**ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Кафедра «Теплогазоснабжение и вентиляция**»

**Сборник задач**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«Математическое моделирование систем теплогазоснабжения»**

Автор

Тихомиров А.Л.

Ростов-на-Дону, 2022

**Аннотация**

Методические указания для выполнения контрольной работы по дисциплине «Математическое моделирование систем теплогазоснабжения».

Приведены задания к контрольной работе и примеры их выполнения.

Предназначены для студентов магистратуры направления 08.04.01. «Строительство»

**Автор**

к.т.н., доцент кафедры «Теплогазоснабжение и вентиляция»

Тихомиров А.Л.

Оглавление

[1. Алгоритм выбора варианта контрольной работы. Требования к оформлению контрольной работы 4](#_Toc34822531)

[2. Общие указания по выполнению работы 4](#_Toc34822532)

[3. Создание электронной модели температурного поля вокруг одиночного теплопровода 4](#_Toc34822533)

[3.1 Задание 4](#_Toc34822534)

[4.2 Пример выполнения 5](#_Toc34822535)

[4.2.1 Создание слоя тепловой сети 5](#_Toc34822536)

[4.2.2 Ввод объектов сети 6](#_Toc34822537)

[4.2.3 Ввод информации по объектам в базы данных 7](#_Toc34822538)

[4.2.4 Выполнение и оформление задания 8](#_Toc34822539)

[5. Создание электронной модели гидравлического режима системы теплоснабжения 8](#_Toc34822540)

[5.1 Задание 8](#_Toc34822541)

[5.2 Пример выполнения 9](#_Toc34822542)

[6. Создание электронной модели теплового режима помещения 11](#_Toc34822543)

[6.1 Задание 11](#_Toc34822544)

[6.2 Пример выполнения 11](#_Toc34822545)

[6.2.1 Цель создания модели 11](#_Toc34822546)

[6.2.2 Выполнение расчетов 12](#_Toc34822547)

[6.2.3 Просмотр результатов расчетов 14](#_Toc34822548)

[Список литературы 16](#_Toc34822549)

[Приложение А 17](#_Toc34822550)

1. Алгоритм выбора варианта контрольной работы. Требования к оформлению контрольной работы

Вариант задания для каждого раздела методического указания принимается из таблицы заданияв строке, соответствующей последней цифре номера зачетной книжки. При выполнении задания используется пример в соответствующем разделе.

Контрольная работа выполняется на листах бумаги формата А4.

Шрифт текста Times New Roman 14. Титульный лист выполняется в соответствии с приведенным образцом (Приложение А).

2. Общие указания по выполнению работы

Данная контрольная работа включает наиболее характерные задачи моделирования в системах теплогазоснабжения. В качестве инструмента для разработки электронных моделей предлагается ELCUT - интегрированная диалоговая система программ, позволяющая решать плоские и осесимметричные задачи теплопередачи (расчет температурных полей) и геоинформационная система Zulu8.

1. Создание электронной модели температурного поля вокруг одиночного теплопровода

3.1 Установка ELCUT

Студенческая версия ELCUT свободно загружаемая с сайта [www.elcut.ru](http://www.elcut.ru) запакована в один файл - программу установки. В этом случае для установки ELCUT сохраните полученную программу установки во временную папку на вашем жестком диске. Затем найдите во временной папке программу установки и запустите её.

В левой части окна программы автозапуска расположено меню. При наведении курсора на пункт меню, в нижней части окна появляется краткое описание этого пункта. Чтобы запустить выполнение команды, связанной с выделенным пунктом меню, дважды щелкните по нему левой кнопкой мыши или нажмите на кнопку Старт, расположенную в правом нижнем углу.

В меню программы автозапуска присутствуют следующие действия:

* Посмотреть ReadMe (пункт Введение):
* Просмотреть руководство пользователя (пункт Читать руководство):
* Ознакомиться с уроками по ELCUT (пункт Учебный класс);
* Найти нашу контактную информацию (пункт Свяжитесь с нами);
* Установить ELCUT.

Начиная работу, программа установки ELCUT предлагает просмотреть условия лицензионного соглашения. Для продолжения установки их необходимо принять. Тогда становятся доступными кнопки Установить и Дополнительно. В большинстве случаев рекомендуется нажать кнопку Установить для автоматической установки всех компонентов ELCUT в папку, предлагаемую по умолчанию.

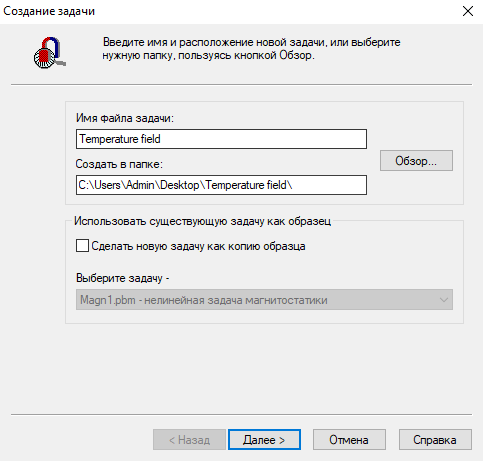
3.2 Задание

3.3 Пример решения задачи в ELCUT

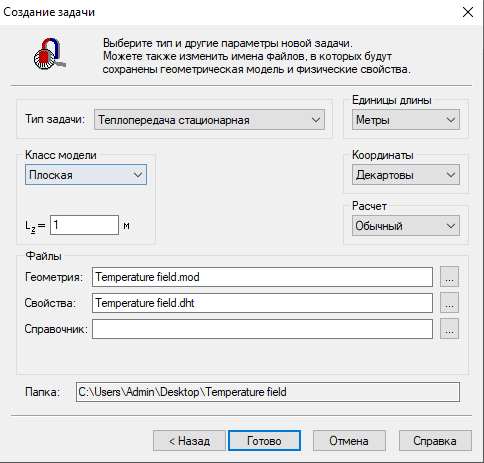
**Этапы моделирования**

1. Выбор типа задачи и файлов модели
2. Задание геометрии модели
3. Задание физических свойств
4. Решение и анализ результатов

Чтобы создать задачу, выберите **Файл – Создать задачу**

Введите имя задачи и папки для хранения файлов

Выберите тип и другие параметры задачи



**Создание геометрической модели**

Создание модели состоит из трех основных этапов:

1. Ввод геометрических объектов;
2. Задание свойств сред и граничных условий;
3. Построение сетки конечных элементов во всех блоках, входящих в расчетную область.

Для построения модели:

- выбрать в главном меню **Правка - Режим вставки.**

На оси **У** на отметке -1,8 м двойным щелчком ЛКМ установить **Вершину** с координатами (-1,8, 0).

- Нажать кнопку **Выделение объектов** и щелчком ЛКМ сделать вершину активной (окрасится в красный цвет);

- на панели инструментов нажать кнопку **Добавить фигуру**;

- на появившейся панели **Добавить фигуру** выбрать фигуру **Круг**. В поле **Позиция** уже занесены координаты **Х=**0, **У**= -1.8, угол=0.

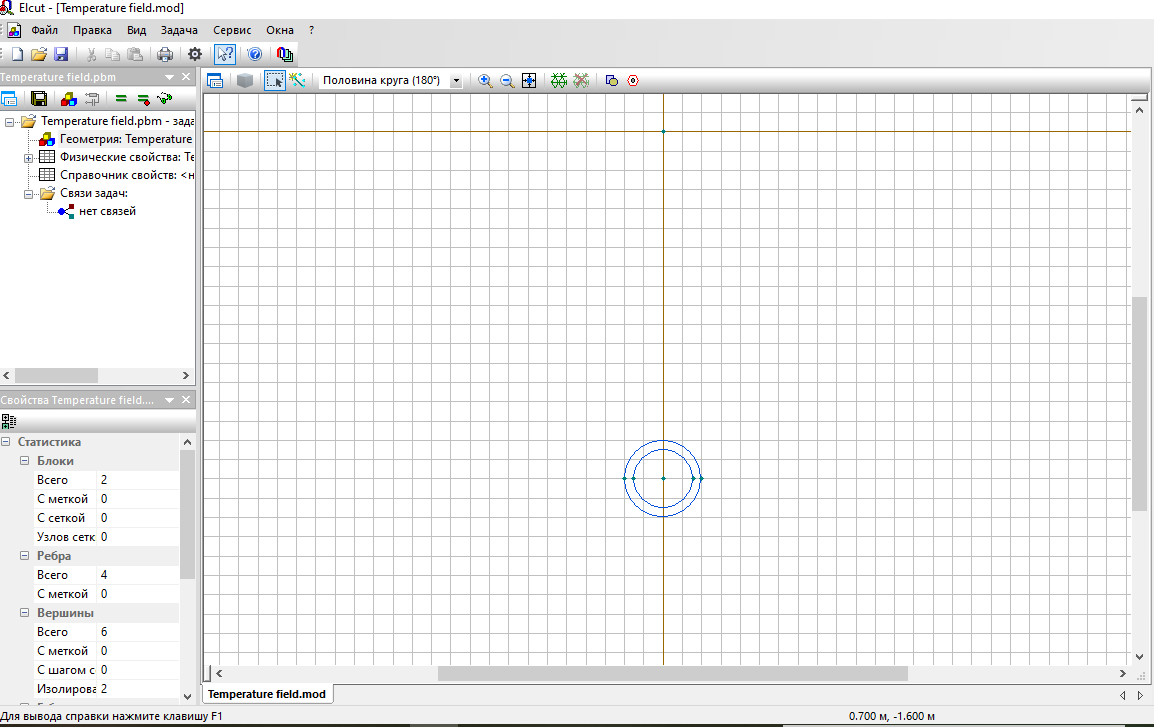
- в поле **Размер** введите **d=**0.3;

**Внимание**

При вводе числовых значений разделителем целой и дробной частей должна быть **точка.**

- нажмите кнопку **Добавить.** Получили изображение круга.

Повторите все действия, изменив **d** на0.4. Получили изображение сечения трубы с нанесенным слоем изоляции толщиной 0,05м.

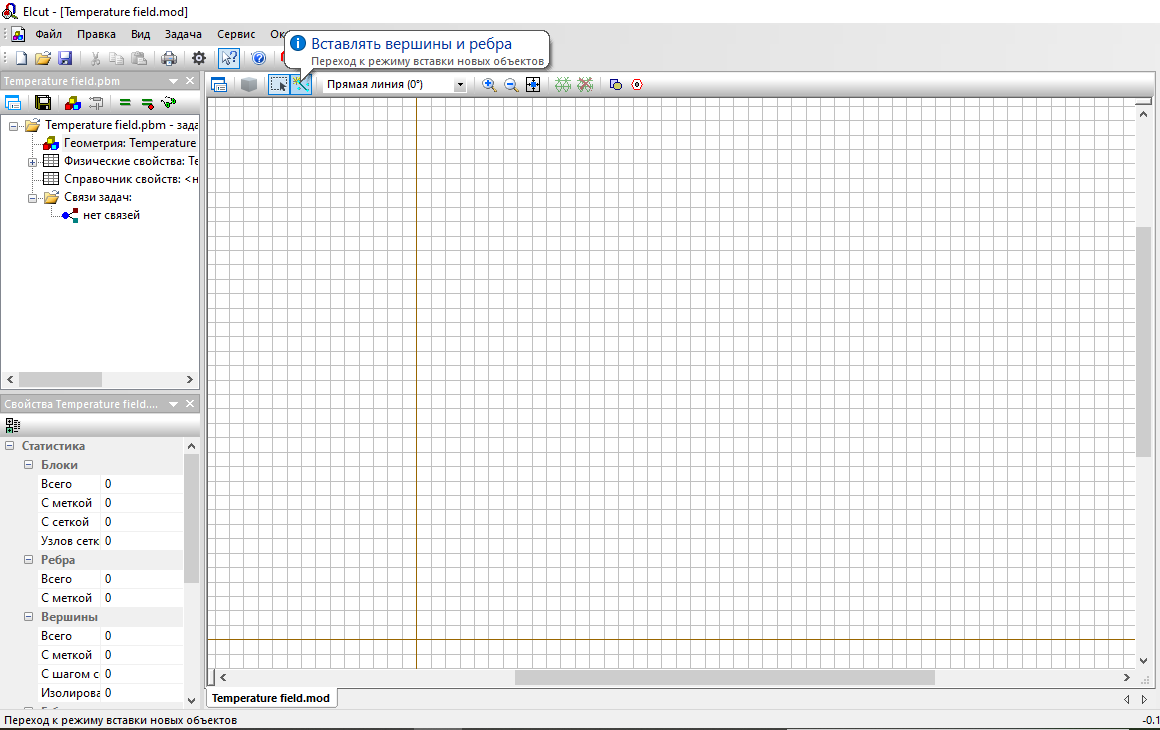


В режиме **Вставка,** используя прямые линии, рисуем симметрично относительно оси **У** прямоугольник, размером 10 на 5 метров (массив грунта вокруг теплопровода).

**Привязка меток к геометрическим объектам**

Соответствие между геометрическими элементами модели и приписанными им свойствами материалов, граничными условиями и источниками поля устанавливается с помощью меток. Чтобы привязать метку к объекту:

1. Выделите объект.
2. Выберите команду **Свойства** из меню **Правка** или контекстного меню.
3. Введите метку в соответствующем поле диалога и нажмите кнопку **ОК.**



Temperature field

3.2 Задание

Таблица 3.1

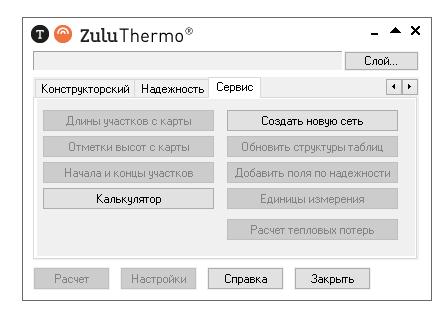
|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Шифр | Длина  уч-ка, м | Диаметр  уч-ка, м | Нагрузка  отопления  Гкал/ч | Нагрузка  ГВС  Гкал/ч |
| 1 | 100 | 0,069 | 0,3 | 0,05 |
| 2 | 150 | 0,081 | 0,4 | 0,07 |
| 3 | 200 | 0,1 | 0,7 | 0,08 |
| 4 | 250 | 0,125 | 1 | 0,09 |
| 5 | 300 | 0,069 | 0,35 | 0,05 |
| 6 | 350 | 0,081 | 0,45 | 0,07 |
| 7 | 400 | 0,1 | 0,75 | 0,08 |
| 8 | 450 | 0,125 | 1,1 | 0,09 |
| 9 | 500 | 0,081 | 0,5 | 0,07 |
| 0 | 550 | 0,1 | 0,8 | 0,08 |

4.2 Пример выполнения

4.2.1 Создание слоя тепловой сети

Для создания слоя инженерной сети проделайте следующее:

- в меню **Задачи** выберите пункт **Zulu Thermo**;

- в появившемся диалоговом окне на вкладке **Сервис** нажмите кнопку **Создать** 

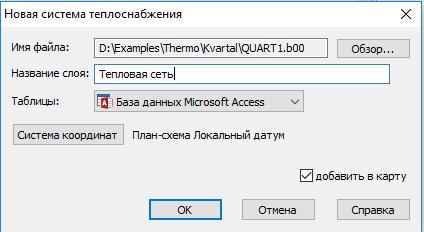
**Рисунок 4.1 Диалоговое окно Теплогидравлические расчеты. Вкладка Сервис**

В открывшемся стандартном окне укажите диск и каталог для создаваемого слоя. В строке **Имя файла** введите латинскими буквами имя файла слоя и нажмите кнопку **Сохранить**. *Слой сети необходимо создавать в отдельной папке.*

В строке **Название слоя** введите пользовательское название слоя – любую последовательность любых символов, которая будет использоваться системой в дальнейшем для идентификации данного слоя.

Выберите систему координат с помощью кнопки **Система координат**. При работе с картой, выполненной в план-схеме (локальный датум), этот пункт следует пропустить.

Для автоматического добавления слоя в карту, установите флажок  **Добавить в карту**



**Рисунок 4.2 Диалоговое окно Новая система теплоснабжения**

Нажмите кнопку **ОК**. В указанной папке будет создан файл слоя и файлы структуры слоя **–** баз данных, элементов и т.д. Названия файлов структуры слоя начинаются с символов названия файла слоя (без расширения).

После выполнения всех операций будет создан слой, уже содержащий файлы графической базы данных с типовой структурой, таблицы и описатели семантической информации для каждого типового объекта.

**Примечание**

Слой инженерной сети всегда создавайте в отдельной пустой папке. При работе с локальными таблицами система Zulu использует программные средства, для которых нежелательно присутствие символов кириллицы в пути к файлам. Поэтому имя папки для создания инженерной сети должно содержать только латинские символы.

4.2.2 Ввод объектов сети

Перед нанесением схемы тепловой сети необходимо включить режим редактирования слоя инженерной сети. Для включения режима редактирования следует:

- выбрать пункт главного меню **Карта /Редактор слоя**;

- в списке слоев карты выбрать слой с тепловой сетью и нажать кнопку **ОК**.

Нанесение схемы тепловой сети удобно начать с нанесения источника тепловой энергии. Для этого следует нажать кнопку выбора  и выбрать объект для ввода **Источник включен**.Затем при нажатой кнопке выбора  выбрать **Участок включен**. Начальный объект уже установлен на карте, участок надо к нему присоединить. Для этого нужно подвести курсор к центру объекта и нажать левую клавишу мыши. Если присоединение к узлу прошло успешно, то первая точка участка будет зафиксирована, и можно продолжить ввод остальных точек участка.

**Примечание**

Никакого всплывающего окна при этом появляться не должно. Всплывающее окно в данном случае означает, что привязки к объекту не произошло и следует повторить попытку привязаться к объекту.

После того, как задана начальная точка участка, можно продолжить его ввод, последовательно задавая точки поворота. Для этого надо подвести курсор к точке на карте, соответствующей точке поворота, и зафиксировать ее нажатием левой клавиши мыши. После того, как точки поворота введены или при их отсутствии, можно завершить ввод участка. В конце участка обязательно должен быть узловой объект. Если для данного участка такой объект предварительно нанесен не был, то участок можно завершить в произвольной точке. Для этого нужно подвести курсор в точку карты, соответствующую будущему концу участка и дважды щелкнуть левой клавишей мыши. После этого редактор попросит указать тип конечного узла. На экране появится список объектов слоя с учетом их возможных режимов работы. Из списка нужно выбрать объект, в котором будет заканчиваться участок (например, потребитель, тепловая камера и т.д.)

* + 1. Ввод информации по объектам в базы данных

Для введения информации по каждому элементу системы создаваемой электронной модели следует выполнить следующее:

- войти в режим информации, для этого нажать на панели инструментов кнопку ;

- сделать активным слой, по которому надо получить информацию;

- сделать щелчок левой кнопкой мыши на объекте активного слоя, после чего выполнится запрос к базе данных по ключу, равному идентификатору выделенного элемента, и откроется окно семантической информации, содержащее результаты запроса.

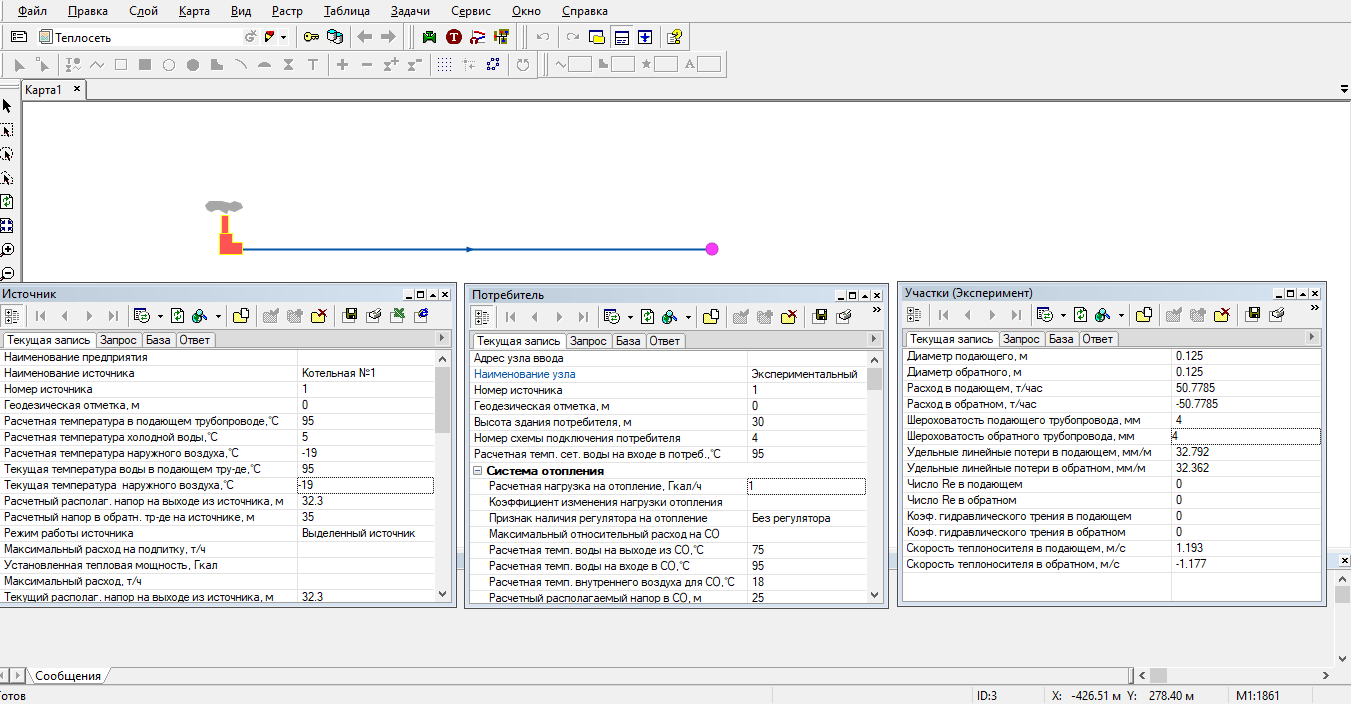
- заполнить необходимую информацию по объекту;

- сохранить введенную информацию.

4.2.4 Выполнение и оформление задания

Проделайте вышеописанные действия, описывая их в тексте контрольной работы. В результате, на экране будет создана простейшая система теплоснабжения, состоящая из источника тепла, участка трубопровода (тепловая сеть) и абонента.

Сделать скриншоты изображений созданной системы и баз данных всех элементов системы. Поместите их в текст работы. На рисунке 4.3 приведены примеры скриншотов.



**Рисунок 4.3 Примеры скриншотов системы**

1. Создание электронной модели гидравлического режима системы теплоснабжения
   1. Задание

Таблица 5.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Шифр** | **Начало участка** | **Конец участка** |
| 1 | Котельная | ул. Пушкинская, 18 |
| 2 | Котельная | ул. Пушкинская, 21 |
| 3 | Котельная | ул. Пушкинская, 22 |
| 4 | Котельная | ул. Пушкинская, 24 |
| 5 | Котельная | ул. Пушкинская, 27 |
| 6 | Котельная | ул. Пушкинская, 3 |
| 7 | Котельная | ул. Лермонтова, 24 |
| 8 | Котельная | ул. Лермонтова, 14 |
| 9 | Котельная | ул. Гоголя, 6 |
| 0 | Котельная | ул. Гоголя, 9 |

5.2 Пример выполнения

Одним из незаменимых инструментов анализа гидравлического режима тепловой сети является пьезометрический график, поскольку графическая интерпретация позволяет одновременно качественно и количественно определить гидравлические параметры сети.

Для построения графика используем пример из коллекции Zulu 8.

Для этого необходимо:

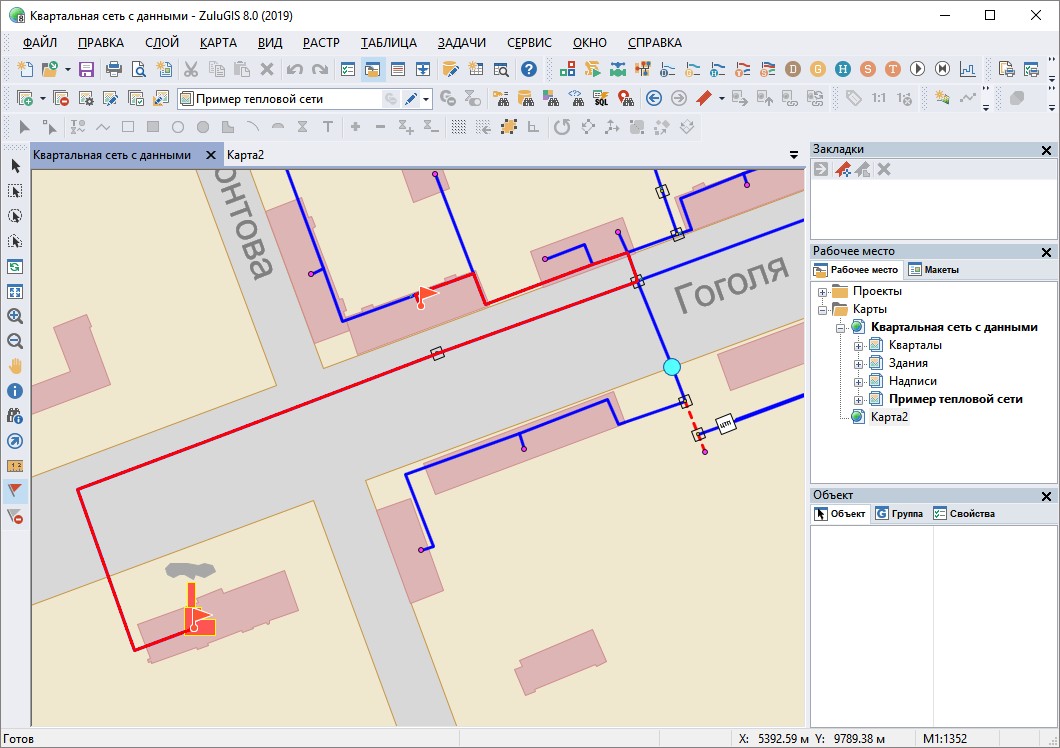
- перейти в папку с установленной системой Zulu 8;

- раскрыть папку **Examples;**

- войти в папку **Thermo;**

- раскрыть папку **Kvartal;**

- двойным щелчком левой кнопки мыши запустить файл **TeploNet.zmp**.

В окне системы раскроется изображение, приведенное на рисунке 5.1.

**Рисунок 5.1. Общий вид системы**

Для построения пьезографика нужно отметить путь на тепловой сети, для которого этот график будет построен. Чтобы построить пьезографик:

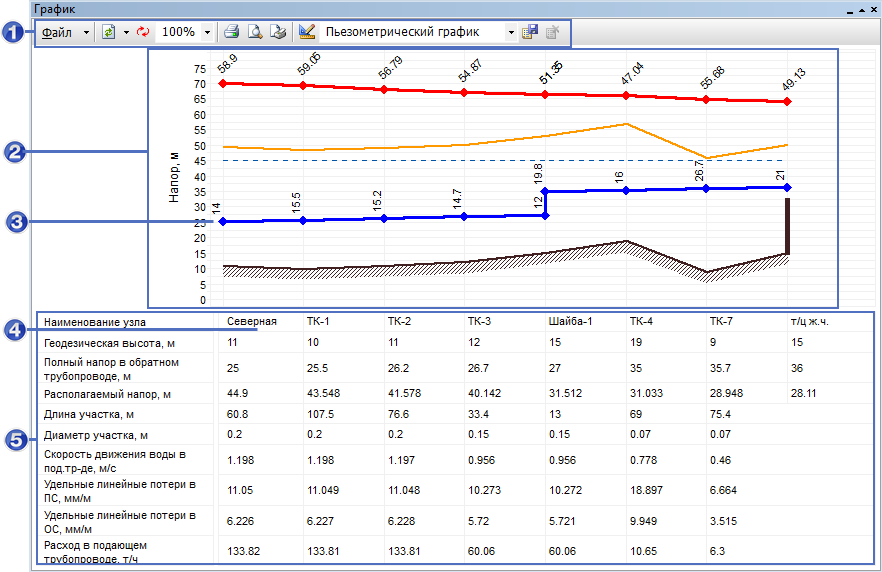
- На панели навигации (слева) нажмите кнопку выбора флагов ;

- отметьте на плане флагами начало и конец пути, по которому будет построен график. Для этого подведите курсор мыши к начальному объекту (в нашем случае источнику), нажмите левую кнопку мыши;

- подведите курсор к конечному узлу (потребителю из задания) и сделайте двойной щелчок левой кнопкой мыши. После чего выбранный маршрут для построения графика высветится красным цветом;

- на панели инструментов нажмите кнопку .

Получите изображение пьезометрического графика (рисунок 5.2), на котором изображено:



**Рисунок 5.2 Пьезометрический график**

1. Панель инструментов пьезометрического графика
2. Область графика
3. Обозначение объекта тепловой сети на графике
4. Ячейка с наименованием объекта указанным выше на графике
5. Область табличных данных

Условные обозначения:

- линия давления в подающем трубопроводе красным цветом;

- линия давления в обратном трубопроводе синим цветом;

- линия поверхности земли пунктиром;

- линия статического напора голубым пунктиром;

- линия давления вскипания оранжевым цветом.

Сделать скриншот пьезометрического графика и привести в тексте работы.

1. Создание электронной модели теплового режима помещения

6.1 Задание

Таблица 6.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Шифр** | **Адрес абонента** | **Температура в помещении оС** |
| 1 | ул. Пушкинская, 18 | 18 |
| 2 | ул. Пушкинская, 21 | 19 |
| 3 | ул. Пушкинская, 22 | 20 |
| 4 | ул. Пушкинская, 24 | 21 |
| 5 | ул. Пушкинская, 27 | 18 |
| 6 | ул. Пушкинская, 3 | 19 |
| 7 | ул. Лермонтова, 24 | 20 |
| 8 | ул. Лермонтова, 14 | 21 |
| 9 | ул. Гоголя, 6 | 18 |
| 0 | ул. Гоголя, 9 | 19 |

6.2 Пример выполнения

6.2.1 Цель создания модели

Создание модели производится на основе примера квартальной сети папки Thermo. Задачей создаваемой модели является определение минимально необходимой температуры теплоносителя на выходе из источника для обеспечения у выбранного потребителя температуры внутреннего воздуха не ниже расчетной. Температурный график строится для отопительного периода с интервалом 10 С.

Для создания модели используем пример из коллекции Zulu 8.

Для этого необходимо:

- перейти в папку с установленной системой Zulu 8;

- раскрыть папку **Examples**;

- войти в папку **Thermo**;

- раскрыть папку **Kvartal**;

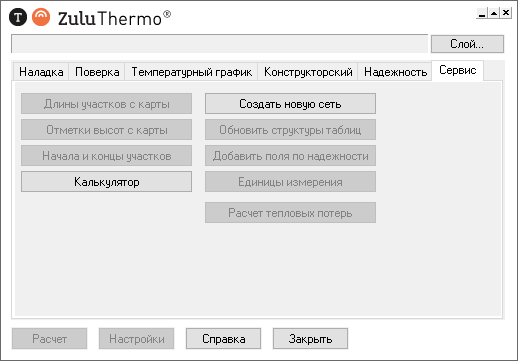
- двойным щелчком левой кнопки мыши запустить файл **TeploNet.zmp**.

В окне системы раскроется изображение, приведенное на рисунке 5.1.

6.2.2 Выполнение расчетов

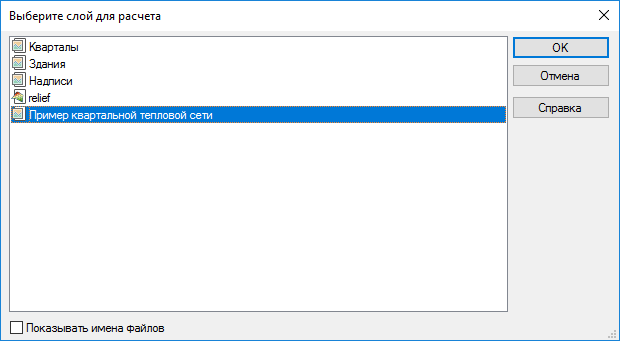
Для запуска расчета температурного графика тепловой сети:

- выполните команду главного меню **Задачи/ZuluThermo** панели инструментов. Откроется панель теплогидравлических расчетов;

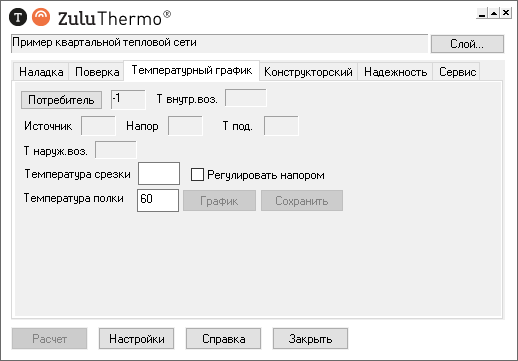


**Рисунок 6.1 Окно диалога теплогидравлических расчетов**

- нажмите кнопку **Слой…,** выберите слой тепловой сети в открывшемся диалоге и нажмите кнопку **ОК** чтобы подтвердить выбор и закрыть диалог;



**Рисунок 6.2 Диалог выбора слоя**



**Рисунок 6.3 Вкладка «Температурный график» диалога**

**теплогидравлических расчетов**

- выберите вкладку **Температурный график**;

- нажмите кнопку **Выделить** панели навигации и выберите потребителя тепловой сети для которого будет производится расчет (см. задание), щелкнув по нему левой кнопкой мыши (слой при этом должен быть активным;

- нажмите кнопку **Потребитель** панели теплогидравлических расчетов;

- задайте необходимые параметры расчета (температуру внутреннего воздуха по заданию);

• **Температура срезки** - данное поле не заполняется;

• **Регулировать напором** – данное поле не заполняется;

• **Температура полки –** указывается минимальная температура теплоносителя в подающем трубопроводе. Для закрытых систем теплоснабжения – не менее 70 0 С, для открытых систем теплоснабжения – не менее 60 0 С;

- нажмите кнопку **Расчет**. Для просмотра рассчитанного температурного графика нажмите кнопку **График**.

6.2.3 Просмотр результатов расчетов

Рассчитанные данные выводятся в поле сообщений в виде ряда из девяти значений, разделенных между собой запятой.

Значения расположены в следующей последовательности:

1.Температура наружного воздуха

2.Температура теплоносителя в подающем трубопроводе

3. Температура теплоносителя в обратном трубопроводе

4.Температура воздуха внутри помещения

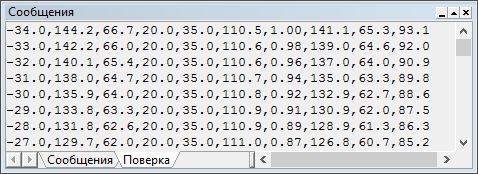
5.Располагаемый напор на источнике, м

6.Суммарный расход сетевой воды в подающем трубопроводе, т/ч

7.Относительный расход воды на систему отопления

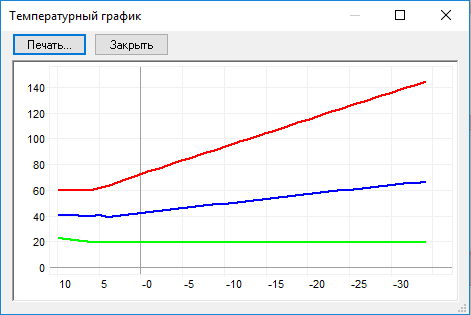
8.Температура на входе в систему отопления

9.Температура на выходе из системы отопления



**Рисунок 6.4 Результаты расчета температурного графика**

Для просмотра температурного графика по результатам расчета в виде диаграммы нажмите на панели теплогидравлических расчетов кнопку **График.** Диаграмму температурного графика можно распечатать, нажав кнопку **Печать**.



**Рисунок 6.5 Температурный график по результатам расчета**

На температурном графике отображаются:

• ось абсцисс – температура наружного воздуха

• ось ординат – температура теплоносителя

• температура теплоносителя в подающем трубопроводе – линия красного цвета

• температура теплоносителя в обратном трубопроводе – линия синего цвета

• температура воздуха в помещении – линия зеленого цвета

Сделать скриншоты:

- база данных Потребитель;

- результаты расчета температурного графика;

- температурный график по результатам расчета

и привести в тексте работы.

Список литературы

1. ftp://ftp.politerm.com.ru/

Приложение А



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

Факультет «Отдел магистратуры»

наименование факультета

Кафедра «Теплогазоснабжение, климатехника и альтернативные энергоустановки»

наименование кафедры

**Контрольная работа**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

**«Математическое моделирование систем теплогазоснабжения»**

Направление подготовки 08.04.01 «Строительство»

код и наименование направления подготовки

Направленность (профиль) «Теплогазоснабжение и вентиляция»

наименование направленности (профиля)

Обучающийся

Группа

№ зачетной книжки

Работу проверил

\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

уч. степень уч. звание подпись, дата И.О.Ф.

Ростов-на-Дону

2022