

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт математики, физики и информационных технологий
Кафедра «Прикладная математика и информатика»

02.03.03 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И АДМИНИСТРИРОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему

**«Разработка автоматизированной системы расчета параметров для
проектирования газопровода»**

Студент	<u>Д.С. Краснов</u>	_____
Руководитель	<u>В.С. Климов</u>	_____
Консультант по аннотации	<u>А.В. Кириллова</u>	_____

Допустить к защите

Заведующий кафедрой А.В. Очеповский, к.т.н., доцент _____

« _____ » _____ 2017 г.

Тольятти 2017

АННОТАЦИЯ

Темой данной выпускной квалификационной работы является «Разработка автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода».

Объектом исследования при написании работы стало изучение методов расчета параметров газопровода и его проектирования с использованием объектно-ориентированного языка программирования Java.

Целью данной работы стала разработка программного обеспечения автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода.

Дипломная работа состоит из введения, трех глав и заключения.

Во введении описывается актуальность данной темы, ставится цель и определяется примерный план действий для осуществления задуманного.

В первой главе проводится анализ состояния вопроса, рассматриваются существующие аналоги систем, выделяются их плюсы и минусы.

Во второй главе описывается процесс разработки автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода

В третьей главе демонстрируется реализация автоматизированной системы, тестирование и оценка работы.

В заключении проводятся итоги исследования, формируются окончательные выводы по теме.

Объем дипломной работы 53 страницы, на которых размещены 29 рисунков и 2 таблицы. При написании данной работы использовалось 22 источников.

Разработанная автоматизированная система получила акт о внедрении от отдела проектирования энергетики, отопления, вентиляции и кондиционирования Проектного управления ПАО «АВТОВАЗ

ABSTRACT

The title of the graduation work is The Development of an Automated System for Calculating Parameters for Designing a Gas Pipeline. This graduation work is devoted to the creation of a program for calculating the parameters of the gas pipeline and creating a ready-made scheme. The program should facilitate the task for engineers working in the field of energy resources.

The work is based on normative technical documentation, which describes the necessary calculations and conversion from one format to another. The key problem of the graduation work is the development of solutions for the calculation of the parameters of the gas pipeline, its design, consideration of all possible threats. Analysis of existing systems for calculating gas pipeline parameters.

The graduation work can be divided into several logically related parts that describe the subject area and formalize the requirements for the software product, software development of the automated system for calculating parameters for the design of the gas pipeline, software testing.

We will fully consider the methods of calculating the parameters of the gas pipeline, which are used in the work and their implementation in the Java programming language.

This work is of interest to a wide range of users. In general, the results show that an automated system for calculating parameters for designing a gas pipeline simplifies the work that is necessary and must be carried out very accurately.

Оглавление

Введение.....	7
1 Анализ состояния вопроса	9
1.1 Описание и анализ предметной области	9
1.2 Постановка задач на проект	10
1.3 Обзор предметной области	11
2 Разработка автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода	16
2.1 Разработка логической модели системы	16
2.2 Расчетные основные параметры газопровода.....	23
2.3 Разработка автоматизированной системы расчета параметров	28
3 Практическая реализация.....	31
3.1 Описание программы.....	31
3.2 Пример работы	35
Заключение	43
Список используемой литературы	44
ПРИЛОЖЕНИЕ А	46
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	52

Введение

Современная сеть газоснабжения представляет собой сложный комплекс сооружений, включающий в себя следующие основные элементы: газовых тупиковых, кольцевых и смешанных сетей низкого, среднего и высокого давления (так же их называют трубопроводами газообразного энергоносителя), проложенных на территории города или другого населенного пункта внутри кварталов и внутри зданий; на магистралях - газораспределительных станций (ГРС), газорегуляторных пунктов и установок, шкафных распределительных пунктов (ГРП, ШРП и ГРУ), систем связи, автоматики и телемеханики. Весь комплекс сооружений служит для обеспечения бесперебойной подачи газа потребителям, на простоту, безопасность, надежность и удобство эксплуатации. В системе предусматривают возможность отключения отдельных ее элементов и участков трубопровода газообразного энергоносителя для производства различных ремонтных и аварийных работ.

Сложность проектирования газопроводов заключается в трудоемкости проведения расчета по определению потери давления по длине газопровода.

Существуют следующие аналоги для проектирования:

1. Программа «Расчет диаметра газопровода»;
2. Программа «Старт»;
3. Программа «GAS Studio»

Однако они (аналоги) не обладают всеми необходимыми расчетами и не удобны в плане пользовательского интерфейса с точки зрения АвтоВАЗа.

Для преодоления этих недостатков назрела необходимость разработки собственной автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода.

Таким образом цель работы – снижение трудоемкости проектирования газопроводов на АвтоВАЗе за счет разработки собственной автоматизированной системы расчета параметров для построения газопровода.

В ходе выполнения исследований на языке Java с использованием среды NetBeans была разработана программа, которая выполняет необходимые расчеты, а также графическое построение и проста в использовании.

Исследования, проведенные в рамках данной работы, будут использованы на АвтоВАЗе, для подтверждения этого от отдела проектирования энергетики, отопления, вентиляции и кондиционирования Проектного управления ПАО «АВТОВАЗА» было получен акт о внедрении.

1 Анализ состояния вопроса

1.1 Описание и анализ предметной области

Предметной областью данной автоматизированной системы является процесс расчета параметров для проектирования газопровода.

Газопровод – является инженерным сооружением, предназначенным для транспортировки энергоносителя (в зависимости от среды, которая транспортируется, применяют термины: газопровод, воздухопровод и т.д.) с помощью трубопровода.

Газопроводы делятся на:

- магистральные газопроводы, их предназначение транспортировка среды на дальние расстояния. Магистральные трубопроводы газообразного энергоносителя включают в себя системы по подготовке газа для транспортировки, компрессорные или насосные, газораспределительные и газоповысительные станции. Магистральные трубопроводы подразделяются по рабочему давлению на трубопроводы низкого давления - $p_r < 1,2$ МПа, среднего давления - $p_r = 1,2...2,5$ МПа, и высокого давления - $p_r > 2,5$ МПа;

- городские (поселковые) коммунально-сетевые газопроводы, удовлетворяют нужды населения города и малых промпредприятий. Такие газопроводы по цели их назначения подразделяют на распределительные, транзитные и ответвления. Поставка газа по данным видам газопроводов допускается действующими нормами при $p_r < 1,2$ МПа. Городские газопроводы являются газопроводами низкого давления при $p_r < 0,005$ МПа, среднего давления при $p_r = 0,005...0,3$ МПа, и высокого давления при $p_r > 0,3$ МПа;

- технологические газопроводы, подающие газ на промышленные предприятия, что обеспечивает эксплуатацию оборудования и технологический процесс. Эти газопроводы делятся по типу размещения на промпредприятии, на внутрицеховые, связывающие между собой технологические установки, машины и агрегаты в цехе, а так же межцеховые, которые соединяют технологические установки различных цехов. Обязочными называются такие

внутрицеховые газопроводы, которые прокладываются непосредственно в пределах аппаратов, компрессоров, насосов и др. и соединяют их.

Ключевыми характеристиками трубопровода газообразного энергоносителя являются: условное сечение прохода DN (D_y), мм, условное давление PN (p_y), МПа, рабочая температура среды t_p , °С, расчетная толщина стенки трубы t мм, расчетное расстояние пролетов между опорами надземного трубопровода газообразного энергоносителя q м. При расчете параметров газопровода необходимо использовать свод правил по проектированию и строительству (СП) [2].

1.2 Постановка задач на проект

В рамках дипломного проекта необходимо разработать автоматизированную систему расчета параметров для проектирования газопровода. Расчет параметров осуществляется согласно методикам действующих технических нормативно справочных документов.

Функции, реализуемые в автоматизированной системе расчета параметров для проектирования газопровода:

- создание проектов расчета;
- задание общих параметров газопровода;
- добавление участков газовой сети;
- изменение участков газовой сети;
- вывод результатов расчета параметров газопровода в таблицу;
- вывод графика падения давления в газопроводе по всей длине;
- вывод рекомендаций по рассчитываемому газопроводу;
- формирование отчета по проделанным расчетам и экспорт в файл *.pdf;
- экспорт файла формата DXF с готовой схемой трубопровода газообразного энергоносителя;
- сохранение проекта расчета.

Поставленная цель достигается путем последовательного решения

следующих задач:

- 1) Проведение анализа состояния вопроса.
- 2) Обзор предметной области.
- 3) Разработка кода автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода.
- 4) Проектирование, разработка и тестирование программных реализаций предложенных решений.

1.3 Обзор предметной области

Рассмотрим аналогичные системы, используемые в такой же области, то есть приложения, осуществляющие расчеты различных параметров трубопровода газообразного энергоносителя.

Программа «Расчет диаметра газопровода» используется для того что бы рассчитать диаметр трубопровода отрезка газовой сети, который осуществляется на основании следующих первоначальных данных:

- материал трубопровода;
- допустимая потеря давления в сети;
- плотность газа при стандартных условиях;
- длина отрезка газопровода;
- категория сети;
- расход газа при нормальных условиях.

Программа дополнительно позволяет осуществлять расчет скорости газа на основании следующих первоначальных данных:

- расход газа при нормальных условиях;
- диаметр трубопровода.

При выполнении расчетов, результат выводится на экран, а также ряд дополнительных сведений, таких как число Рейнольдса, падение давления на расчетной длине участка трубопровода газообразного энергоносителя, и удельные потери давления.

Недостатками программы «Расчет диаметра газопровода» являются:

- некоторые необходимые расчеты отсутствуют;
- нет возможности создать отчет;
- нет вычисления расстояния между опорами надземного газопровода;
- нет расчета толщины стенки трубы;
- расчеты производятся только на одном отрезке газовой сети.

На рисунке 1 показан пример окна программы аналога.

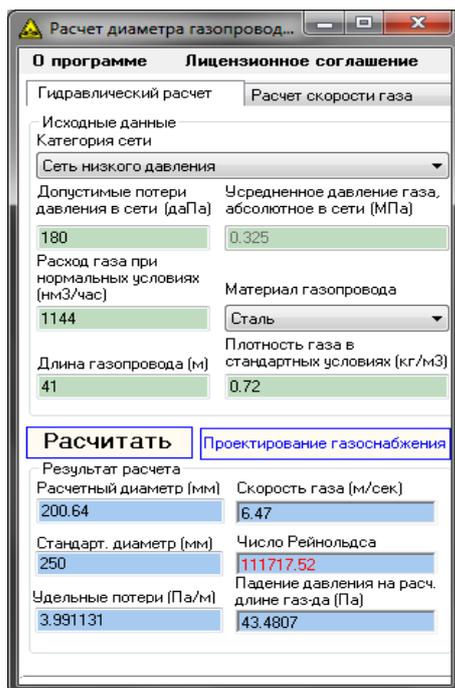


Рисунок 1 – Окно программы расчет диаметра газопровода

Программа «СТАРТ» предназначена для расчета прочности трубопроводов различного назначения, имеющих в пространстве различную конфигурацию в пространстве, при циклической и статической нагрузке, а также толщин стенок труб и соединительных деталей на давление

С помощью программы вычисляются как самокомпенсирующиеся трубопроводы, в которых компенсация температурных расширений обеспечивается гибкостью самого трубопровода по трассе, так и трубопроводы, имеющие специальное компенсирующее устройство, сделанное в виде сальниковых, волнистых или линзовых компенсаторов.

Рассматриваемая программа входит в ту же область, но отсутствует часть функций необходимых для расчета характерных параметров. Программа сложна в освоении пользователями.

На рисунке 2 представлен пример окна программы аналога.

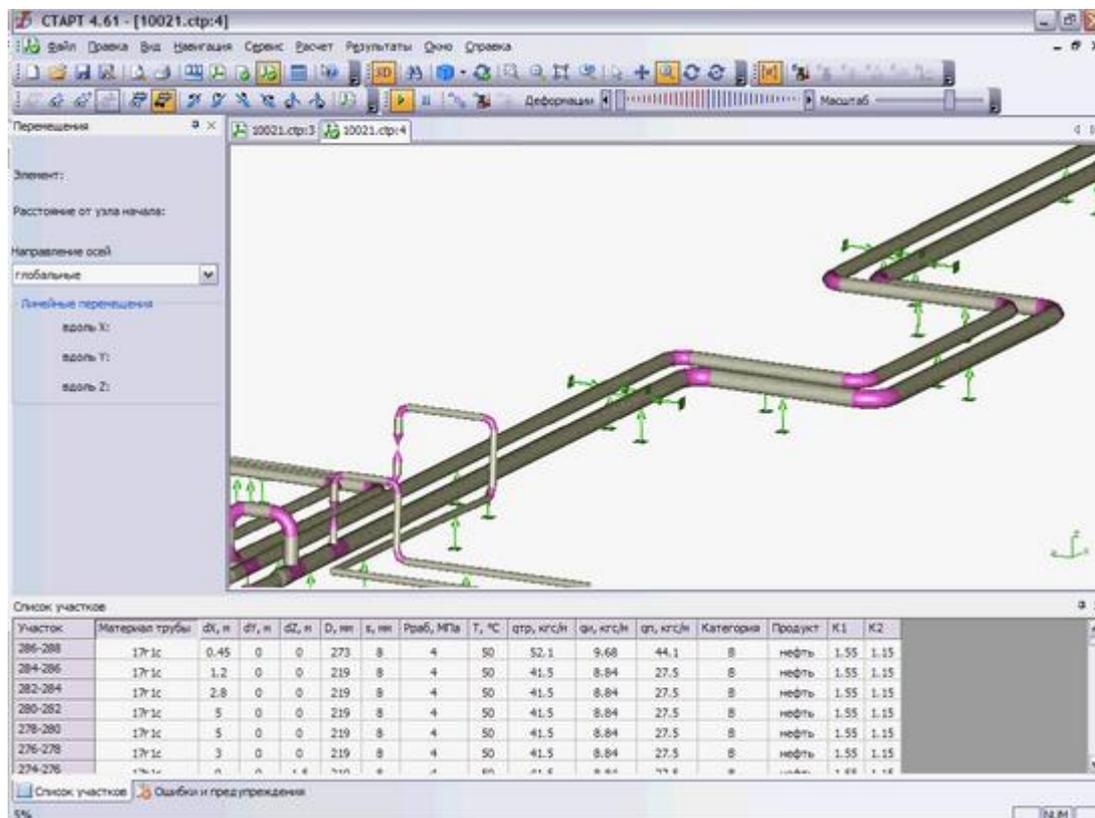


Рисунок 2 – Окно программы СТАРТ

Программа «GAS Studio» предназначена для расчета внутреннего прохода трубопровода газообразного энергоносителя, потери давления на отрезке газовой сети.

Вычисления проводятся на основании следующих данных:

- скорость газа;
- состав газовой смеси;
- температура газа;
- давление;
- материал трубы;
- расход;

- длина трубы.

Минусами данной программы являются:

- некоторые необходимые расчеты отсутствуют;
- расчет расстояния между опорами надземного газопровода;
- расчет толщины стенки трубы;
- расчеты проводятся по одному отрезку газовой сети;
- нет функции создание отчета;
- некоторые параметры необходимо рассчитывать вручную.

С помощью программы вычисляются как самокомпенсирующиеся трубопроводы, в которых компенсация температурных расширений обеспечивается гибкостью самого трубопровода по трассе, так и трубопроводы, имеющие специальное компенсирующее устройство, Воспроизведенные в виде сальниковых, волнистых или линзовых компенсаторов.

На рисунках 3 - 4 представлены пример окна программы аналога.

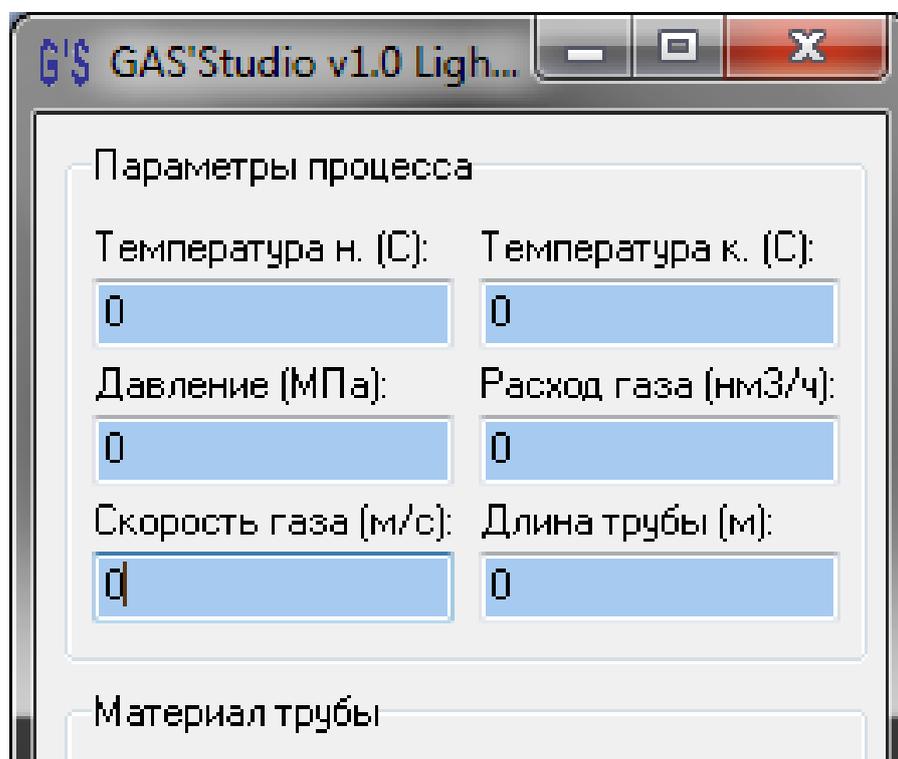


Рисунок 3 – Окно программы GAS Studio

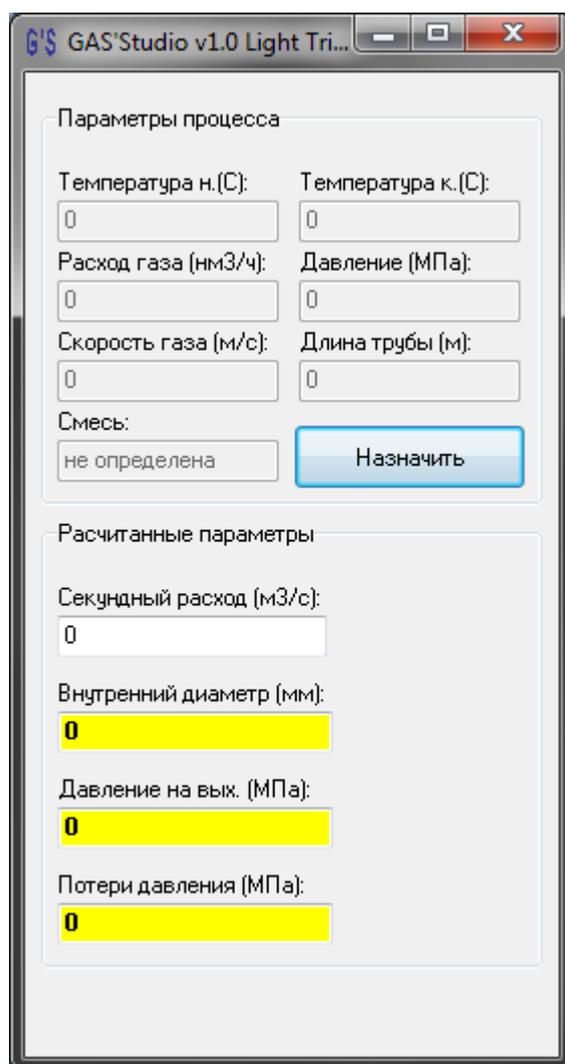


Рисунок 4 – Окно программы GAS Studio

Помимо аналогов, которые были рассмотрены, существует метод расчета по номограммам, которые представлены в СП 42-101-2003 [2]. Номограммы представляют, собой падения давления для различных видов трубопроводов при разных условиях выраженные графически. У метода есть большой недостаток, состоящий в ограниченности количества условий, при которых были рассчитаны номограммы и отсутствие возможности менять эти условия, что позволяет использовать их только при строгом совпадении условий расчета и условий номограммы.

2 Разработка автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода

2.1 Разработка логической модели системы

Язык UML (Unified Modeling Language) представляет собой единый язык визуального моделирования, который был разработан для специфицирования (создания спецификации), построения, визуализации, и документирования компонентов программ и бизнес-процессов.

UML относится к языку широкого профиля, это открытый стандарт, который использует графическое обозначение для создания абстрактной модели системы, называемой UML моделью. Язык UML одновременно является мощным и легким средством моделирования, который может эффективно использоваться для построения логических, графических и концептуальных моделей сложных систем самого разнообразного целевого назначения. UML это не язык программирования, но в средствах выполнения UML-моделей как интерпретируемого кода возможна генерация кода.

Конструктивное применение языка UML опирается на понимании общих понятий моделирования сложных систем и индивидуальности процесса объектно-ориентированного анализа и проектирования в частности:

- принцип абстрагирования рекомендует включать в модель только детали, имеющие конкретное отношение к исполнению проектируемой системой своих функций или своих прямых задач;
- принцип многомодельности доказывает, что никакая единичная модель не может с достаточной степенью точности описывать разные детали сложной системы. В большей степени общим представлением сложной системы являются: статическое (структурное) и динамическое (описание логики процессов) представления, которые могут разделяться на другие более отдельные представления;

– принцип иерархического построения моделей сложных систем указывает рассматривать процесс создания модели на различных уровнях абстрагирования или детализации в границах установленных представлений.

Язык UML может использоваться для создания концептуальных и логических моделей сложных систем разнообразного целенаправленного назначения. Процесс проектирования включает в себя построение модели, заключенной в графической аннотации. При этом обязательно соблюдение общих принципов структурного проектирования: нисходящая разработка, иерархическое построение модели, четкая формализация и строгая семантика

Представление о модели сложной системы отображаются на языке UML в виде особых графических конструкций – диаграмм:

- диаграмма вариантов использования (use case diagram);
- диаграмма классов (class diagram);
- диаграммы поведения (behavior diagrams);
- диаграмма состояний (statechart diagram);
- диаграмма деятельности (activity diagram);
- диаграммы взаимодействия (interaction diagrams);
- диаграммы реализации (implementation diagrams);
- диаграмма последовательности (sequence diagram);
- диаграмма кооперации (collaboration diagram);
- диаграмма компонентов (component diagram);
- диаграмма развертывания (deployment diagram).

Диаграммы последовательностей и диаграммы кооперации еще можно назвать диаграммами взаимодействия.

В языке UML используются четыре общепринятых инструмента: спецификация, дополнение (adornments), принятые деления (common divisions) и механизмы расширения (extensibility mechanisms).

Унифицированный язык моделирования (UML):

– не имеет зависимости от объектно-ориентированных языков программирования;

- не имеет зависимости от применяемой методологии разработки проекта;
- поддерживается любым объектно-ориентированным языком.

Методология UML была использована при проектировании разработанной автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода.

Диаграмма вариантов использования (Use Case Diagram) – это диаграмма, показывающая отношения между актерами и вариантами использования (прецедентами) и является составной частью модели прецедентов.

Актер – это абстрактное изображение классов-приемников и источников сообщений, которые взаимодействуют напрямую с системой, подсистемой или классом.

Главное предназначение диаграммы – описание поведения и функциональности, позволяющее заказчику, разработчику и конечному пользователю совместно обсуждать существующую или проектируемую систему.

Функции, доступные пользователю:

- создание проекта расчета;
- сохранение проекта расчета;
- открытие проекта расчета;
- добавление данных;
- изменение данных;
- удаление данных;
- просмотр результатов расчета;
- настройка отображения данных;
- создание отчета.

Диаграмма вариантов использования разработанной АС представлена на рисунке 5.

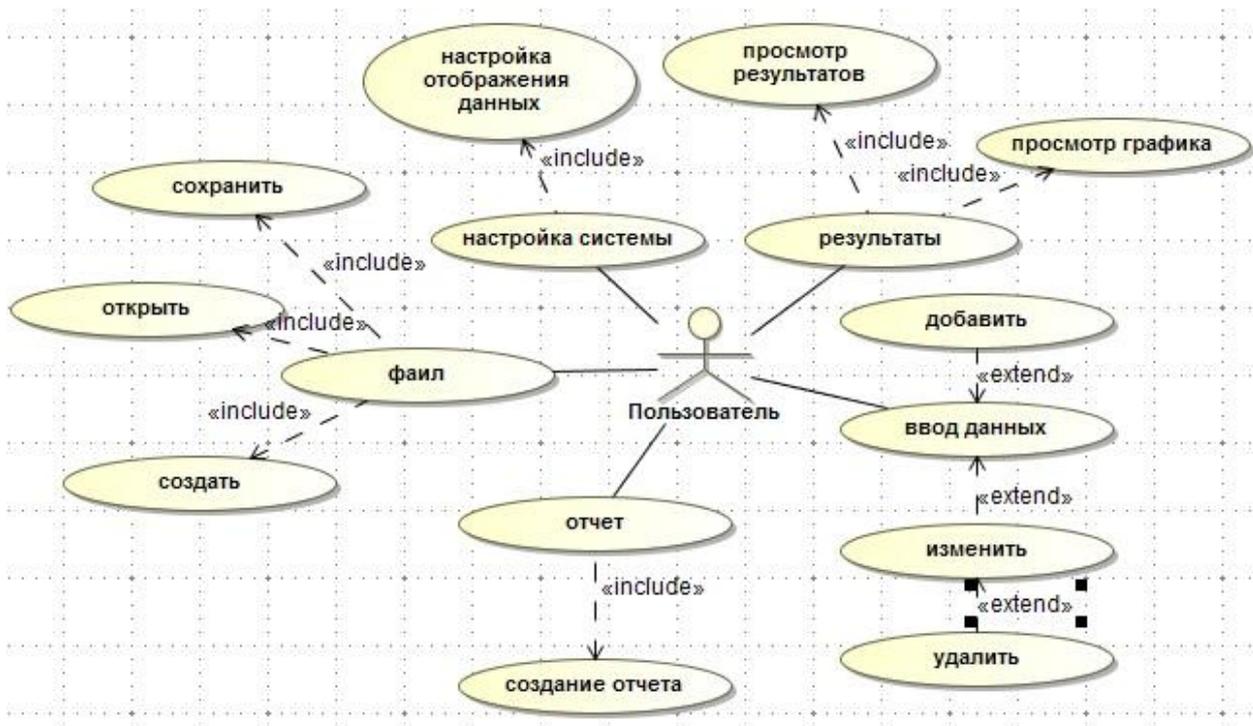


Рисунок 5 – Диаграмма вариантов использования

Диаграмма состояний (диаграмма конечного автомата) – это диаграмма, на которой продемонстрирован конечный автомат с простыми состояниями, переходами и композитными состояниями.

Диаграмма состояний разработанной АС представлена на рисунке 6.

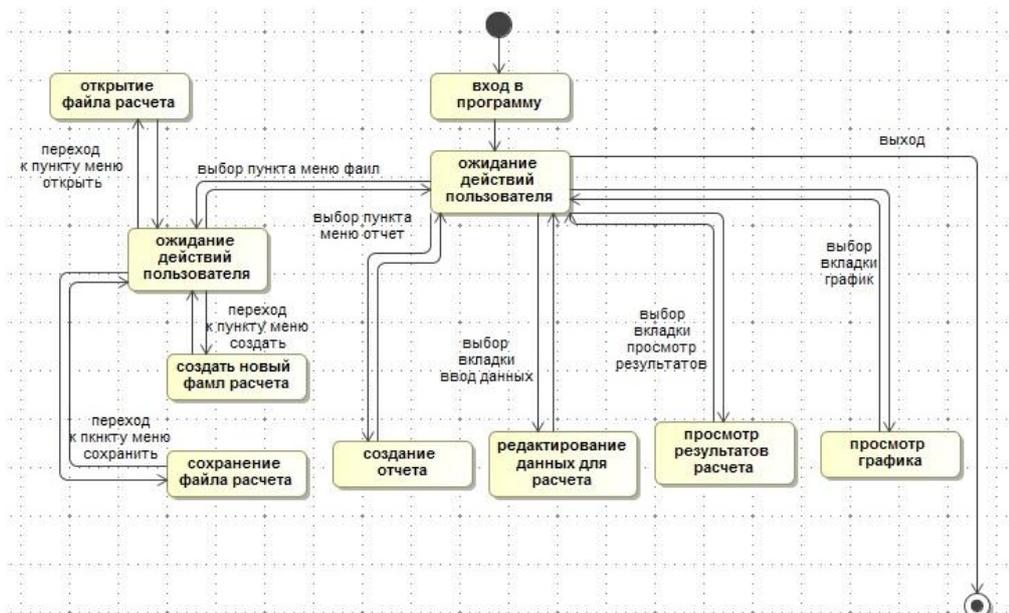


Рисунок 6 – Диаграмма состояний

Каждая диаграмма состояний показывает все возможные состояния одного сегмента определенного класса и различные последовательности его переходов состояний из одного в другое, то есть моделирует все изменения состояний объекта как его реакцию на внешние воздействия.

Диаграммы состояний обычно применяются для описания поведения отдельных объектов, но также могут быть использованы для спецификации функциональности других деталей моделей, таких как варианты использования, актеры, подсистемы, операции и методы.

Диаграмма состояний есть граф специального вида, который представляет некоторый автомат. Вершины графа определяются как возможные состояния автомата, показанные соответствующими графическими символами, а дуги демонстрируют его переходы из состояния в состояние. Диаграммы состояний могут быть вложены друг в друга для более четкого представления отдельных элементов модели.

Декомпозиция разработанной АС на подсистемы представляет собой последовательную детализацию системы в виде совокупности подсистем и описания взаимодействия между ними представлена на рисунке 7. АС включает в себя следующие подсистемы:

- подсистема ввода данных – выполняет загрузку данных из проекта расчета, добавление новых или изменение существующих параметров участков газопровода;
- подсистема расчета – выполняет расчет параметров газопровода с учетом параметров введенных раньше
- подсистема вывода результатов – выполняет вывод рассчитанных параметров в таблицы, выдает рекомендаций к проектируемому газопроводу, а так же экспортирует файл с готовой схемой чертежа;
- подсистема построения графика – выполняет построение графика падения давления по длине рассчитываемого газопровода;
- подсистема формирования отчета – выполняет создание и сохранение отчета на основе рассчитанных параметров и заданного шаблона.

– Диаграмма последовательности – это диаграмма, на которой изображены взаимодействия объектов, упорядоченные по времени их проявления. В частности, на ней показываются принимающие участие во взаимодействии объекты и последовательность сообщений, которыми они обмениваются. Диаграмма последовательности осуществления создания нового проекта, расчета его заполнения и создания отчета представлена на рисунке 8.

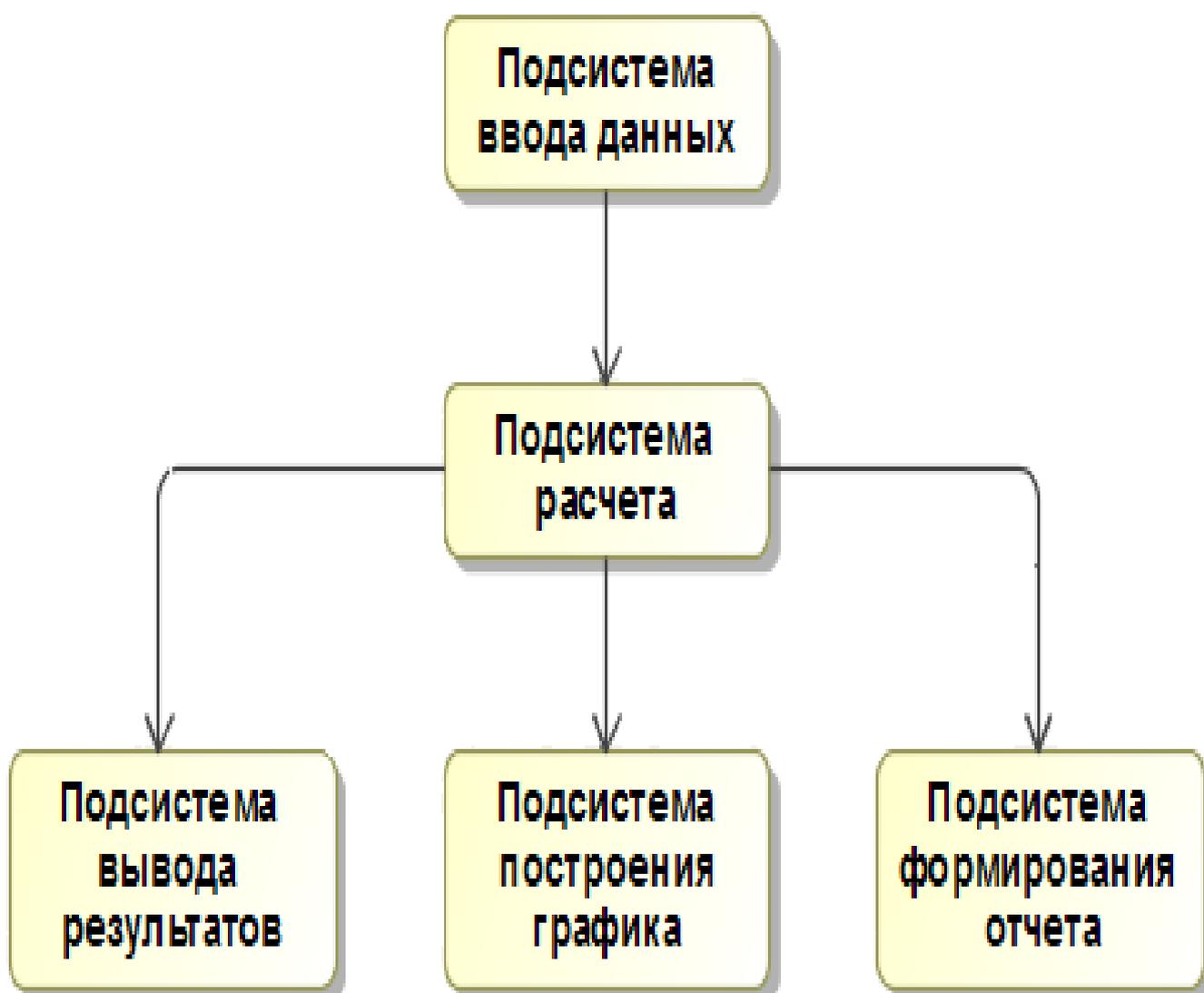


Рисунок 7 – Декомпозиция на подсистемы

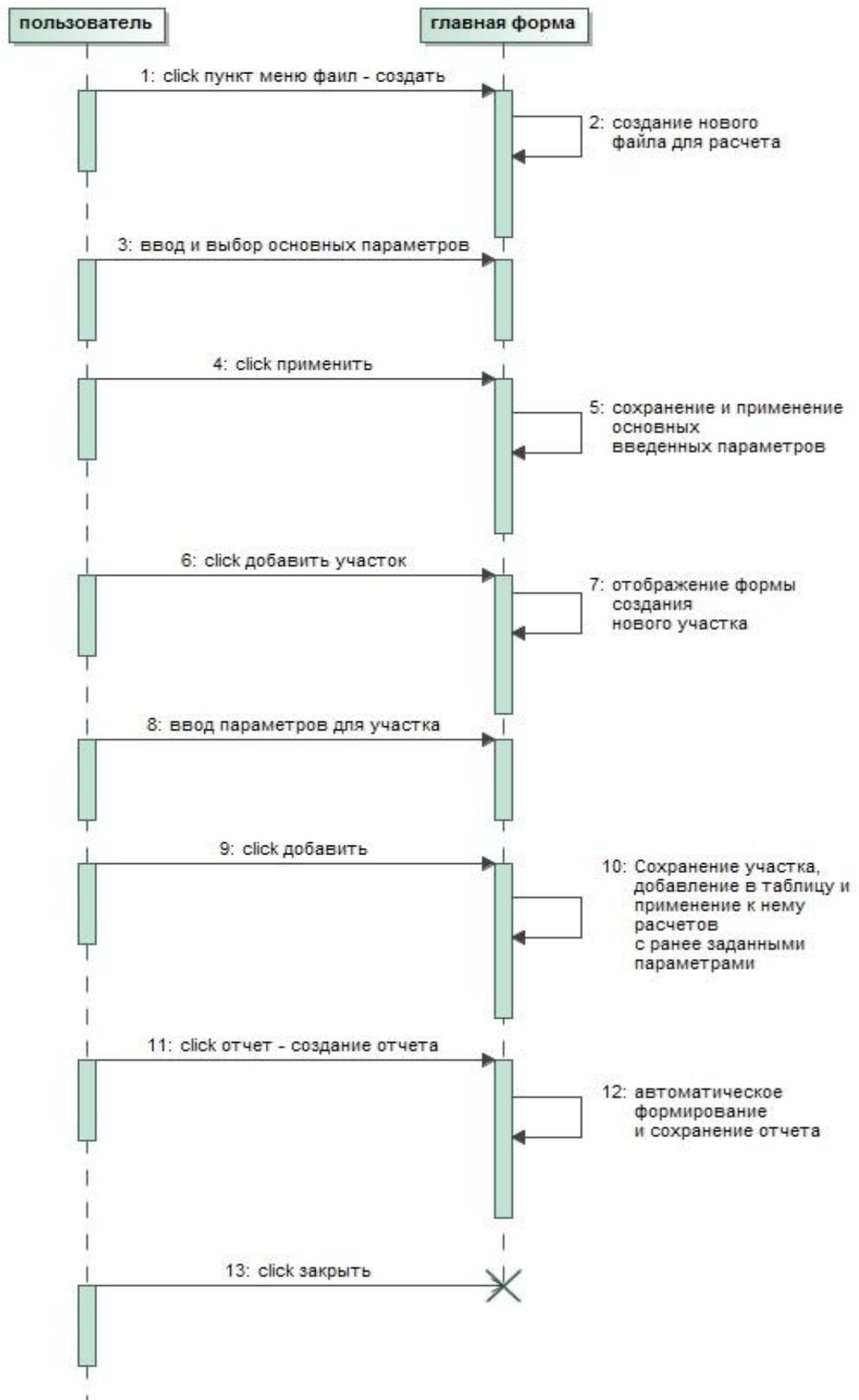


Рисунок 8 – Диаграмма последовательности

2.2 Расчетные основные параметры газопровода

Газопровод является технологической системой, главная функция которой – транспортировка газа. По трубопроводу осуществляется перемещение газа к конечной точке, потребителю. Для осуществления процесса перемещения газа он закачивается в трубопровод под определенным давлением. Для долговечной, надежной работы всей системы газовой магистрали и ответвлений от нее, необходимо выполнить гидравлический расчет газопровода.

Расчет газопровода выполняется для определения сопротивления в газовой трубе. Верные вычисления позволяют правильно подобрать технологическое оборудование для системы трубопроводов газообразного энергоносителя. Расчет позволяет, выбрать верный диаметр труб. В результате чего газопровод будет осуществлять поставки газа стабильно и эффективно. Поступление газа будет осуществляться по расчетным параметрам, по всем точкам газопроводной системы, что является оптимальной работой для системы подачи газа

Правильный расчет позволяет избежать конструктивных излишеств при подборе и установке элементов системы. Верно выполненный расчет так же позволяет заказчику финансово сэкономить. Работы выполняются согласно монтажной схеме, закупается только самое необходимое оборудование и материалы.

Существуют местные сопротивления, которые возникают на поворотах, в точках ответвлений газопровода, при изменении диаметра трубопровода газообразного энергоносителя. Самое распространенное сопротивление это – сопротивление при трении, оно происходит не зависимо от поворотов и скорости газа, оно распространяется на всю протяженность газовой магистрали и зависит от материала стенки трубопровода.

Газовые магистрали по типу поставки газа подразделяются на промышленные поставки (предприятия и организации) и коммунальные (потребительские сферы).

Расчетные внутренние проходные сечения трубопроводов газообразного энергоносителя определяются, исходя из условия бесперебойного обеспечения газоснабжения всех потребителей в часы потребления максимального количества газа. Расчет проходного сечения трубопровода газообразного энергоносителя следует выполнять, как правило, на компьютере с оптимальным распределением расчетной потери давления между отрезками сети [2].

При выполнении гидравлического расчета трубопроводов газообразного энергоносителя, расчетное внутреннее проходное сечение трубопровода газообразного энергоносителя следует предварительно рассчитывать по формуле (1)

$$d_p = m^1 \frac{AB\rho_0 Q_0^m}{\Delta P_{уд}}, \quad (1)$$

где d_p - расчетный диаметр, см,

A, B, m, m^1 - переменные, определяемые по таблицам 1 и 2 в зависимости от классификации сети (по давлению) и материала из которого сделан трубопровода газообразного энергоносителя,

Q_0 - расчетный расход газа, м³/ч, при нормальных условиях,

$\Delta P_{уд}$ - удельные потери давления (Па/м - для сетей низкого давления, МПа/м - для сетей среднего и высокого давления), определяемые по формуле:

$$\Delta P_{уд} = \frac{\Delta P_{доп}}{1,1L}, \quad (2)$$

где $\Delta P_{доп}$ - допустимые потери давления (Па - для сетей низкого давления, МПа/м - для сетей среднего и высокого давления),

L - расстояние до самой удаленной точки, м.

Таблица 1 классификация трубопроводов по давлению

Классы сети	A
Сети низкого давления	$10^6/(162\pi^2) = 626$
Сети среднего и высокого	$P_0/(P_m 162\pi^2),$

Классы сети	<i>A</i>
давления	$P_0 = 0,101325$ МПа, P_m - усредненное давление газа (абсолютное) в сети, МПа.

Т а б л и ц а 2 классификация трубопроводов по материалу изготовления

Материал	<i>B</i>	<i>m</i>	<i>m</i> ¹
Сталь	0,022	2	5
Полиэтилен	$0,3164 (9\pi\nu)^{0,25} = 0,0446,$ ν - кинематическая вязкость газа при нормальных условиях, м ² /с.	1,75	4,75

внутреннее проходное сечение трубопровода газообразного энергоносителя принимается из стандартного ряда внутренних диаметров трубопроводов: ближайший больший - для стальных газопроводов и ближайший меньший - для полиэтиленовых.

Значения расчетной потери давления газа при проектировании трубопроводов газообразного энергоносителя всех давлений для промышленных, сельскохозяйственных, бытовых предприятий и организаций коммунально-бытового обслуживания принимаются в зависимости от давления газа в месте подключения с учетом технических данных принимаемого к установке газового оборудования, устройств автоматики безопасности и автоматики регулирования технологического режима тепловых агрегатов [2].

Падение давления на отрезке трубопровода газообразного энергоносителя для сетей среднего и высокого давлений рассчитывается по формуле (3).

$$P_H^2 - P_K^2 = \frac{P_0}{81\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 1,2687 \times 10^{-4} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l, \quad (3)$$

где P_H - абсолютное давление в начале газопровода, МПа,

P_K - абсолютное давление в конце газопровода, МПа,

$$P_0 = 0,101325 \text{ МПа},$$

λ - коэффициент гидравлического трения,

l - расчетная длина газопровода постоянного диаметра, м,

d - внутренний диаметр газопровода, см,

ρ_0 - плотность газа при нормальных условиях, кг/м³,

Q_0 - расход газа, м³/ч, при нормальных условиях.

Падение давления на отрезке газовой сети для сетей низкого давления определяется по формуле (4).

$$P_n - P_k = \frac{10^6}{162\pi^2} \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l = 626,1 \lambda \frac{Q_0^2}{d^5} \rho_0 l, \quad (4)$$

где P_n - давление в начале газопровода, Па,

P_k - давление в конце газопровода, Па,

$\lambda, l, d, \rho_0, Q_0$ - обозначения те же, что и в формуле (3).

Коэффициент гидравлического трения λ определяется в зависимости от режима движения газа по трубопроводу газообразного энергоносителя, характеризуемого числом Рейнольдса,

$$Re = \frac{Q_0}{9\pi d\nu} = 0,0354 \frac{Q_0}{d\nu} \quad (5)$$

где ν - коэффициент кинематической вязкости газа, м²/с, при нормальных условиях,

Q_0, d - обозначения те же, что и в формуле (3), и гидравлической гладкости внутренней стенки газопровода, определяемой по условию (6),

$$Re = \frac{n}{d} < 23 \quad (6)$$

где Re - число Рейнольдса,

n - эквивалентная абсолютная шероховатость внутренней поверхности

Расчетные толщины стенок труб, переходов, днищ, отводов и основной трубы тройников определяются по формуле (11) [2].

$$t = \frac{pd_e\eta}{2(R+0,6p)}, \quad (11)$$

где значения расчетного сопротивления R определяются по формуле (12).

$$R = \min\left(\frac{R_{un}}{2,6}; \frac{R_{yn}}{1,5}\right) \quad (12)$$

Толщина стенки ответвления тройникового соединения определяется по формуле (13).

$$t_{(2)} = t_{(1)} \frac{R_{(1)}}{R_{(2)}} \times \frac{d_{e2}}{d_{e1}}, \quad (13)$$

где $R_{(1)}$, $R_{(2)}$ - определяются по формуле (12) соответственно для основной трубы и ответвления тройникового соединения,

$t_{(1)}$ и $t_{(2)}$ - толщины стенок основной трубы и ответвления.

Принимаемая толщина стенки составляет: для наземных трубопроводов газообразного энергоносителя - не менее 2 мм, для подземных трубопроводов газообразного энергоносителя - не менее 3 мм.

Нормативные сопротивления $R_{уп}$ и $R_{ун}$ берутся равными минимальным значениям соответственно временного сопротивления и предела текучести материала труб и соединительных деталей по государственным стандартам и техническим условиям на трубы и соединительные детали.

Определяя величины пролетов различают крайние и средние пролеты [3]. Средние пролеты друг от друга не должны отличаться более чем на 20%. Между опорами крайнего пролета расстояние составляет 80% расстояния между опорами среднего пролета определяемого по формуле (14).

$$L_{ст} = d_e - t_{nom} \frac{3\pi t_{nom} R}{q}^{\frac{1}{2}} \left(1 - 0,75 \frac{p d_e - 1,2 t_{nom}}{2 t_{nom} R}\right)^2^{\frac{1}{4}} \times 10^3, \quad (14)$$

где d_e - внешний диаметр газопровода, м,

t_{nom} - номинальная толщина стенки газопровода, м,

R – расчетное сопротивление, МПа,

q – вес трубопровода с учетом среды где он располагается, массы обледенения нагрузок и массы снега, н/м.

2.3 Разработка автоматизированной системы расчета параметров

Для разработки автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода был выбран объектно-ориентированный язык программирования Java и среда разработки NetBeans IDE.

Программы на Java транслируются в байт-код, который выполняется виртуальной машиной Java - программой, обрабатывающей байтовый код и отправляющей инструкции оборудованию как интерпретатор. Достоинство такого способа выполнения программ - в полной независимости байт-кода от ОС и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любых видах устройств, для которого есть необходимая виртуальная машина. Другой важной особенностью технологии Java является гибкая система безопасности из-за того, что программа выполняется полностью под контролем виртуальной машины. Все действия, превышающие установленные полномочия программы (к примеру, попытка несанкционированного доступа к информации или соединения с другим компьютером) вызывают немедленное прерывание.

Часто к минусам концепции виртуальной машины относят то, что исполнение байт-кода виртуальной машиной может приводить к снижению производительности программ и алгоритмов, выполненных на языке Java. Но для небольших систем возможное снижение производительности будет незначительно для пользователя.

Необходимым требованием при использовании языка Java является реализация JVM для используемой платформы.

NetBeans IDE — свободная интегрированная среда для разработки приложений (IDE). Для разработки в среде NetBeans и для успешной установки и функционирования самой среды NetBeans должен быть предварительно установлен Sun JDK или J2EE SDK подходящей версии.

Рассмотрим так же основные алгоритмы системы, которые были использованы.

Выполняется алгоритм ввода данных, схема алгоритма показана на рисунке 9.



Рисунок 9 – Алгоритм ввода данных

Так же выполняется алгоритм вычисления параметров газопровода, схема алгоритма показана на рисунке 10.



Рисунок 10 – Алгоритм вычисления параметров газопровода

позволяет сохранять отчеты и создавать их с уже рассчитанными параметрами в файл формата *.pdf.

Вкладка ввод данных дает возможность пользователю ввести необходимые общие данные для проведения расчетов проектируемой газовой сети, для этого на вкладке расположены перечисленные выше поля ввода, поля выбора и переключатели.

На вкладке «Ввод данных» имеются кнопки:

- добавить участок;
- изменить участок;
- применить.

На вкладке «Ввод данных» имеются поля для ввода:

- расход при нормальных условиях;
- давление;
- допустимые потери.

На вкладке «Ввод данных» имеются поля выбора:

- тип трубы;
- используемый газ;
- категория сети.

На вкладке «Ввод данных» расположены переключатели:

- рассчитать толщину стенки;
- рассчитать расстояние пролета;
- рассчитать диаметр.

На вкладке «Ввод данных» расположены кнопки «Изменить участок» и «добавить участок», дают пользователю возможность добавить или изменить отрезок газовой сети. При добавлении отрезка газовой сети ему автоматически присваивается порядковый номер и имя по умолчанию. Окна изменения и добавления отрезков газовой сети представлены на рисунках 12 и 13.

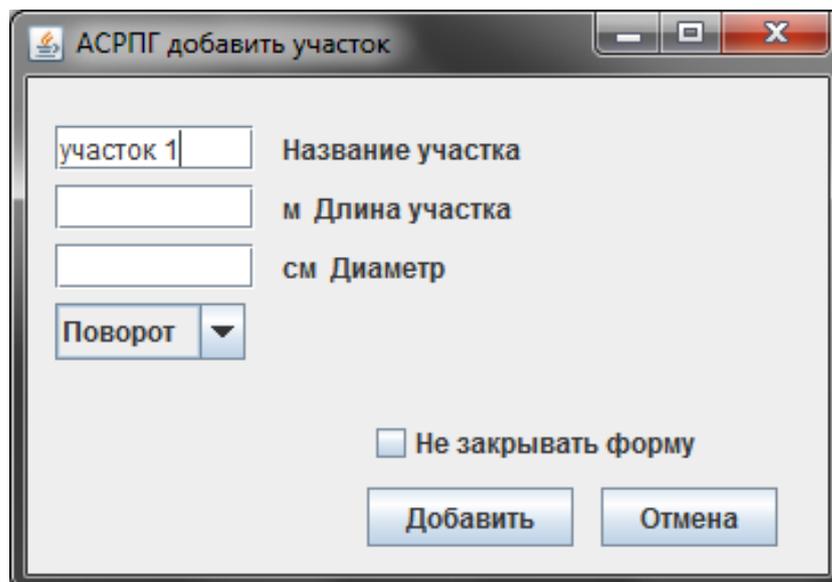


Рисунок 12 – Окно добавление участка

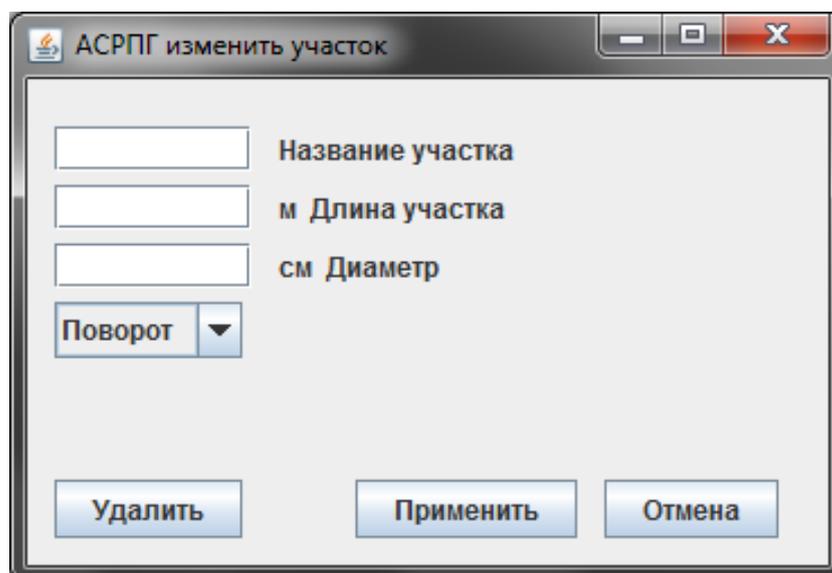


Рисунок 13 – Окно изменения участка

Вкладка «Результаты расчета» необходима для отображения результатов расчета в текстовой и табличной форме. Окно с вкладкой результаты расчета продемонстрировано на рисунке 14.

Вкладка «График» представляет результаты потери давления в графической форме. Окно с вкладкой график представлено на рисунке 15.

3.2 Пример работы

Для проверки работоспособности системы необходимо выполнить следующие действия:

1. Запустить приложение, открывается основное окно (рисунок 16).
2. Ввести необходимые общие параметры газовой сети, нажать кнопку «Применить» на вкладке ввода данных (рисунок 17).
3. В случае ввода ошибочных параметров исправить их на верные и нажать кнопку «Применить» на вкладке ввода данных.
4. Добавить участок, используя кнопку «Добавить участок» на вкладке ввод данных сети, ввести данные по участку, нажать кнопку «Добавить» на окне добавления участка. Выполнить пункт 4 необходимое количество раз (рисунок 18).
5. При ошибке во время ввода данных участка, выбрать участок, в котором допущена ошибка, нажать кнопку «Изменить участок» на вкладке «Ввод данных», изменить ошибочные параметры участка на верный, нажать кнопку «Применить» на окне изменения участка (рисунок 19).
6. Открыть вкладку «Результаты расчета» и нажать кнопку «Результаты» (рисунок 20).
7. Открыть вкладку «График», просмотреть график (рисунок 21).
8. Выбрать пункт меню «Отчет», подпункт «Создать отчет», просмотреть отчет.
9. Выбрать пункт меню «Файл», подпункт «Сохранить», сохранить проект расчета (рисунок 22), сохраненный проект в папке (рисунок 23).
10. Выбрать пункт меню «Отчет», подпункт «Создать отчет» (рисунок 24), сохраненный отчет в папке (рисунок 25)
11. Открыть созданный отчет (рисунок 26).
12. Выбрать пункт меню «файл», подпункт «экспортировать» (рисунок 27), экспортировать готовую схему трубопровода газообразного энергоносителя в файле формата DXF (рисунок 28) для его последующего использования в программе AutoCAD

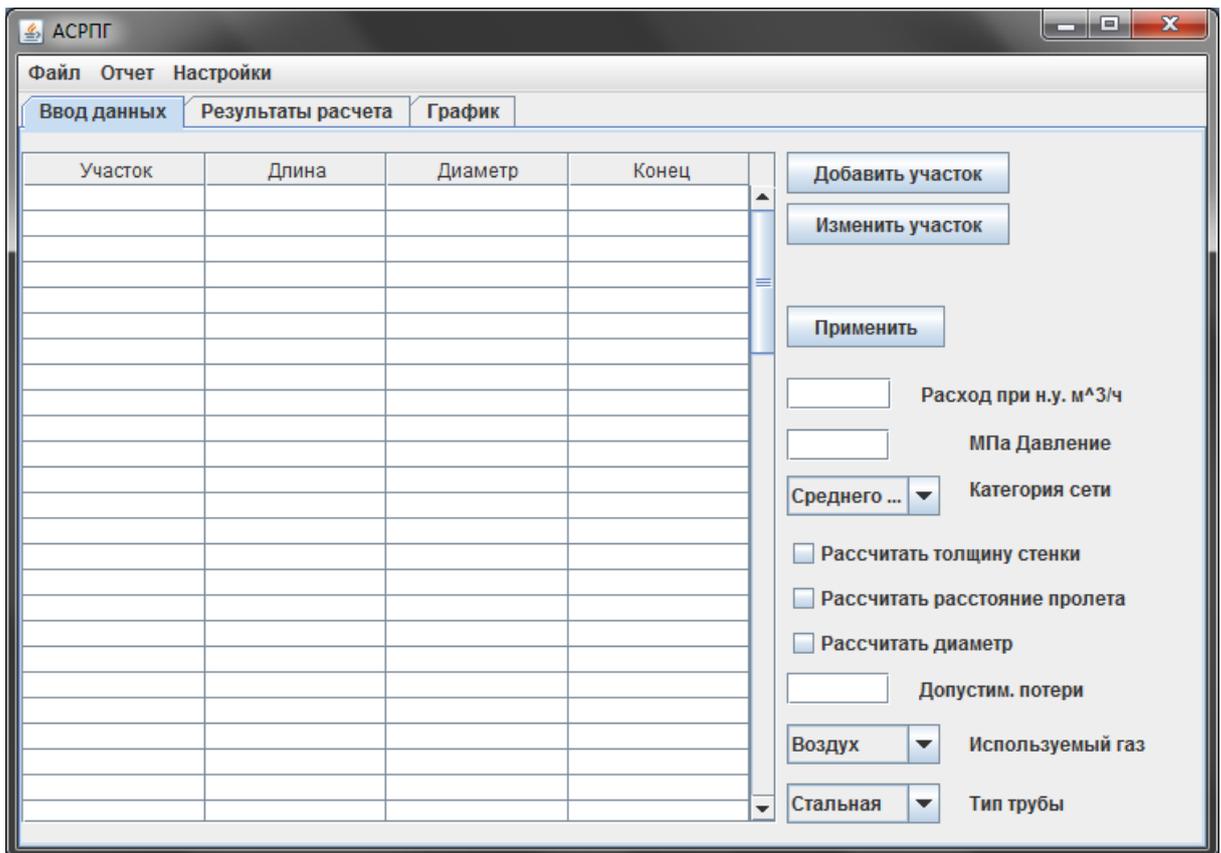


Рисунок 16 – Основное окно при загрузке

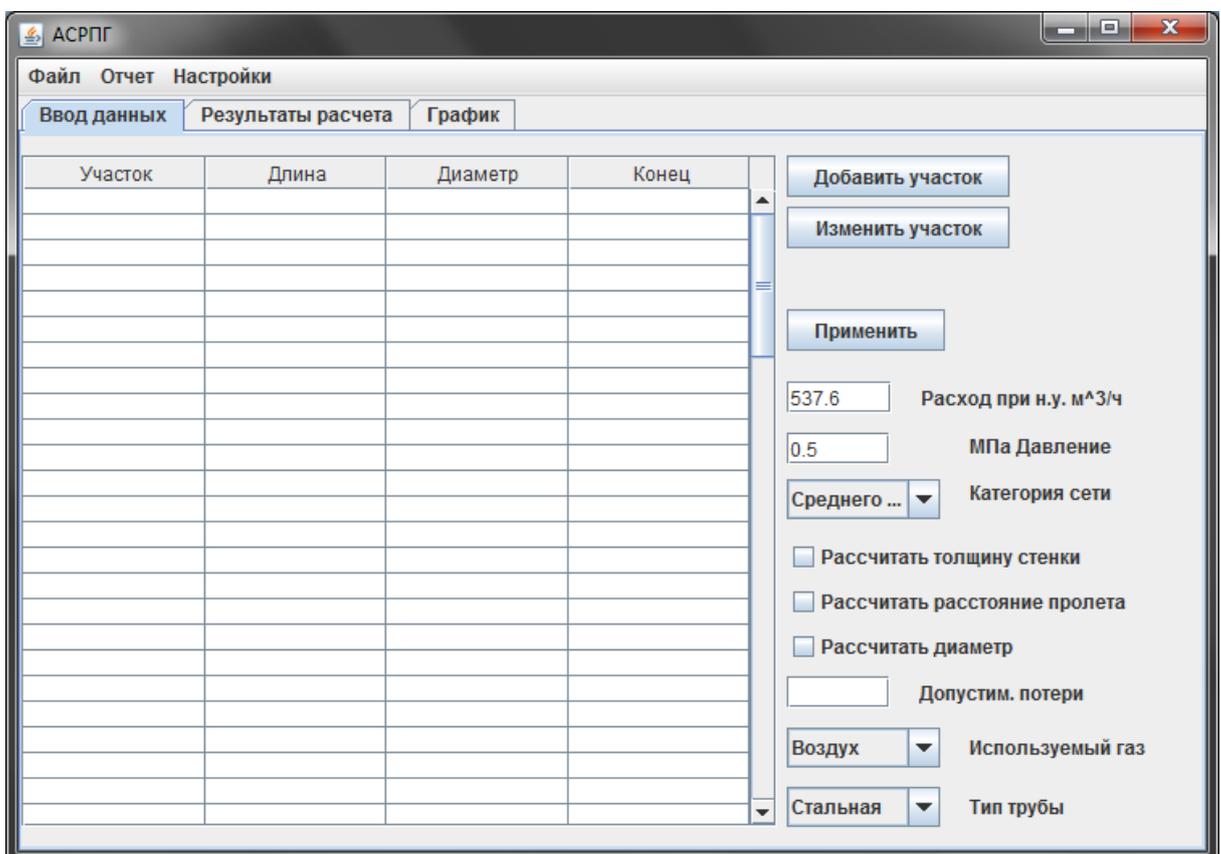


Рисунок 17 – Ввод общих параметров газопровода

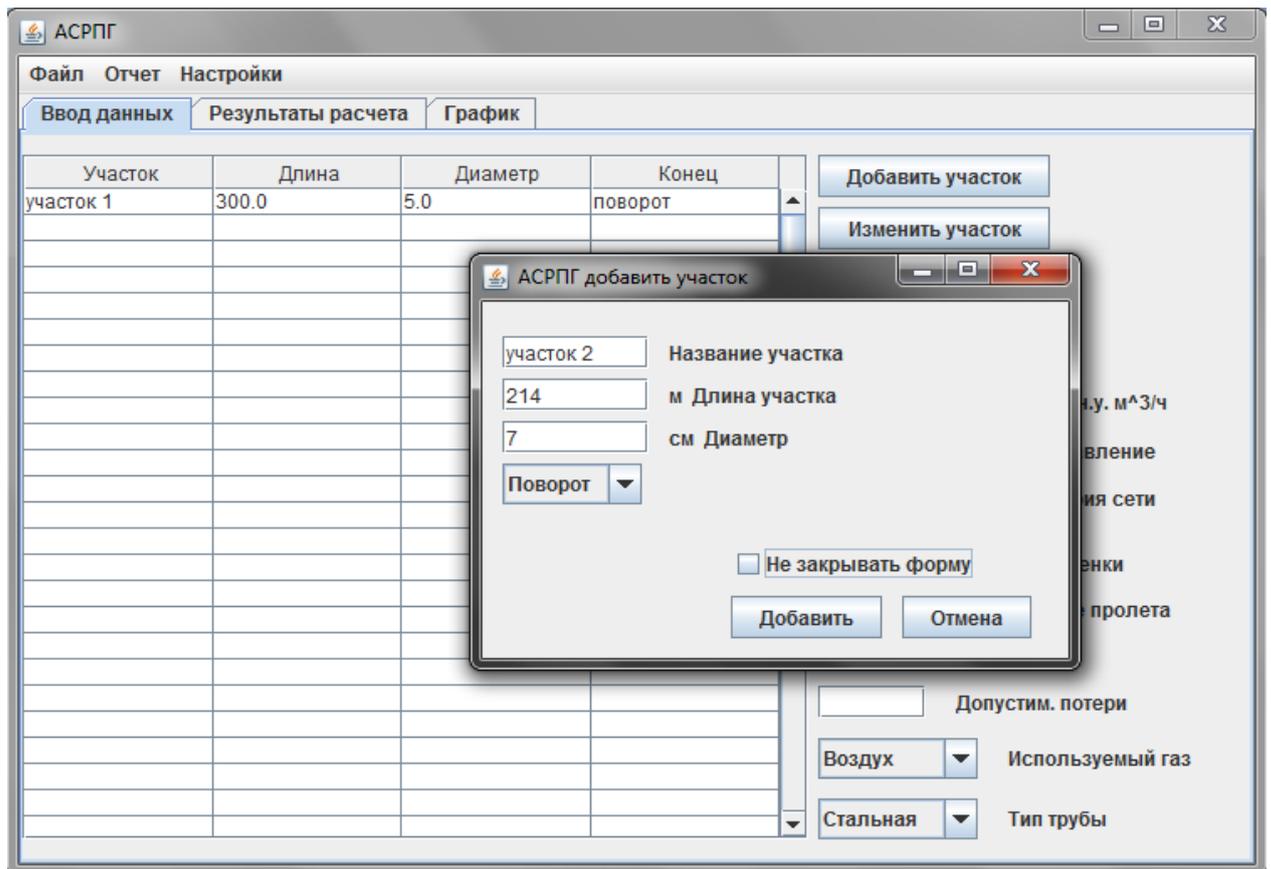


Рисунок 18 – Добавление участков газопровода

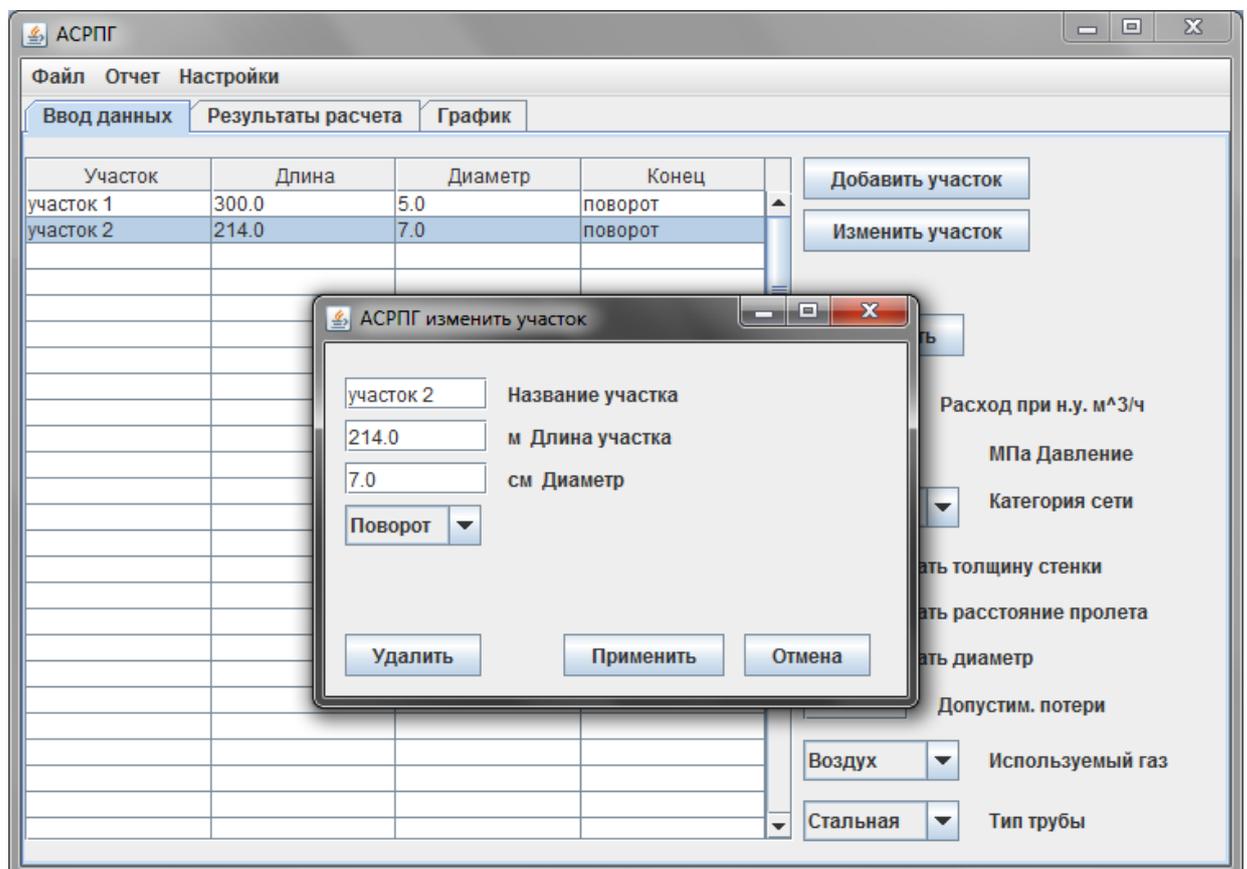


Рисунок 19 – Изменение участка газопровода

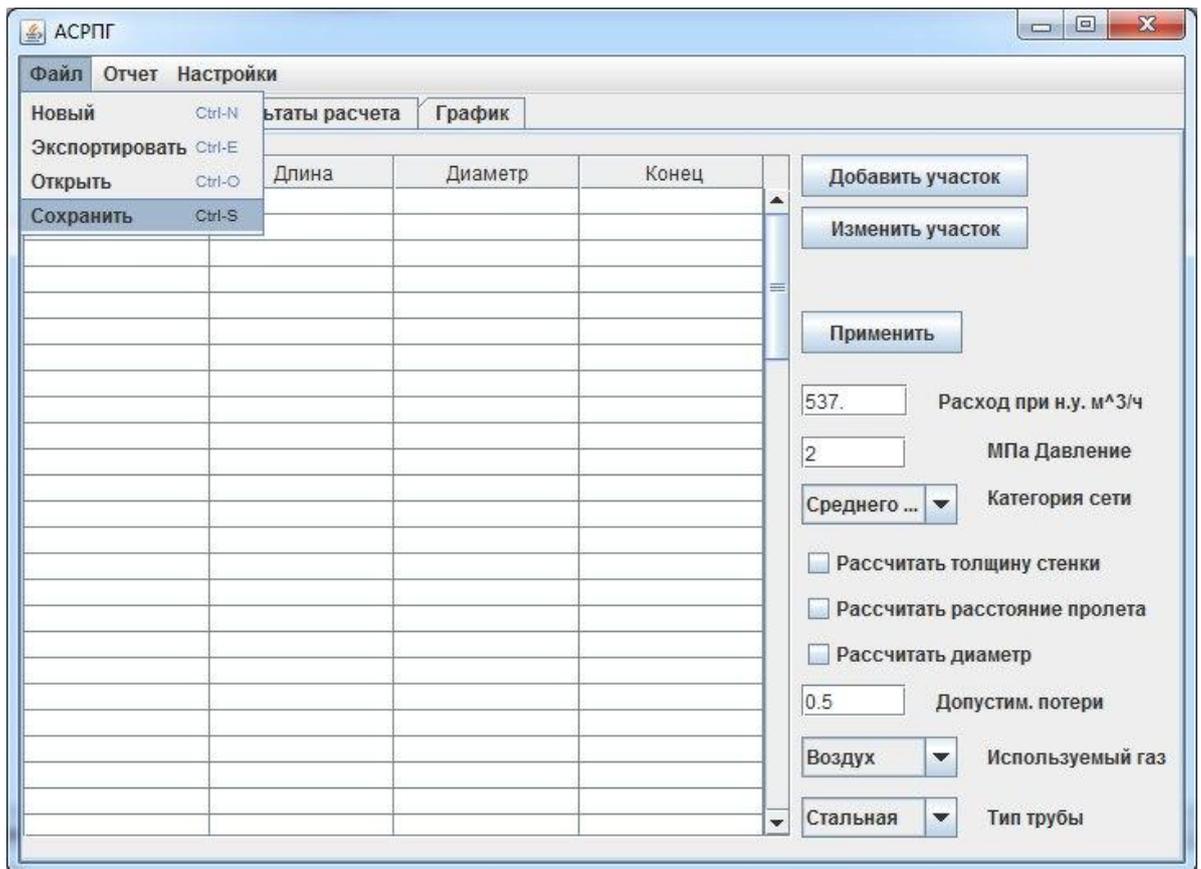


Рисунок 22 – Сохранение проекта расчета

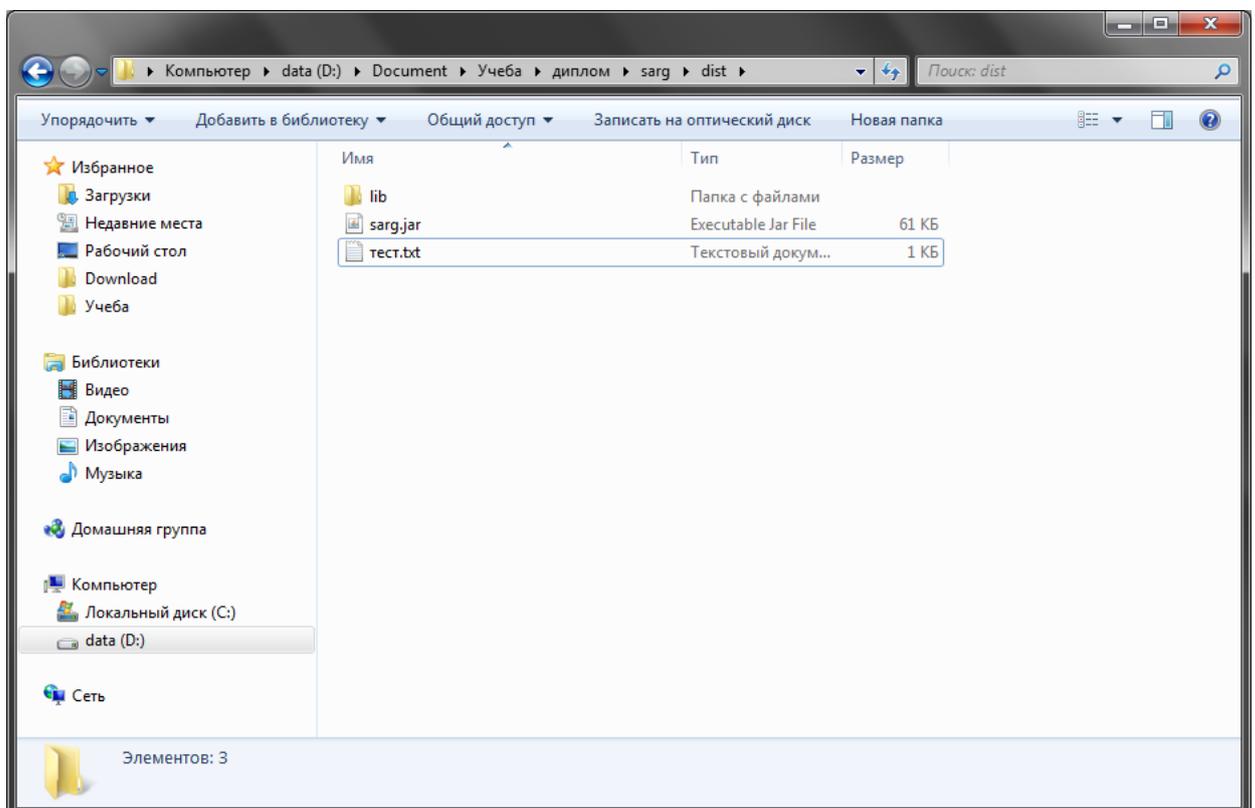


Рисунок 23 – Сохраненный проект расчета

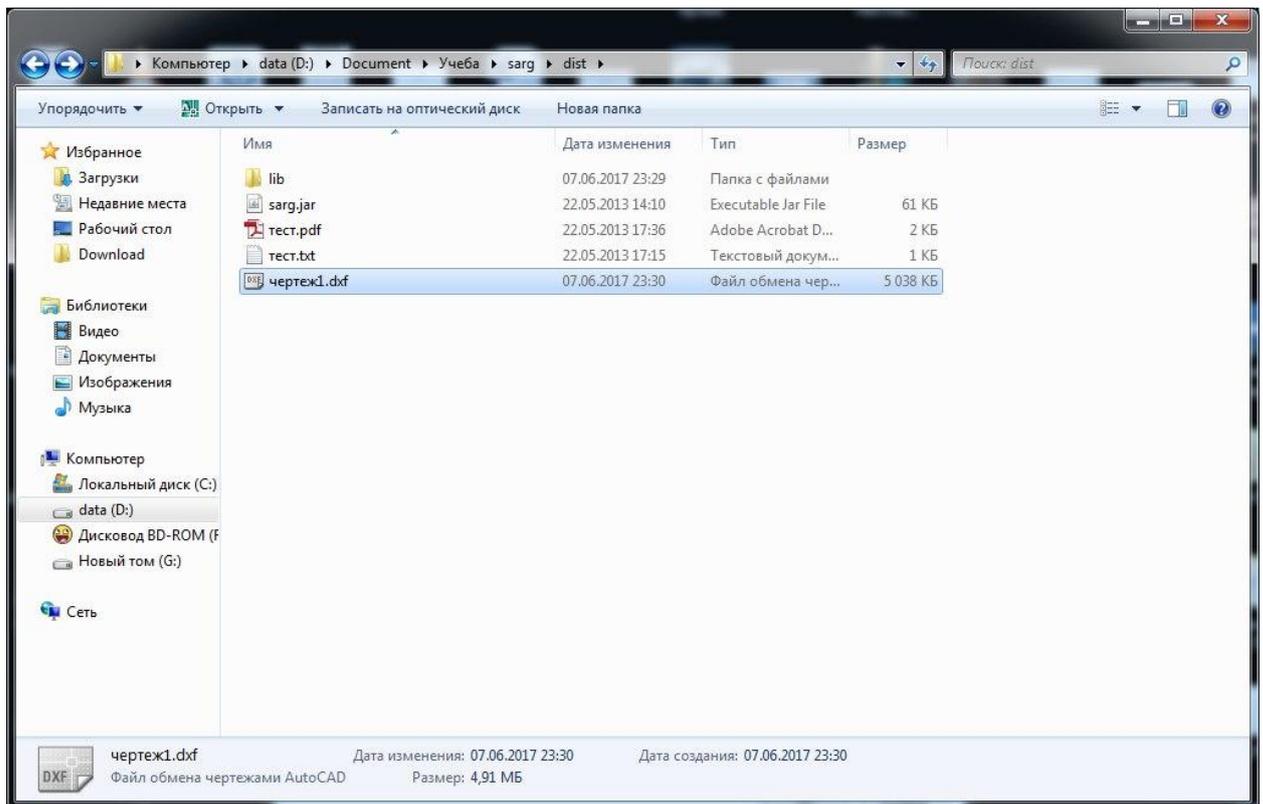


Рисунок 28 – Экспортированная схема газопровода

После того как файл был экспортирован, его можно открыть с помощью программы AutoCAD, в результате будет построена схема трубопровода газообразного носителя (рисунок - 29).

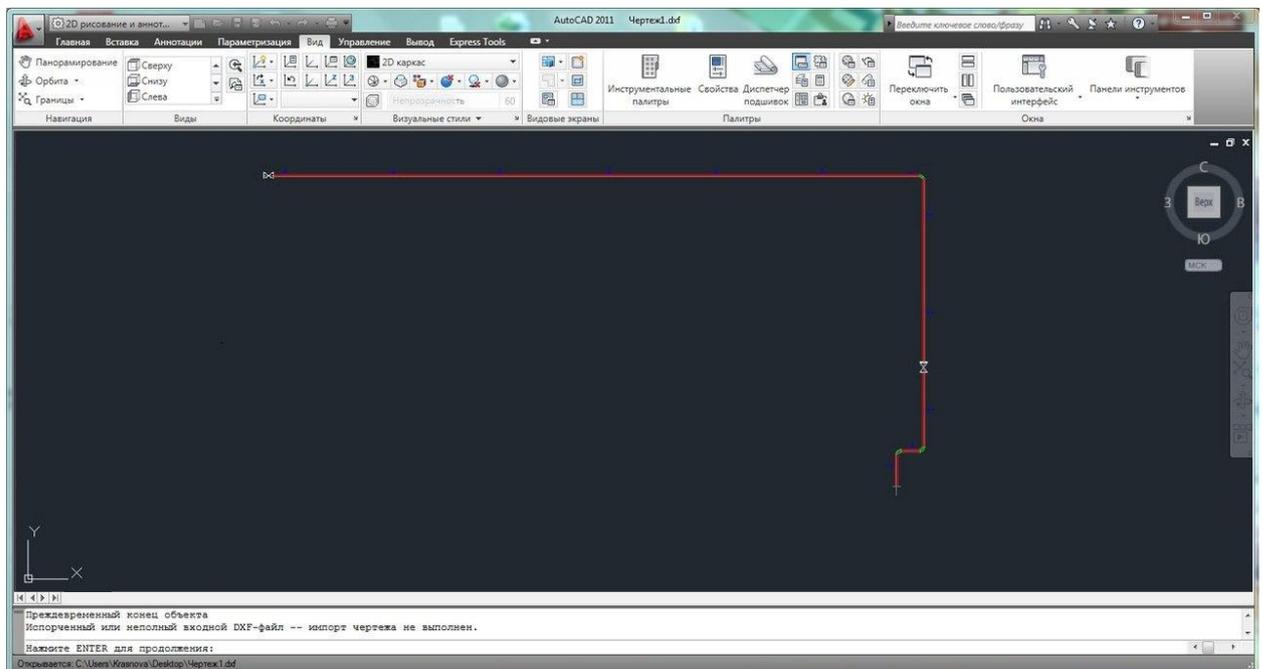


Рисунок 29 – Схема газопровода в AutoCAD

Заключение

В рамках дипломного проекта была разработана автоматизированная система расчета параметров для проектирования газопровода. Была изучена предметная область, существующие типы трубопроводов газообразного энергоносителя и методы вычисления основных параметров трубопровода газообразного энергоносителя; осуществлен обзор программ аналогов; разработан простой и понятный пользовательский интерфейс. В ходе дипломного проектирования было выполнено следующее:

- возможность создавать, сохранять и изменять проекты расчетов;
- произведение расчетов потери давления по всей системе так и на отдельных ее участках;
- реализована возможность просмотра в графическом варианте результатов расчета падения давления;
- произведение расчетов внутреннего сечения газопровода;
- произведение расчетов расстояния между опорами надземного газопровода;
- возможность создания отчетов по произведенным расчетом и сохранять его в файле *.pdf.
- возможность экспортировать готовую схему трубопровода газообразного энергоносителя в файл формата DXF для последующего его открытия в программе AvtoCAD

Осуществляемые расчеты максимально автоматизированы, благодаря этому сильно снижается возможность ошибки на стадии проектирования трубопровода газообразного энергоносителя. Благодаря разработанной программе также оптимизируется и ускоряется процесс расчета параметров трубопроводов газообразного энергоносителя и их проектирование.

Список используемой литературы

- 1 Все ГОСТы. Библиотека ГОСТов. [Электронный ресурс]. - <http://vsegost.com/>.
- 2 СП 42-101-2003 Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб [Текст] – М.: ЗАО «ПОЛИМЕР ГАЗ», 2003. – 207с.
- 3 ГОСТ 1050-88 Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия. [Текст] - М.: Издательство стандартов, 2011. – 13 с.
- 4 ГОСТ 19281-89 Прокат из стали повышенной прочности. Общие технические условия [Текст] - М.: Издательство стандартов, 2009. – 15 с.
- 5 ГОСТ 4543-71 Прокат из легированной конструкционной стали. Технические условия [Текст] - М.: Издательство стандартов, 2008. – 41 с.
- 6 ГОСТ 3262-75 Трубы стальные водогазопроводные. Технические условия [Текст] - М.: Издательство стандартов, 2007. – 8 с.
- 7 ГОСТ 34.602-89 Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы [Текст] – М.: Издательство стандартов, 1989. – 13 с.
- 8 ГОСТ 19.701 - 90 (ИСО 5807-85) ЕСПД. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Условные обозначения и правила выполнения [Текст] - М.: Издательство стандартов, 1991. - 26 с
- 9 The Java Language Specification, Java SE 7 Edition [электронный документ] : Java SE 8 Edition – Oracle, 2015. – Режим доступа: <http://docs.oracle.com/javase/specs>
- 10 Bloch, Joshua. Effective Java™. Second Edition. – Addison-Wesley, 2012.
- 11 ГОСТ 380-2005 Сталь углеродистая обыкновенного качества. [Текст] - М.: Издательство стандартов, 2008. – 11 с.

- 12 Дейкон, Ч.М. Разработка информационных систем с использованием UML [Текст]/Ч.М. Дейкон – М. : ИД «Вильямс», 2002. – 432 с.
- 13 СП 42-102-2004 Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб [Текст] – М.: ЗАО «ПОЛИМЕР ГАЗ», 2004. – 207с
- 14 П.Ноутон, Г.Шилдт Java 2. Наиболее полное руководство [Текст] П.Ноутон, Г.Шилдт - БХВ-Петербург, 2006. – 1067с.
- 15 Progress in Pattern Recognition, Image Analysis and Applications . 2014
- 16 Васильев, А.Н. Java. Объектно-ориентированное программирование [Текст] Васильев А.Н. – ПИТЕР, 2011.- 400с.
- 17 Википедия Свободная Энциклопедия [Электронный ресурс]. – <http://ru.wikipedia.org/wiki/Java>.
- 18 Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя [Текст]/ Г. Буч, Д. Рамбо, А. Джекобсон: Пер. с англ. – М.: ДМК, 2003. – 432 с.
- 19 Farrell J. Java Programming. Course Technology, 2015
- 20 Harvey M. Deitel, Paul J. Deitel. Java How to Program. Prentice hall, 2015
- 21 СП 62.13330.2011 Газораспределительные системы Актуализированная редакция [Текст] - М.: ЗАО «ПОЛИМЕР ГАЗ», 2011. – 66с.
- 22 The Java Language Environment, [электронный документ] : Java SE 7 Edition, 2012.-Режим доступа: <http://www.oracle.com/technetwork/java/langenv-140151.html>

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Лист программного кода

```
package sarg;

import java.awt.Color;
import java.util.*;

//класс для общих параметров сети
class set {
    double v;    //кинематическая вязкость газа
    double Q0;  //расход газа в нормальных условиях
    double p;   //давление газа в начале системы
    double ro;  //плотность газа нормальные условия
    int tube;   //тип трубы
    double Pdor; //допустимые потери давления
}

//класс для частных параметров каждого участка
class sector {
    String name;
    double length; //длина от начала до конца в метрах
    double diam;  //диаметр в см внутренний
    double padenie; //падение давление на участке
    int end;      //чем заканчивается сектор
    double renoi; // число ренольдса для участка
    //определение числа ренольдса
    double re(){System.out.println(mainJFrame.s.Q0/(9*Math.PI*diam*(mainJFrame.s.v))+
123");
        return mainJFrame.s.Q0/(9*Math.PI*diam*(mainJFrame.s.v));
    }
    //падение давления
    double pad(){
```

```

int var1 = 0;
double lamb = 0;
double paden =0;
if (renol<=2000) var1=1;
if (renol>2000 & renol<4000) var1=2;
if (renol>4000 & renol<100000) var1=3;
if (renol>100000) var1=4;
switch(var1)
{
    case 1: lamb=64/renol;break;
    case 2: lamb=0.0025*Math.pow(renol, 0.25);break;
    case 3: lamb=0.3164/Math.pow(renol, 0.25);break;
    case 4: lamb=1/Math.pow((1.82*Math.log10(renol)-1.64), 2);break;
}
System.out.println(lamb);
if (mainJFrame.s.p<0.2)
{

paden=626.1*lamb*(Math.pow(mainJFrame.s.Q0,2)/Math.pow(diam,5))*mainJFrame.s.ro*length;
    }
else
    {
        paden=1.2687*Math.pow(10,-
4)*lamb*(Math.pow(mainJFrame.s.Q0,2)/Math.pow(diam, 5))*mainJFrame.s.ro*length;
    }
return paden;

}
}

```

```

public class Sarg {

```

```

/**

```

```

* @param args the command line arguments

```

```

*/
//public static double setset[]=new double[sarg.mainJFrame.count];
public static void show(){
    for (int i=0; i<sarg.mainJFrame.count;i++)
    {
        sarg.mainJFrame.table.setValueAt(sarg.mainJFrame.allset[i].name,i,0);//ВЫВОД ИМЕНИ
        sarg.mainJFrame.table.setValueAt(sarg.mainJFrame.allset[i].length,i,1);//ВЫВОД
        длины
        sarg.mainJFrame.table.setValueAt(sarg.mainJFrame.allset[i].diam,i,2);//ВЫВОД
        диаметра
        switch(sarg.mainJFrame.allset[i].end) //конец участка
        {
            case 0: sarg.mainJFrame.table.setValueAt("поворот", i, 3);break;
            case 1: sarg.mainJFrame.table.setValueAt("арматура", i, 3);break;
            case 2: sarg.mainJFrame.table.setValueAt("расход", i, 3);break;
        }
    }
}

//отображение расчетов
public static void showres(){

    double fulldown=0;
    sarg.mainJFrame.ta_out.setText(null);
    double flength=0;

    for (int i=0;i<sarg.mainJFrame.count;i++)
        flength=flength+sarg.mainJFrame.allset[i].length;

    int schet=2;

    double setset[]=new double[(int)flength]; //для отрисовки и вывода результатов
    sarg.mainJFrame.plot2DPanel1.removeAllPlots(); //чистим поле

```

```

setset[0]=0;
setset[1]=sarg.mainJFrame.allset[0].padenie/sarg.mainJFrame.allset[0].length;
for (int i=0; i<sarg.mainJFrame.count;i++)
{
    sarg.mainJFrame.table1.setValueAt(sarg.mainJFrame.allset[i].name, i, 0);//вывод
имени
    sarg.mainJFrame.table1.setValueAt(sarg.mainJFrame.allset[i].padenie, i, 1);//вывод
потери по всему участку
    //sarg.mainJFrame.table1.setValueAt(123, i, 2);//вывод потери в конце участка

    for (int j=2;j<=sarg.mainJFrame.allset[i].length;j++)
    {
        setset[schet]=setset[schet-
1]+sarg.mainJFrame.allset[i].padenie/sarg.mainJFrame.allset[i].length;
        schet++;
    }
    fulldown+=sarg.mainJFrame.allset[i].padenie;
    //System.out.println(setset[i]);
    //sarg.mainJFrame.plot2DPanel1.addLinePlot("", Color.red, setset);
}
System.out.println(schet);
sarg.mainJFrame.plot2DPanel1.addLinePlot("", Color.red, setset);//рисуем на поле
sarg.mainJFrame.ta_out.append("Полная потеря давления в сети
"+Double.toString(fulldown));//(Double.toString(fulldown));

}
switch(cb_gas.getSelectedIndex())
{
    case 0: //воздух
        s.v=13.2*Math.pow(10, -6);
        s.ro=1.293;
        break;
    case 1: //углекислый газ
        s.v=7.23*Math.pow(10, -6);
        s.ro=1.977;

```

```

break;
case 2: //природный газ
s.v=14.8*Math.pow(10, -6);
s.ro=0.7168;
break;
case 3: //кислород
s.v=13.9*Math.pow(10, -6);
s.ro=1.429;
break;
}
//тип трубы газопровода (внутренней неровности)
switch(cb_type.getSelectedIndex())
{
case 0: //новая стальная
s.tube=0;
break;
case 1: //полиэтиленовая
s.tube=1;
break;
case 2: //бу стальная
s.tube=2;
break;
}

//определяем надо ли подбирать диаметр
if (cb_autodiam.getSelectedObjects()!=null){
autodiam=true;
sarg.Sarg.calcdiam();
sarg.Sarg.show();
}

//расчет диаметра с учетом допустимых потерь
public static void calcdiam(){
double flength=0;//длина всей сети
double Py=0; //удельные потери
//коэффициенты для расчета

```

```

double A=0, B=0, m=0, m1=0;
//считаемдлину всей сети
for (int i=0;i<sarg.mainJFrame.count;i++)
    flength=flength+sarg.mainJFrame.allset[i].length;

//System.out.println("длина");
//System.out.println(flength);

Py=sarg.mainJFrame.s.Pdop/(1.1*flength); //удельные потери
//System.out.println("удельные потери");
//System.out.println(Py);

if (sarg.mainJFrame.s.tube==0)
{
    B=0.022;
    m=2;
    m1=5;
}
else
{
    B=0.3164*Math.pow(9*Math.PI*sarg.mainJFrame.s.v, 0.25);
    m=1.75;
    m1=4.75;
}

if (0==0)
{//высокое давление
    A=0.101325/((sarg.mainJFrame.s.p+0.1)*162*Math.pow(Math.PI, 2));
}
else
{//низкое давление
    A=123;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акт о внедрении

АКТ

о внедрении результатов дипломного проекта

Краснова Дмитрия Сергеевича

Комиссия в составе:

председатель Перова Н.В. – начальник отдела проектирования энергетики, отопления, вентиляции и кондиционирования Проектного управления ПАО «АВТОВАЗ»;

члены комиссии: Дурандина Е.Г.- инженер-проектировщик 1 категории отдела проектирования энергетики, отопления, вентиляции и кондиционирования Проектного управления ПАО «АВТОВАЗ»,

составили настоящий акт о том, что результаты дипломного проекта «Разработка автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода» внедрены в опытную эксплуатацию для выполнения проектов газоснабжения отделом проектирования энергетики, отопления, вентиляции и кондиционирования Проектного управления ПАО «АВТОВАЗ».

Использование разработанной в ходе дипломного проекта разработка автоматизированной системы расчета параметров для проектирования газопровода, позволяет значительно экономить время выполнения проектной документации. Наличие расчетов систем газоснабжения обязательной требование экспертизы промышленной безопасности, которую проходят чертежи, выполняемые отделом. Использование программы повышает производительность труда и снижает затраты на выполнение проектов.

Председатель комиссии:

Н.В. Перова

Члены комиссии:

Е.Г. Дурандина