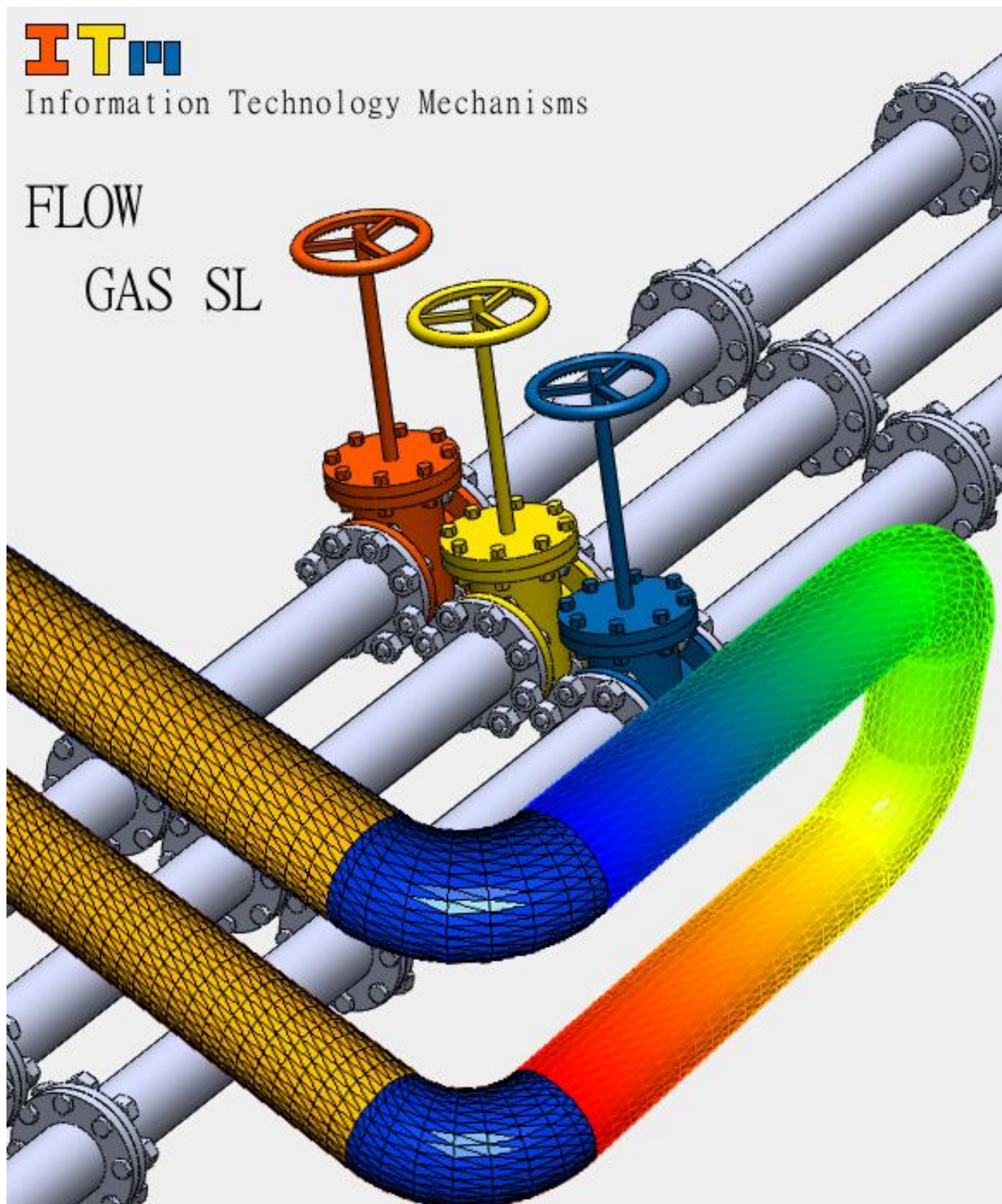


# ITM Flow Gas SL

программа для гидравлического и теплового расчета газопровода

*Руководство пользователя*



## Оглавление

<b>1. Общие сведения.....</b>	<b>4</b>
1.1. Назначение программы.....	4
1.2. Возможности программы.....	4
1.3. Ограничения программного расчета .....	4
1.4. База данных компонентов смеси .....	5
1.5. Вводимые исходные данные.....	6
1.6. Системные требования .....	6
1.7. Требования к оборудованию.....	6
<b>2. Описание логической структуры.....</b>	<b>6</b>
<b>3. Вызов и загрузка программы .....</b>	<b>7</b>
<b>4. Интерфейс программы.....</b>	<b>7</b>
4.1 Главное меню .....	7
4.2 Панель инструментов.....	8
4.3 Исходные данные.....	8
4.3.1. Вкладка «Построение» .....	8
4.3.2. Вкладка «Смесь/Условия» .....	9
4.3.3. Вкладка «Визуализация».....	9
4.4 Таблица параметров участков трубопровода .....	10
4.5 Область построения 3D геометрии и диаграмма.....	10
4.5.1. 3D Модель.....	10
4.5.2. Диаграмма.....	11
<b>5. 3D модель .....</b>	<b>11</b>
5.1 Единицы измерения .....	11
5.2 Система координат.....	12
5.3 Ориентирование в пространстве.....	12
5.4 Построение .....	12
5.4.1. Прямой участок.....	12

5.4.2.	Поворот .....	13
5.4.3.	Переход .....	13
5.4.4.	Удаление.....	13
<b>6.</b>	<b>Исходные данные для расчета.....</b>	<b>13</b>
6.1	Единицы измерения .....	13
6.2	Выбор и ввод смеси компонентов.....	13
6.3	Ввод начальных параметров .....	14
<b>7.</b>	<b>Расчет .....</b>	<b>14</b>
7.1	Визуальное распределение давления и температуры.....	14
7.1.1.	Вызов визуализации.....	14
7.2	Диаграмма распределения давления и температуры.....	15
7.2.1.	Настройка диаграммы.....	15
7.2.2.	Работа с диаграммой.....	15
<b>8.</b>	<b>Пример построения и расчета газопровода.....</b>	<b>15</b>
8.1	Исходные данные .....	16
8.2	Построение 3D модели.....	16
8.3	Задание смеси и исходных данных.....	18
8.4	Расчет и просмотр результатов .....	19
<b>9.</b>	<b>Рекомендации.....</b>	<b>21</b>
<b>10.</b>	<b>Возможные ошибки и методы их устранения .....</b>	<b>21</b>
<b>Ограничения использования .....</b>		<b>21</b>
<b>Требования безопасного использования.....</b>		<b>22</b>

## 1. Общие сведения

### 1.1. Назначение программы

Программа предназначена для проведения гидравлических и тепловых расчетов газовых трубопроводов для однофазных многокомпонентных потоков без учета фазовых переходов. Позволяет определять термобарические условия в любой точке заданного трубопровода (с теплоизоляцией и без), который может состоять из прямых, поворотных (прямых углов), сужающихся (конфузоров) и расширяющихся (диффузоров) участков круглого сечения с изменяемыми параметрами. Визуальный модуль программного комплекса позволяет наглядно проследить изменение термобарических параметров вдоль траектории трубопровода при помощи цветовой гаммы, а также получать изменения в графической форме (диаграмма).

### 1.2. Возможности программы

К возможностям программы можно отнести следующее:

- ввод и анализ введенных параметров;
- расчет свойств продукта (смеси газов);
- расчет потерь давления;
- расчет температуры;
- показ результатов расчета, как по отдельным участкам, так и по всему трубопроводу в целом.

Программный расчет учитывает изменение коэффициента Джоуля-Томпсона, конвективного теплообмена и др.

### 1.3. Ограничения программного расчета

При расчетах допускается ряд ограничений:

- не учитывается подогрев трубопровода извне, не учитываются наклоны трубопровода;
- расчет простых (неразветвленных) трубопроводов;
- расчет поворотов без учета потерь давления, вследствие изменения направления потока;
- ввод исходных данных производится согласно единиц измерения программы, без возможности их изменения;
- дискретность изменения длины трубопровода – 1 мм;
- производится расчет установившихся режимов течения;
- не учитывается процесс «прогрева» трубопровода в начальные моменты работы трубопровода;
- температурой потока считается температура в центре потока (ось трубопровода);
- расчет коэффициента гидравлического сопротивления рассчитывается автоматически в зависимости от режима течения потока;
- не учитываются изменения проходного сечения трубопровода вследствие температурных процессов (расширение/сжатие).

## 1.4. База данных компонентов смеси

Заданная для расчета смесь газов может содержать следующие компоненты:

№ п/п	Компонент	Химическая формула	Молекулярная масса, а.е.м.	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Газовая постоянная, м <sup>3</sup> /кг·°С	Критические параметры			
						Температура, °С	Давление, атм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
-	-	-	-	«4»/ (22,4/273·293 )	101,3·22,4/ 273·102,5/«4 »	-	-	-	1/«9»
1	Азот	N <sub>2</sub>	28,016	1,165	30,276	-147,0	33,50	311,0	0,0032
2	Воздух	-	28,960	1,205	29,289	140,65	37,70	370,0	0,0027
3	Кислород	O <sub>2</sub>	32,000	1,331	26,507	-118,40	50,10	410,0	0,0024
4	Водород	H <sub>2</sub>	2,016	0,084	420,743	-239,90	12,80	31,0	0,0323
5	Сероводород	H <sub>2</sub> S	34,082	1,418	24,887	100,40	88,90	349,0	0,0029
6	Двуокись углерода	CO <sub>2</sub>	44,011	1,831	19,273	31,00	72,90	468,0	0,0021
7	Окись углерода	CO	28,011	1,165	30,282	-140,30	34,50	520,0	0,0019
8	Гелий	He	4,000	0,166	212,055	-267,90	2,26	69,3	0,0144
9	Аргон	Ar	39,950	1,662	21,232	-122,50	48,00	531,0	0,0019
10	Ртуть	Hg	200,59	8,344	4,229	1450,00	1535,0	-	0,0000
11	Метан	CH <sub>4</sub>	16,043	0,667	52,872	-87,10	45,80	162,0	0,0062
12	Этан	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	30,068	1,251	28,210	32,30	48,20	203,0	0,0049
13	Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	44,094	1,834	19,237	96,80	42,00	220,0	0,0045
14	n-Бутан	n-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,120	2,418	14,594	152,0	37,50	228,0	0,0044
15	i-Бутан	i-C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	58,120	2,418	14,594	134,90	36,00	221,0	0,0045
16	n-Пентан	n-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,151	3,001	11,756	196,60	33,30	232,0	0,0043
17	i-Пентан	i-C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	72,151	3,001	11,756	187,80	33,70	236,0	0,0042
18	n-Гексан	n-C <sub>6</sub> H <sub>14</sub>	86,178	3,585	9,843	234,70	29,90	234,0	0,0043
19	n-Гептан	n-C <sub>7</sub> H <sub>16</sub>	100,198	4,168	8,465	267,00	27,00	235,0	0,0043
20	n-Октан	n-C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	114,220	4,751	7,426	296,70	24,60	233,0	0,0043

### 1.5. Вводимые исходные данные

В качестве исходных данных используются:

- наружный диаметр трубопровода (при расширениях/сужениях задаются два наружных диаметра), мм;
- толщина стенки трубопровода, мм;
- ориентация трубопровода в пространстве (X,Y,Z);
- длина трубопровода, мм;
- плотность материала трубопровода, кг/м<sup>3</sup>;
- теплопроводность материала трубопровода, Вт/м<sup>2</sup>;
- количество узлов расчетной сетки, шт.;
- необходимые компоненты смеси;
- доля компонентов в смеси;
- давление на входе рассчитываемого трубопровода, МПа;
- температура на входе рассчитываемого трубопровода, °С;
- расход смеси, м<sup>3</sup>/ч.

### 1.6. Системные требования

Программу можно использовать на персональном компьютере, соответствующем техническим требованиям, указанным ниже:

Процессор: 2 ГГц и выше;

Операционная система: WINDOWS 7/8/ VISTA;

Оперативная память: минимальная – 1 Гб, рекомендуемая –2 Гб и более.

### 1.7. Требования к оборудованию

Для работы с программой необходимо использовать следующие исправные устройства: персональный компьютер (отвечающий требованиям программы), клавиатура, мышь, монитор и другие технические средства.

## 2. Описание логической структуры

С помощью стандартных компонентов геометрии (прямой участок, поворот, переход) разрабатывается 3D модель трубопровода с заданными размерами и свойствами материала. Каждому участку трубопровода присваиваются влияющие на него факторы и другие условия. Выбирается смесь газов с заданной концентрацией каждого компонента. Вводятся начальные условия для расчета (температура, давление, расход). Производится расчет трубопровода. Выводится результат расчета в виде диаграммы и в виде цветового распределения.

### 3. Вызов и загрузка программы

Программа не требует дополнительных действий по установке. Запуск программы возможен запуском приложения "ITM Flow Gas SL.exe". Перед запуском программы необходимо в обязательном порядке ознакомиться с прилагаемой инструкцией.

### 4. Интерфейс программы

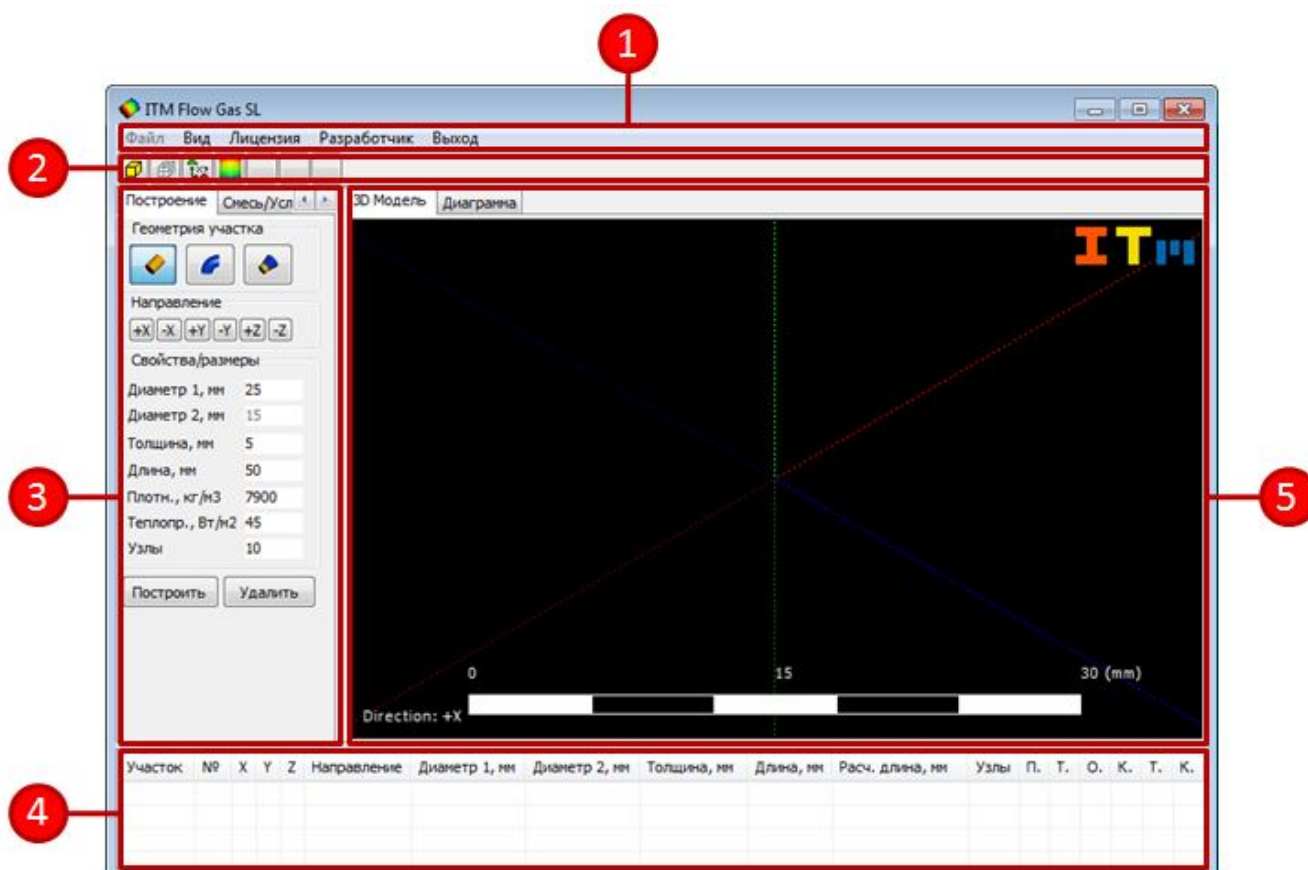


Рисунок 1 – Главное окно программы

Главное окно программы состоит из 5 блоков (рисунок 1):

1. главное меню;
2. панель инструментов;
3. исходные данные;
4. таблица параметров участков трубопровода;
5. область построения 3D геометрии и диаграмма.

#### 4.1 Главное меню

Главное меню программы содержит следующие пункты:

1. вид (режим отображения осей координат);



- лицензия (сведения об использовании ПО);
- разработчик (сведения о разработчике ПО);
- выход (кнопка завершения работы программы).

#### 4.2 Панель инструментов

Панель инструментов содержит следующие кнопки:



- убрать сетку с графического объекта;



- показать сетку объекта;



- вернуть камеру обзора к началу построения;



- расчет.

#### 4.3 Исходные данные

Блок «Исходные данные» состоит из 3 вкладок.

##### 4.3.1. Вкладка «Построение»

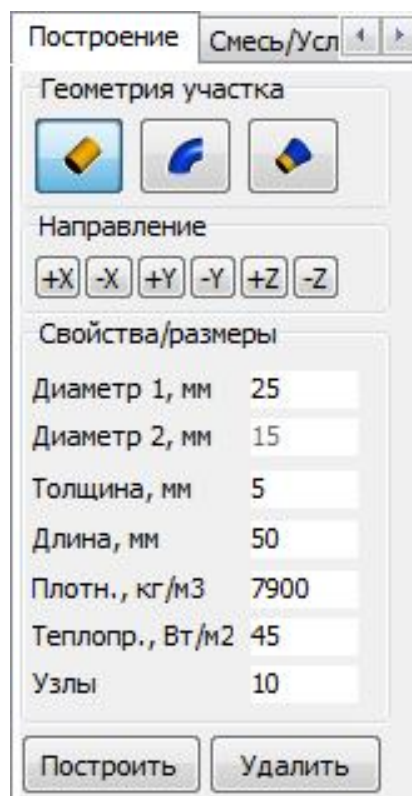


Рисунок 2 – Вкладка "Построение"

Во вкладке «Построение» (рисунок 2) содержится информация о геометрии участка трубопровода.



#### 4.3.2. Вкладка «Смесь/Условия»

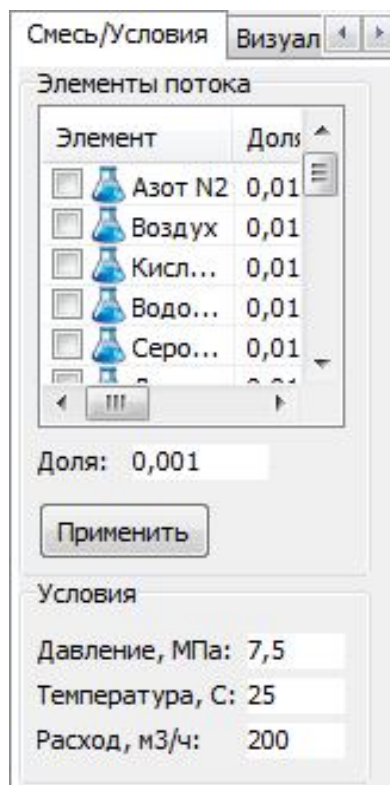


Рисунок 3 – Вкладка "Построение"

Во вкладке «Смесь/Условия» (рисунок 3) содержится информация о смеси компонентов газового потока и начальных условиях для расчета.

#### 4.3.3. Вкладка «Визуализация»

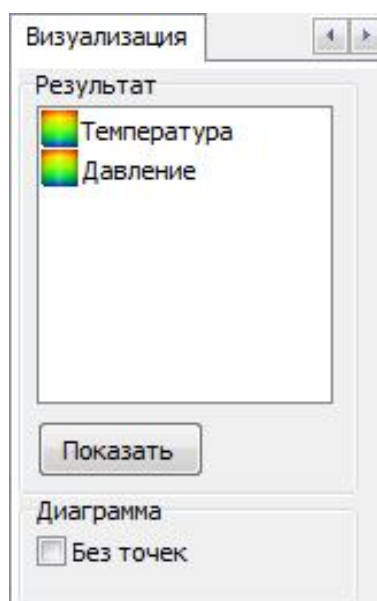


Рисунок 4 – Вкладка "Визуализация"

Во вкладке «Визуализация» (рисунок 4) содержатся инструменты для вызова визуализации результатов расчета и настройки результирующей диаграммы.

#### 4.4 Таблица параметров участков трубопровода

Участок	№	X	Y	Z	Направление	Диаметр 1, мм	Диаметр 2, мм	Толщина, мм	Длина, мм	Расч. длина, мм	Узлы	П.	Т.	О.	К.	Т.	К.

Рисунок 5 – Таблица параметров

Блок содержит таблицу (рисунок 5), в которой отображаются свойства и параметры построенных участков трубопровода.

#### 4.5 Область построения 3D геометрии и диаграмма

##### 4.5.1. 3D Модель

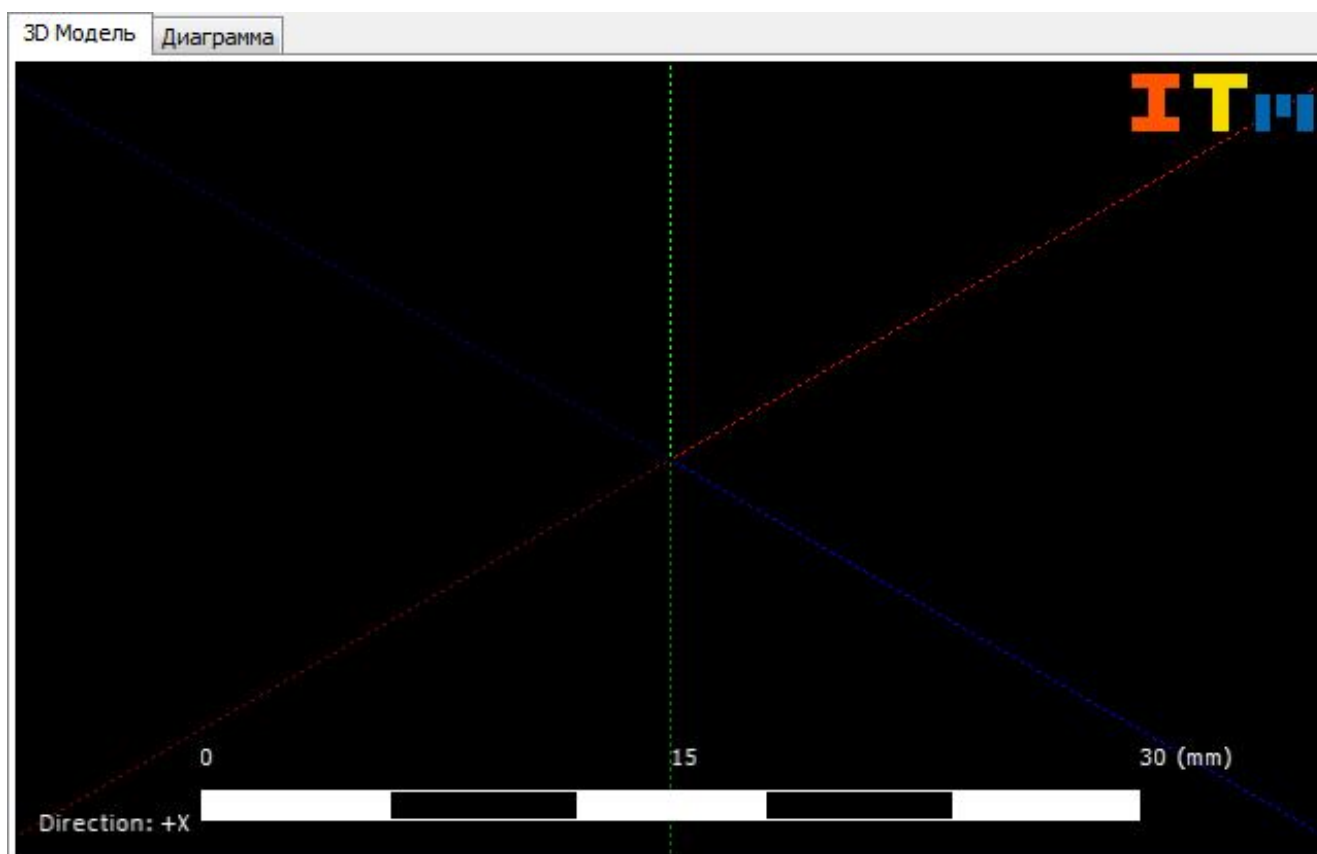


Рисунок 5 – Вкладка "3D Модель"

Вкладка содержит визуальный модуль, в котором отображается построенная геометрия и цветное изображение результатов расчета.

### 4.5.2. Диаграмма

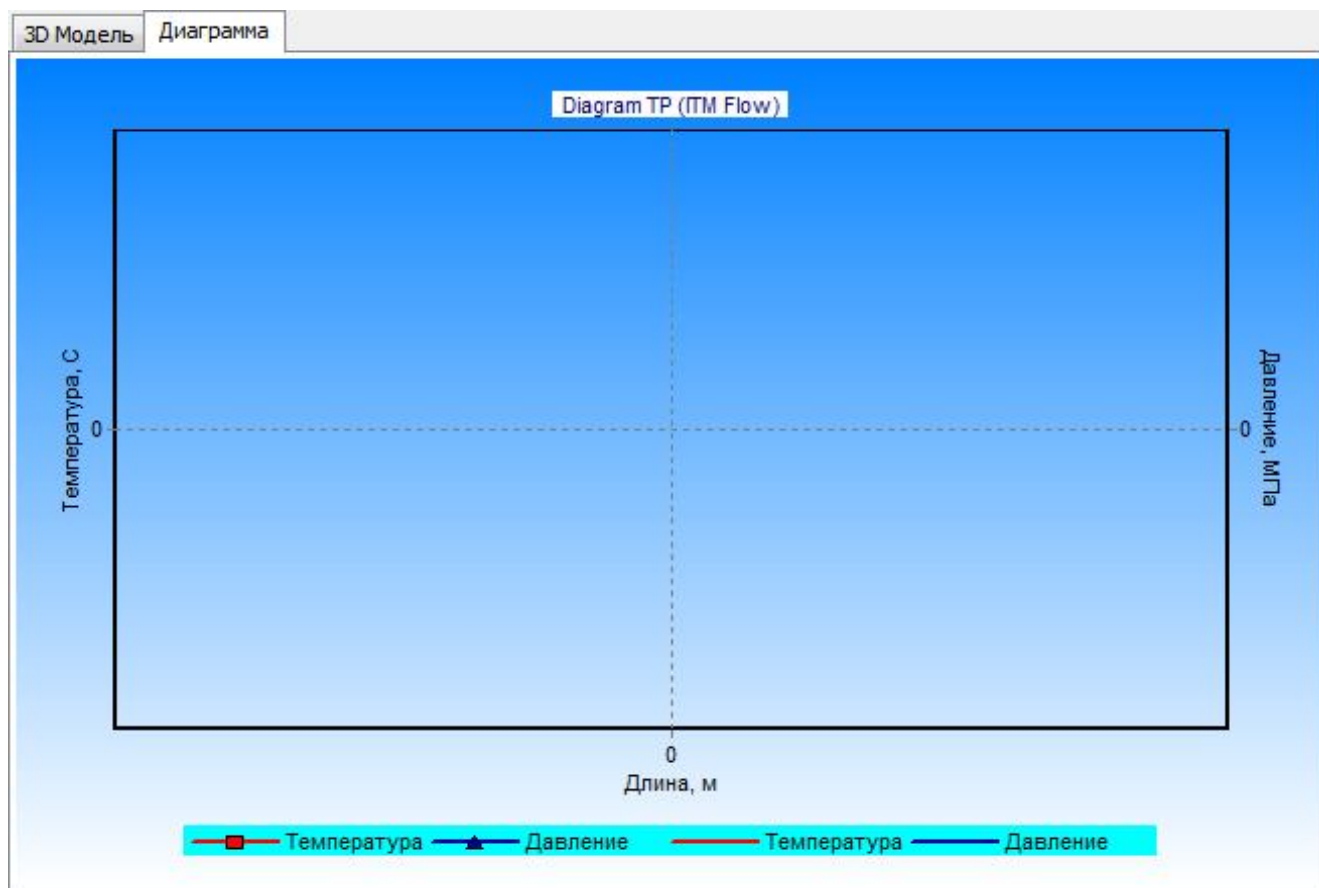


Рисунок 6 – Вкладка "Диаграмма"

Вкладка содержит область для построения диаграммы (рисунок 6) изменения давления и температуры по длине трубопровода.

## 5. 3D модель

### 5.1 Единицы измерения

При построении 3D модели трубопровода вводятся параметры, соответствующие следующим размерностям:

- диаметры, толшины, длины (мм);
- плотность материала трубопровода ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );
- теплопроводность материала ( $\text{Вт}/\text{м}^2$ );
- узлы (шт.).

## 5.2 Система координат

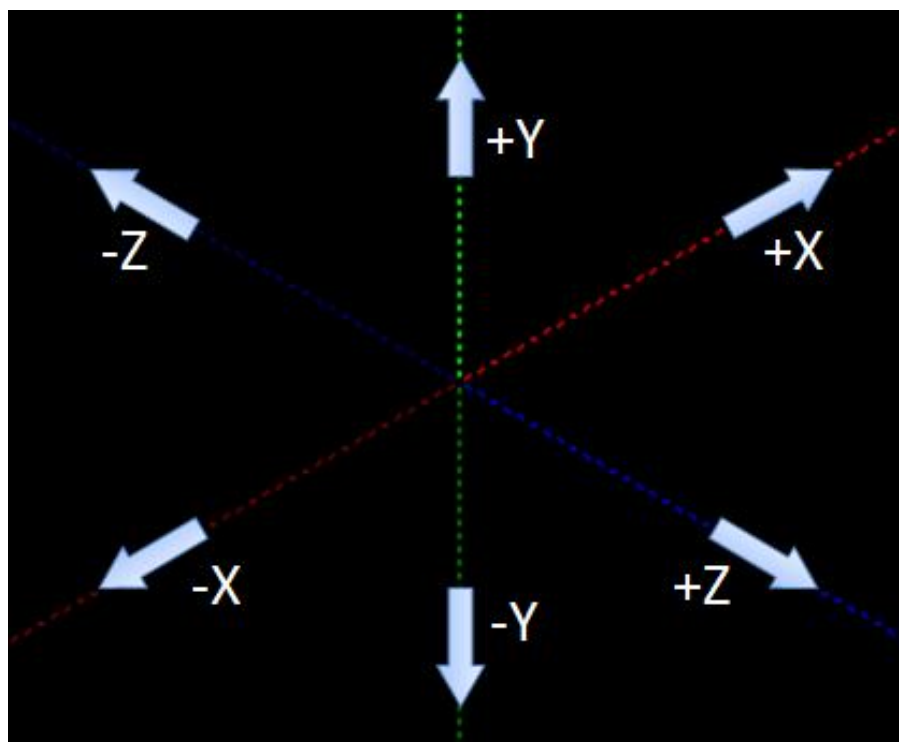


Рисунок 7 – Название и расположение осей

При построении 3D модели и при ориентации в пространстве используется система координат XYZ. Название осей и их расположение показано на рисунке 7. Оси изображены разными цветами:


- ось X (красный);
- ось Y (зеленый);
- ось Z (синий).

## 5.3 Ориентирование в пространстве

Для перемещения по области построения программы используется мышь. Для того, чтобы перемещаться вверх-вниз-вправо-влево необходимо зажать правую кнопку мыши над областью построения и перемещать мышь в соответствующие стороны. Для того, чтобы совершить облет камерой вокруг модели - необходимо зажать левую кнопку мыши над областью построения и перемещать мышь в соответствующие стороны. Отдалить и приблизить построенный объект можно прокручивая колесико мыши (приближение - вперед, отдаление - назад).


## 5.4 Построение

### 5.4.1. Прямой участок


Для построения прямого участка трубопровода необходимо перейти во вкладку "Построение", нажать кнопку , если участок первый - выбрать необходимое направление построения (+X,-X,+Y,-Y,+Z,-

Z), ввести геометрические размеры участка (диаметр, толщина стенки, длина), ввести свойства материала трубопровода (плотность, теплопроводность) и указать количество расчетных шагов (узлов) не менее 4. После этого необходимо нажать на кнопку "Построить".

#### **5.4.2. Поворот**

Для построения поворота трубопровода необходимо перейти во вкладку "Построение", нажать кнопку , выбрать необходимое начальное направление (если участок первый) и направление построения (+X,-X,+Y,-Y,+Z,-Z), ввести геометрические размеры участка (диаметр, толщина стенки), ввести свойства материала трубопровода (плотность, теплопроводность) и указать количество расчетных шагов (узлов) не менее 10. После этого необходимо нажать на кнопку "Построить".

#### **5.4.3. Переход**

Для построения перехода трубопровода необходимо перейти во вкладку "Построение", нажать кнопку , если участок первый - выбрать необходимое направление построения (+X,-X,+Y,-Y,+Z,-Z), ввести геометрические размеры участка (диаметр, толщина стенки, длина), ввести свойства материала трубопровода (плотность, теплопроводность) и указать количество расчетных шагов (узлов) не менее 4. После этого необходимо нажать на кнопку "Построить".

#### **5.4.4. Удаление**

В программе можно удалять участки последовательно, начиная с последнего построенного участка. Для удаления построенного участка трубопровода необходимо перейти во вкладку "Построение", нажать кнопку "Удалить".

## **6. Исходные данные для расчета**

### **6.1 Единицы измерения**

При вводе исходных параметров для расчета применяются следующие размерности:

- давление (МПа);
- температура ( $^{\circ}\text{C}$ );
- расход (м<sup>3</sup>/ч).

### **6.2 Выбор и ввод смеси компонентов**

Для того, чтобы выбрать и назначить смесь компонентов - необходимо перейти во вкладку "Смесь/Условия", выбрать необходимый элемент (галочка), выделить его нажатием левой кнопкой мыши, в поле "Доля" указать его долю в смеси (от 0 до 1) и нажать кнопку "Применить".

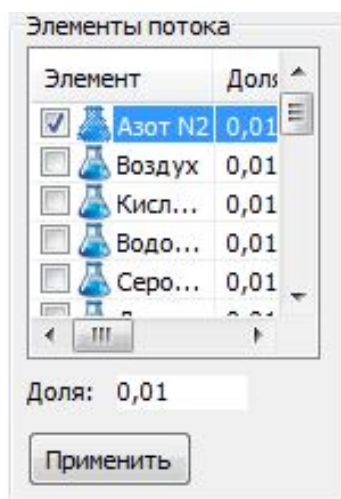



Рисунок 8 – Элементы потока

Таким образом, можно выбрать и настроить до 20 компонентов.

### 6.3 Ввод начальных параметров

Для ввода начальных параметров для расчета (давление, температура, расход) необходимо перейти во вкладку "Смесь/Условия", и в соответствующих полях указать необходимые значения.

## 7. Расчет

Для того, чтобы произвести расчет модели трубопровода в программе должна быть построена 3D модель, выбрана и настроена смесь компонентов, введены начальные параметры для расчета. Чтобы запустить алгоритм расчета необходимо нажать на кнопку  визуализация.

### 7.1 Визуальное распределение давления и температуры

#### 7.1.1. Вызов визуализации

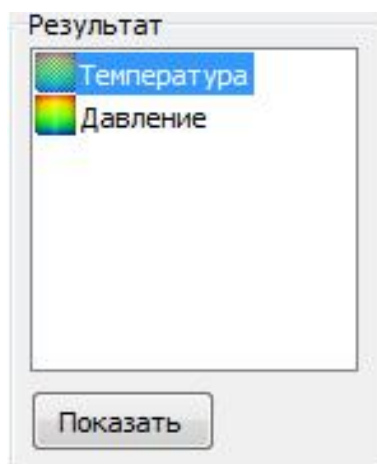


Рисунок 9 – Вызов визуализации расчета

Для того чтобы вызвать визуальное представление распределения давления и температуры по расчетной модели после выполнения расчета, необходимо перейти во вкладку "Визуализация", выбрать необходимый параметр левой кнопкой мыши и нажать "Показать".

## 7.2 Диаграмма распределения давления и температуры

### 7.2.1. Настройка диаграммы

Для того, чтобы убрать с диаграммы точки, соответствующие узлам геометрии необходимо перейти во вкладку "Визуализация" и выбрать галочкой "Без точек".

### 7.2.2. Работа с диаграммой

Для того, чтобы приблизить интересующий фрагмент диаграммы необходимо зажать левую кнопку мыши над диаграммой, выбрать область (квадрат) и отпустить левую кнопку мыши. Чтобы перемещаться по диаграмме (влево-вправо, вниз-вверх) необходимо зажать правую кнопку мыши над диаграммой и перемещать мышь в соответствующую сторону.

## 8. Пример построения и расчета газопровода

В качестве примера рассмотрим гидравлический и тепловой расчеты фигуры, показанной на рисунке 10. Этот пример включает в себя построение 3D модели участка трубопровода с использованием стандартных компонентов (поворот, переход, прямой участок), задание исходной смеси и начальных параметров. Кроме того, будет рассмотрен результат расчета.

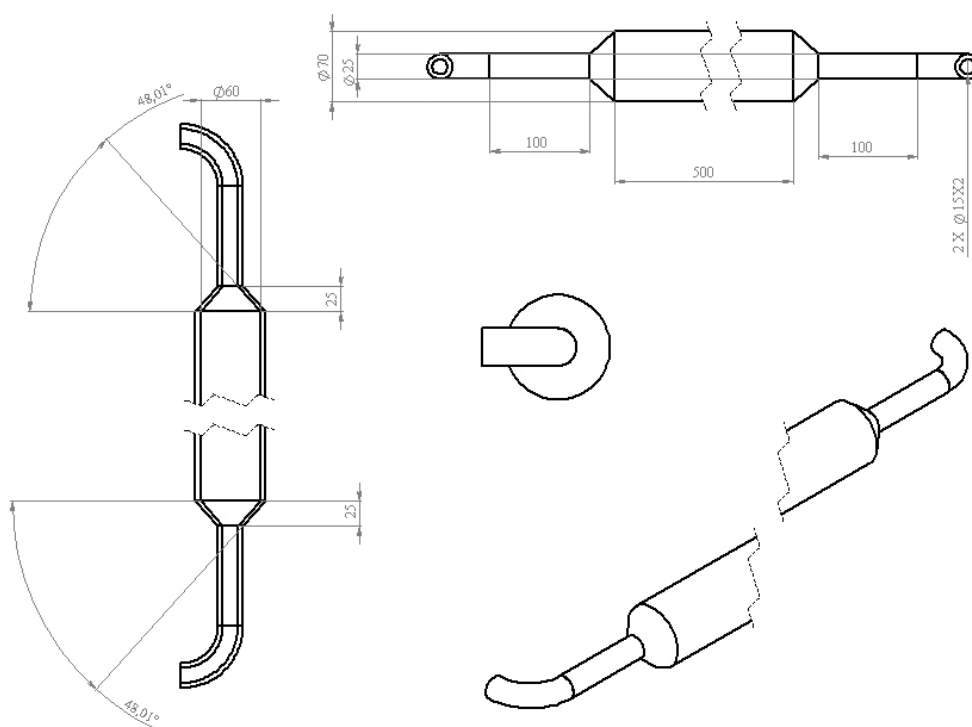


Рисунок 10 – Эскиз создаваемой геометрии



## 8.1 Исходные данные

Материал трубопровода:

- плотность (7900);
- теплопроводность (45).

Смесь газов:

- азот (0,95);
- водород (0,05).

Начальные параметры:

- давление (0,125);
- температура (250);
- расход (2).

Теплообмен:

- температура окружающего воздуха (12);
- коэфф. конвекции:
- участки с диаметром 25 (15);
- переход (16);
- участок с диаметром 70 (18).

## 8.2 Построение 3D модели

Построение 3D модели осуществим в соответствии с размерами, указанными на эскизе (рисунок 10).

Для того чтобы начать построение необходимо перейти во вкладку "Построение".

Первый элемент модели, который необходимо построить – поворот. Для этого нажимаем кнопку .


Учитывая направление поворота необходимо выбрать:

- начальное направление (+Y);
- направление (+X);

Учитывая конфигурацию поворота, необходимо задать геометрические размеры:

- диаметр 1 (25);
- толщина (2).

Далее задаются параметры материала трубопровода и количество расчетных узлов (10). После этого необходимо нажать кнопку "Построить".


Для построения прямого участка модели необходимо нажать кнопку . Для того, чтобы модель легко помещалась в размеры окна редактора, длину прямых участков условно уменьшим вдвое. Зададим:

- длина (50).

Количество расчетных узлов модели на прямых участках примем равным  $Длина/5$ , таким образом получим:

– узлы (10).

Кнопка "Построить".

Для построения перехода необходимо нажать кнопку . Зададим:

– диаметр 2 (70);

– длина (25);

– узлы (5).

Кнопка "Построить".

Центральная часть модели – прямой участок с длиной 500 мм. Поэтому, при построении прямого участка зададим:

– длина (250);

– узлы (50).

Остальная часть модели строится симметрично. Получившуюся модель можно увидеть на рисунке

11.

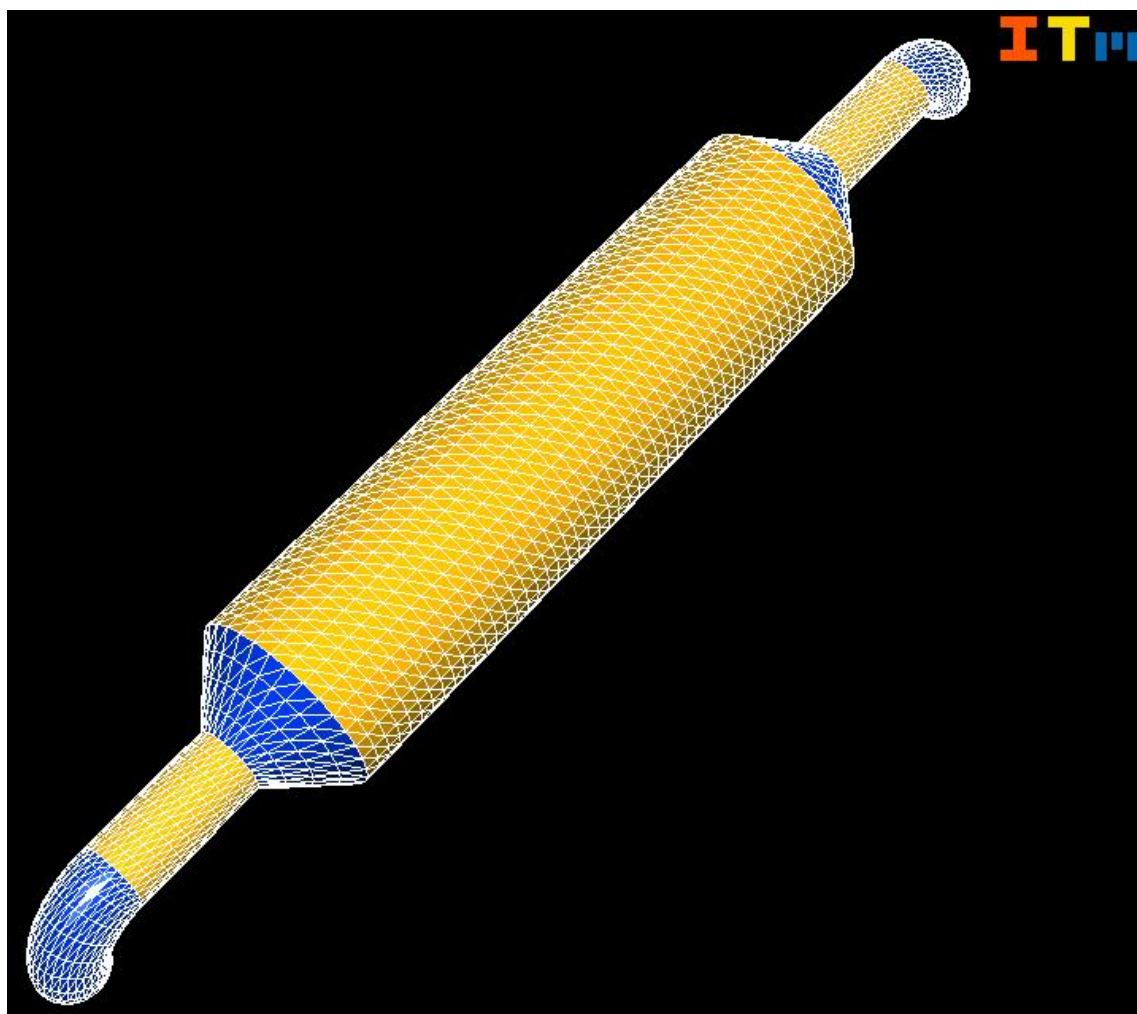


Рисунок 11 – Построенная 3D модель

Следующим шагом необходимо отредактировать расчетную длину прямых участков, т.к. при построении визуальная длина была занижена. Для этого необходимо выделить прямой участок правой кнопкой мыши, в выпадающем меню выбрать "Расчетная длина" (рисунок 12) и установить необходимое значение.

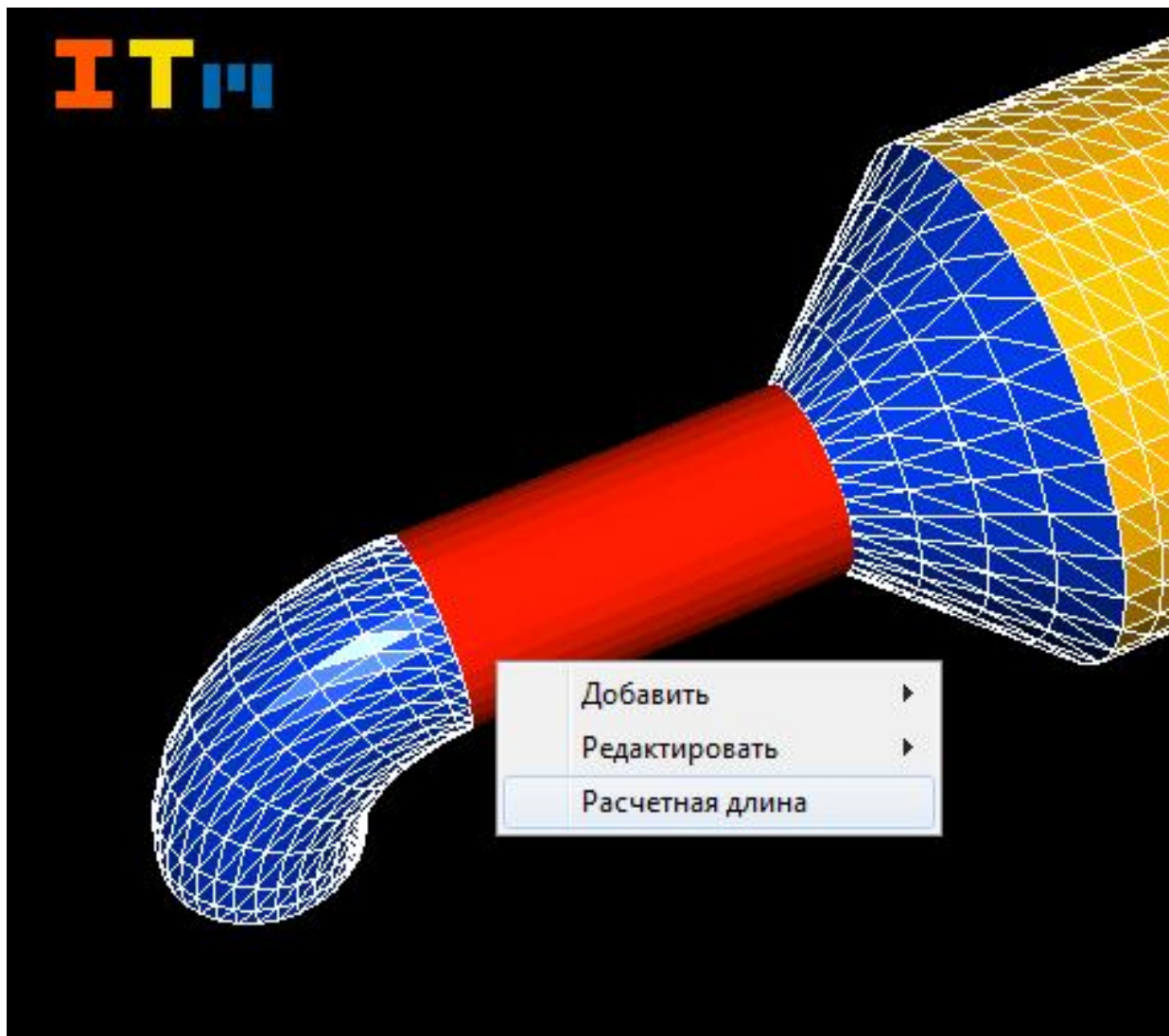


Рисунок 12 – Редактирование расчетной длины участка

Тоже необходимо проделать со всеми прямыми участками. 3D модель готова.

### 8.3 Задание смеси и исходных данных

Для того, чтобы задать параметры смеси и исходные данные в соответствии с условием задачи, необходимо перейти во вкладку "Смесь/Условия" и проделать действия, описанные в пункте 6.2. и 6.3. настоящего руководства пользователя.

Для того чтобы применить параметры теплообмена необходимо выделить каждый участок модели правой кнопкой мыши, в выпадающем меню выбрать "Конвекция" (рисунок 13), в открывшемся окне установить значения согласно заданию.

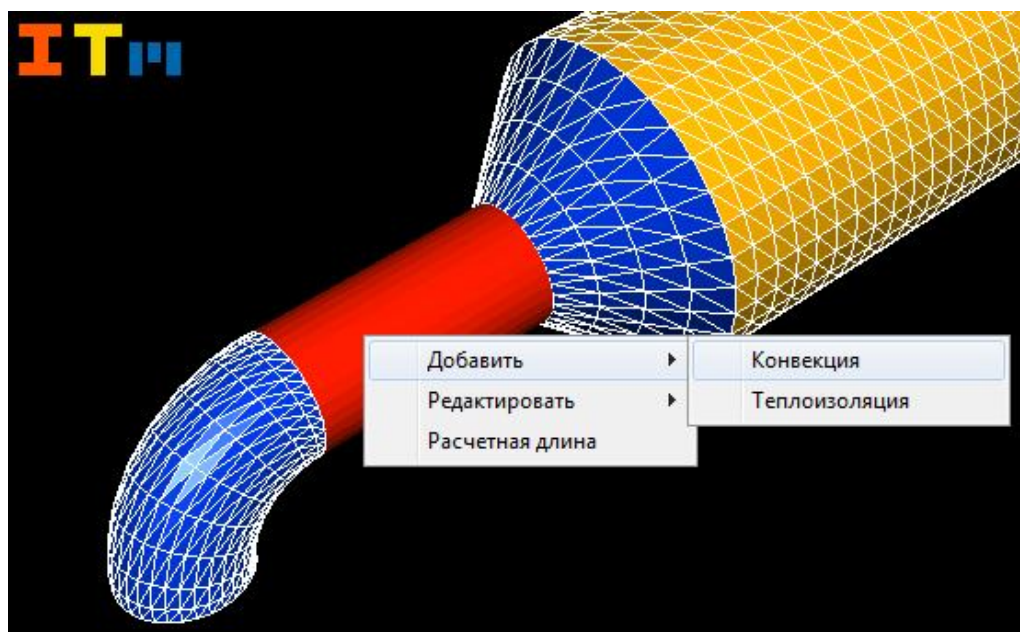



Рисунок 13 – Задание параметров теплообмена

#### 8.4 Расчет и просмотр результатов

После того, как модель будет построена, исходные параметры заданы, для запуска расчета необходимо нажать кнопку .

После того, как расчет будет закончен, можно перейти к просмотру результатов. Для этого можно перейти во вкладку "Диаграмма" (рисунок 14).

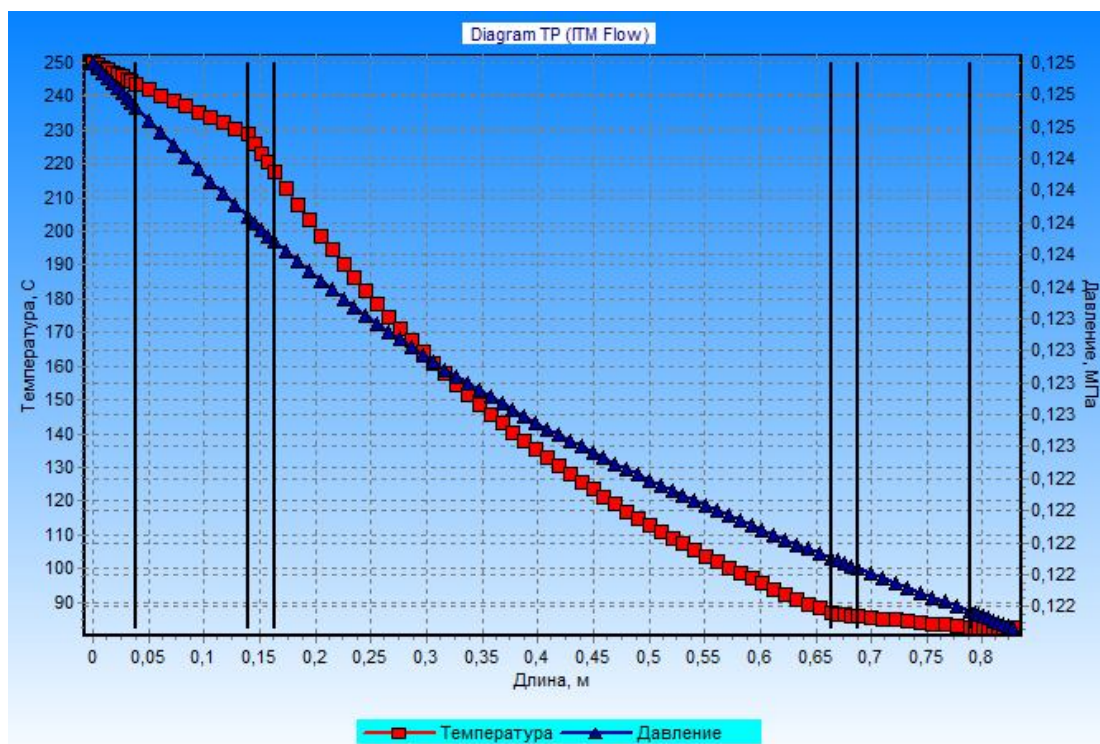


Рисунок 14 – Диаграмма с результатом расчета



Для того чтобы посмотреть результат расчета и распределение температуры и давления на модели, необходимо проделать действия, описанные в пункте 7.1.1. (рисунок 15).

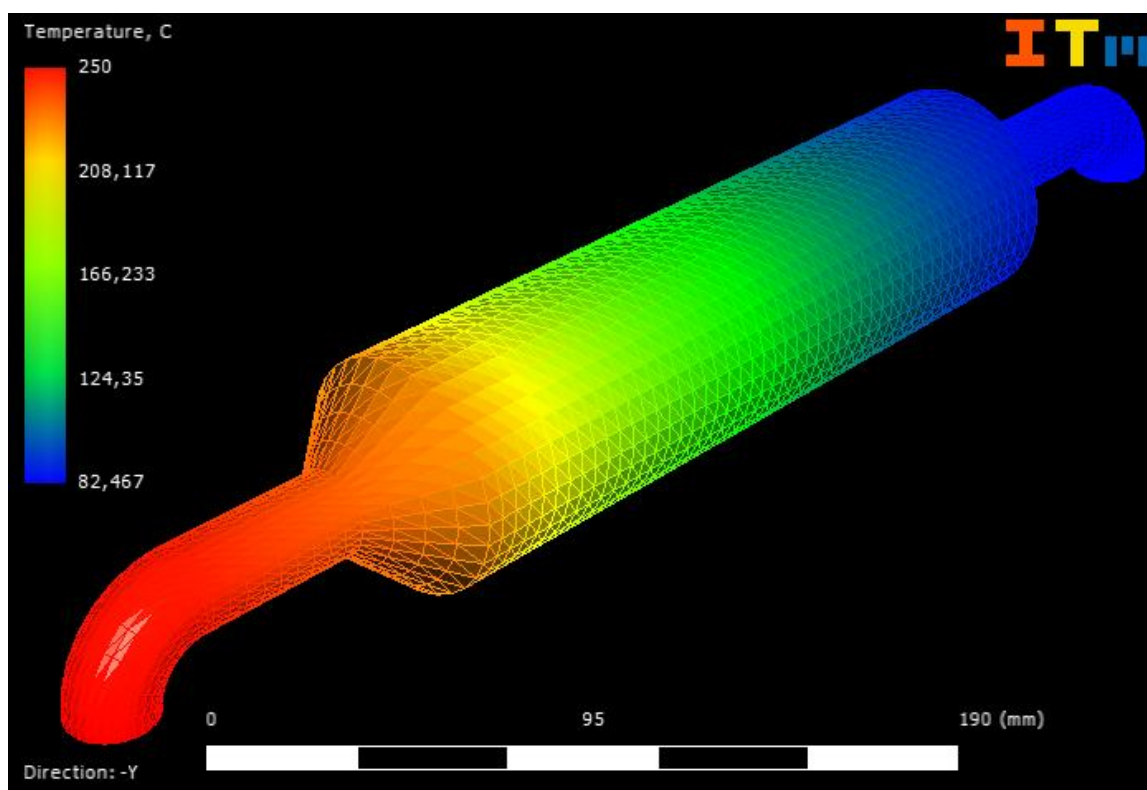


Рисунок 15 – Результат расчета – распределение температуры

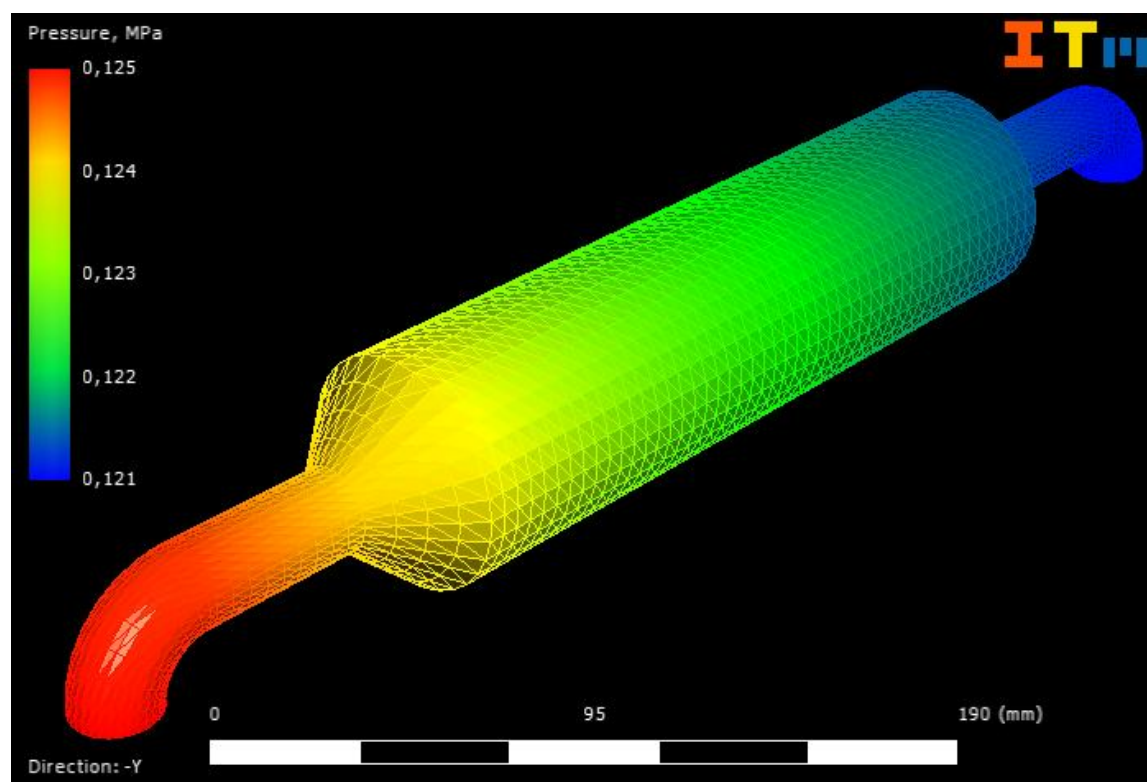


Рисунок 16 – Результат расчета – распределение давления

## 9.Рекомендации

Для предотвращения перегрузки памяти компьютера не рекомендуется при построении модели трубопровода и последующем расчете использовать количество узлов сетки большее, чем длина в мм. Т.е. при длине участка трубы 10000 мм не рекомендуется указывать количество узлов превышающее 10000 шт.

## 10. Возможные ошибки и методы их устранения

Ошибка	Пояснения	Методы устранения
Ошибка построения! Неверный формат данных!	Недопустимые символы в параметрах геометрии	Убрать недопустимые символы, оставить только цифры и ";"
Ошибка построения! Неверные условия "толщина-диаметр"!	$2 * \text{толщину} > \text{наружного диаметра}$	Привести параметры в соответствие
Ошибка построения. Прямой участок. Узлы. Минимум 4.	Минимальное число узлов при построении прямого участка 4	Увеличить число узлов
Ошибка построения. поворот. Узлы. Минимум 10.	Минимальное число узлов при построении поворота 10	Увеличить число узлов
Ошибка построения. Переход. Узлы. Минимум 4.	Минимальное число узлов при построении перехода 4	Увеличить число узлов
Ошибка построения! неверные направления!	Начальное направление равно направлению построения	Задать разные направления
Ошибка построения! введено недопустимое значение!	Недопустимые символы в параметрах геометрии	Убрать недопустимые символы, оставить только цифры и ";"
Ошибка! Не найден элемент для удаления!	Попытка удалить несуществующий элемент	
Ошибка! Неверный формат данных либо введено недопустимое значение!	Недопустимые символы или значение в задании доли компонента	Привести параметры в соответствие
Ошибка! Введено недопустимое значение концентрации компонента!	Концентрация компонента либо $< 0$ либо больше 1	Привести параметры в соответствие
Ошибка расчета! Отсутствует геометрия!	Попытка произвести расчет при отсутствии геометрии	Построить геометрию трубопровода
Ошибка расчета! Не задана смесь!	Попытка произвести расчет при отсутствии заданной смеси	Задать смесь компонентов
Ошибка расчета! Концентрация компонентов должна составлять 1,00!	Сумма долей выбранных компонентов превышает 1,00 либо меньше	Задать сумму долей компонентов равную 1,00
Ошибка расчета! Отсутствует градиент давления!	Установлено слишком малое значение начального давления	Увеличить начальное давление

## Ограничения использования

Разработчик программы требует выполнения следующих ограничений:

- использование программы при наличии одной лицензии допустимо исключительно одним пользователем;
- передача программы третьим лицам, покупка программы на сторонних ресурсах, кроме ресурсов-партнеров ООО "ИТМ Инвест" (указаны на сайте автора) не допускаются и запрещены;

- запрещается производить дезасемблирование программы и иные несанкционированные разработчиком изменения либо дополнений программы;

### **Требования безопасного использования**

Обязательно ознакомьтесь с данным разделом, прочтите его внимательно. Соблюдая требования, описанные в данном разделе, обеспечивается безопасное использование программы. Разработчик требует обязательного исполнения описанных требований.

Данная Программа имеет информационное назначение и предназначена для проведения первичных расчетов.

Данное программное обеспечение не предназначено и не может быть использовано в системах, работающих в опасных средах либо обслуживающих системы жизнеобеспечения, в которых сбой в работе программного обеспечения может создать угрозу жизни людей или повлечь нанесение материального ущерба.