ м и высоте $H = 3$ м, потребуется следующее освещение:

$$E_n = 300 \text{ лк}$$

$$F_{\text{л}} = 5383 \text{ лм} - \text{световой поток 1 лампы}$$

Тогда

$$i = \frac{a \cdot b}{(H - h_c + h_{pm})(a + b)} = \frac{10 \cdot 8}{(3,0 - 0,1 - 0,8)(10 + 8)} \approx 2,1, \quad (6.10)$$

Следовательно, $\eta = 0,41$.

Число ламп равно

$$N = \frac{300 \cdot 80 \cdot 1,6 \cdot 1,1}{5383 \cdot 0,41} = 19, \quad (6.11)$$

что при использовании светильников с использованием одной лампы потребует использования 19 светильников.

Расстояние между двумя светильниками составит:

$$r = 1,5 (3,6 - 0,1 - 0,8) = 4 \text{ м.} \quad (6.12)$$

Расстояние от стены до светильников:

$$r_k = 0,25 \cdot 4 = 1 \text{ м.} \quad (6.13)$$

Следовательно, светильники следует расположить в три ряда по шесть светильников (рисунок 7.1).

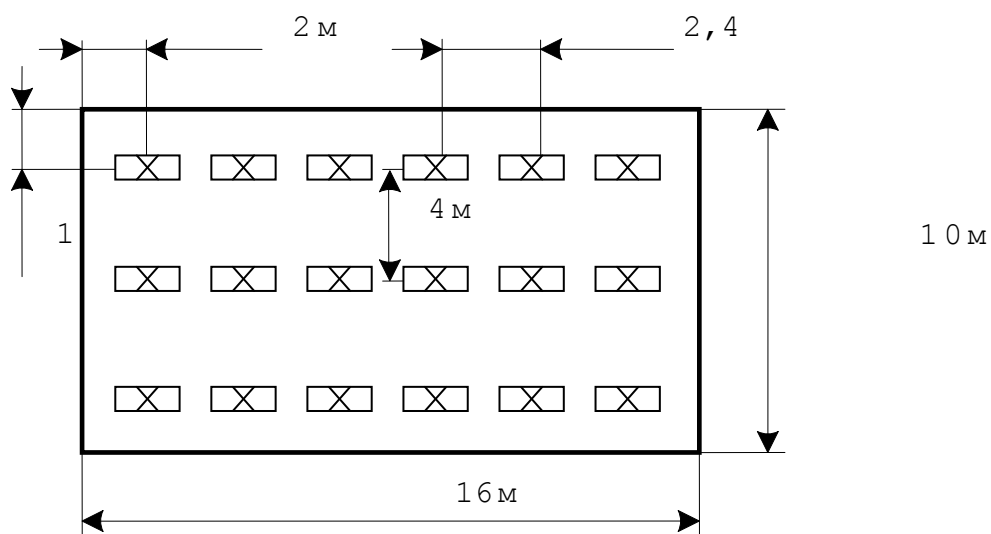


Рисунок 6.1 – Схема освещения помещения

При этом отклонение от расчетного светового потока на

$$(18-19)/18 = -0,05\%, \quad (6.13)$$

является допустимым.

Таким образом, в проекте используются 18 светильников с высотой подвеса 0,1 м и, соответственно, 18 люминесцентных ламп ЛБ-80 со световым потоком 5383 лм и световой отдачей 65,3 лм/Вт.

Заключение

В результате выполнения дипломного проекта спроектирована, протестирована и отлажена система поддержки принятия управленческих решений при реагировании подразделений МЧС России на чрезвычайные ситуации с участием транспортных средств, перевозящих АХОВ.

В процессе проектирования системы достигнуты следующие результаты:

1. спроектирована база данных, хранящая информацию о: перевозках АХОВ; подразделениях ФПС МЧС России; авариях с АХОВ;
2. разработаны методы:
 - а) идентификации перевозки АХОВ по месту и времени;
 - б) выборки необходимых подразделений ФПС МЧС России по критериям их предназначения и времени прибытия к месту чрезвычайной ситуации;
3. реализована подсистема ввода данных: посредством работы с картой, а также путём ручного ввода информации в интерфейсные поля;
4. реализована подсистема вывода данных: формирование подробных отчётов, а также отображение сводной информации на карте.

Разработанное программное обеспечение позволяет быстро и точно определять параметры аварии с АХОВ и рационально задействовать подразделения ФПС МЧС России для устранения последствий аварии.

Проведено модульное и системное тестирование разработанного программного обеспечения, на основании чего можно заключить, что ПО полностью соответствует требованиям технического задания.

Разработанное программное обеспечение установлено для проведения опытной эксплуатации и оценки его функциональных возможностей в Центре мониторинга реагирования пожарно-спасательных подразделений МЧС России на ДТП ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ).

В процессе эксплуатации ПО замечены некоторые недостатки:

1. разработанные алгоритмы позволяют производить расчет сил МЧС России и времени устранения последствий аварий только последовательно;
2. не предусмотрена возможность построения маршрута, с исключением из него определённых точек (для объезда загруженных участков дорог).

Кроме исправления вышеперечисленных недостатков, можно выделить следующие пути развития разработанной системы:

- использование разработанных методов для выявления «слабых мест» в схеме расположения аварийно-спасательных подразделений;
- использование разработанных методов для составления графика перевозок АХОВ;
- использование ГЛОНАСС для более точного мониторинга ТС.

Список литературы

1. Когаловский М. Р. Перспективные технологии информационных систем. – М.: ДМК Пресс; Компания АйТи, 2003. – 288 с. – ISBN 5-94074-200-9
2. РД.52.04.253-90. – Л.: Гидрометеиздат, 1989
3. http://vestnik-glonass.ru/stati/perevozka_opasnykh_gruzov_i_passazhirov_pod_kontrolem_glonass/
4. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд.: Пер. с англ. Мухин Н. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с.: ил.
5. <http://habrahabr.ru/post/103467/>
6. http://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula
7. Booch Grady. Object-Oriented Analysis and Design with Applications. 3rd edition. Addison-Wesley, 2007. – 717 p. – ISBN 13: 978-0201895513
8. <https://www.jetbrains.com/resharper/>
9. <http://habrahabr.ru/post/168669/>
10. <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/bb397687.aspx>
11. <http://www.websofia.com/2013/02/gmap-net-tutorial-maps-markers-and-polygons/>
12. Дж. Уорсли, Дж. Дрейк. PostgreSQL. Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 496 с. – ISBN 5-94723-337-1
13. <https://github.com/npgsql/npgsql/wiki/User-Manual>
14. ГОСТ 19.102-77. ЕСПД. Стадии разработки
15. <http://irr.ru>
16. <https://rabota.yandex.ru>
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы
18. ГН 2.1.6.789-99. Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест

Приложение А. Листинг модульных тестов

```
[TestClass]
public class TestStadiesGeneration
{
    [TestMethod]
    public void TestEmptyRoute()
    {
        var gmap = new GMapControl();
        var map = new OpenStreetGreatMap(ref gmap);

        map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new
List<PointLatLng>(), 5);

        var res = map.GetShortTrack();
        Assert.AreEqual(0, res.Count);
    }

    [TestMethod]
    public void TestOnePointRoute()
    {
        var gmap = new GMapControl();
        var map = new OpenStreetGreatMap(ref gmap);

        map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new List<PointLatLng>
{ new PointLatLng(50, 40) }, 5);

        var res = map.GetShortTrack();
        Assert.AreEqual(1, res.Count);
    }

    [TestMethod]
    public void TestDividedByDiff()
    {
        var gmap = new GMapControl();
        var map = new OpenStreetGreatMap(ref gmap);

        map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new List<PointLatLng>
{
            new PointLatLng(50, 40),
            new PointLatLng(50, 40.1),
            new PointLatLng(50.1, 40),
            new PointLatLng(50.1, 40.2),
            new PointLatLng(50.1, 40.1)
        }, 2);

        var res = map.GetShortTrack();
        Assert.AreEqual(3, res.Count);

        map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new List<PointLatLng>
{
            new PointLatLng(50, 40),
            new PointLatLng(50, 40.1),
            new PointLatLng(50.1, 40),
            new PointLatLng(50.1, 40.1),
            new PointLatLng(50.1, 40),
            new PointLatLng(50.1, 40.1),
            new PointLatLng(50.1, 40),
            new PointLatLng(50.1, 40),
            new PointLatLng(50.1, 40.2),
            new PointLatLng(50.1, 40.1)
        })
```

```

    }, 3);

    res = map.GetShortTrack();
    Assert.AreEqual(res.Count, 4);
}

[TestMethod]
public void TestNotDividedByDiff()
{
    var gmap = new GMapControl();
    var map = new OpenStreetGreatMap(ref gmap);

    map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new List<PointLatLng>
    {
        new PointLatLng(50, 40),
        new PointLatLng(50, 40.1),
        new PointLatLng(50.1, 40),
        new PointLatLng(50.1, 40.1)
    }, 2);

    var res = map.GetShortTrack();
    Assert.AreEqual(3, res.Count);

    map.GenerateStadies(new CancellationTokenSource().Token, new List<PointLatLng>
    {
        new PointLatLng(50, 40),
        new PointLatLng(50, 40.1),
        new PointLatLng(50.1, 40),
        new PointLatLng(50.1, 40.1),
        new PointLatLng(50.1, 40),
        new PointLatLng(50.1, 40.1),
        new PointLatLng(50.1, 40),
        new PointLatLng(50.1, 40),
        new PointLatLng(50.1, 40.1)
    }, 3);

    res = map.GetShortTrack();
    Assert.AreEqual(res.Count, 4);
}
}

```