

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛНОТЕЛОЙ ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSYS

А. Н. Волков

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республики Беларусь

Научный руководитель Над. Влад. Грунтович

Разработка имитационной модели трубопроводной сети осуществляется для оценки текущего состояния энергоэффективности и прогнозирования.

Для разработки имитационной модели теплопроводной системы использовался прикладной пакет моделирования ANSYS, основанный на методе конечных элементов. С использованием пакета моделирования ANSYS исследованы режимы истечения теплоносителя в трубопроводах, определены тепловые потери, а также температурное поле участка трубопровода.

Первым шагом является создание полнотелой модели трубопроводной системы, которой задаются все нужные нам размеры. Далее на созданную модель (рис. 1, 2) накладывается сетка, необходимая для решения линейных статических задач. Таким образом, для решения данной задачи будет использоваться метод конечных элементов.

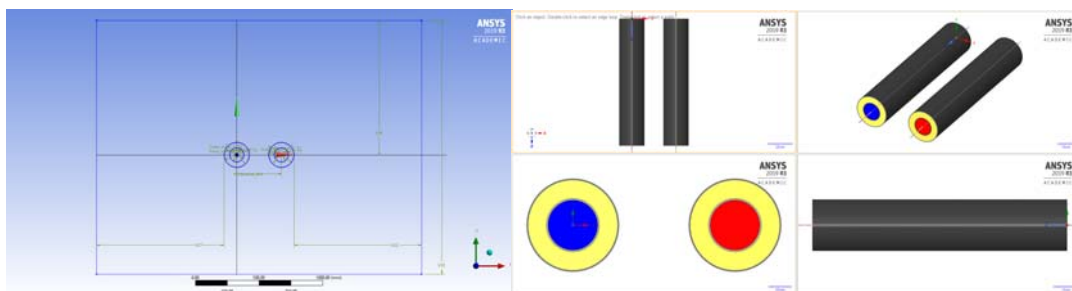


Рис. 1. Геометрические исходные данные модели

Рис. 2. Трехмерная полнотелая модель трубопроводной системы

Метод конечных элементов (МКЭ) – численный метод, предназначенный для решения задач микроуровня, для которого модель объекта задается системой дифференциальных уравнений в частных производных с заданными граничными условиями.

Исследуемая трубопроводная сеть представляет собой подземную сеть с наружным диаметром труб $d_2 = 114,3$ мм (рис. 3), толщиной изоляции трубопроводов $s_{iz} = 42,85$ мм, значением коэффициента теплопроводности ППУ-изоляции (согласно СТБ 2270–2012 «Изделия стальные, предварительно термоизолированные пенополиуретаном») $\lambda_{iz} = 0,033$ Вт \cdot м $^{-1}$ \cdot К $^{-1}$, значением коэффициента теплопроводности грунта $\lambda_z = 1,6$ Вт \cdot м $^{-1}$ \cdot К $^{-1}$, монтажной глубиной трубопроводов $H = 1,06$ м, межосевым расстоянием $s = 0,35$ м.

В данном случае предполагается решение стационарной задачи теплопроводности. Это означает, что усредненный тепловой поток по сетке в земле будет стремиться к нулю, и единственная потеря тепла будет конвекцией и излучением от земли в окружающую среду (воздух). Также предполагается, что поток в трубе полностью развит и температура воды равномерно распределена по поперечному сечению.

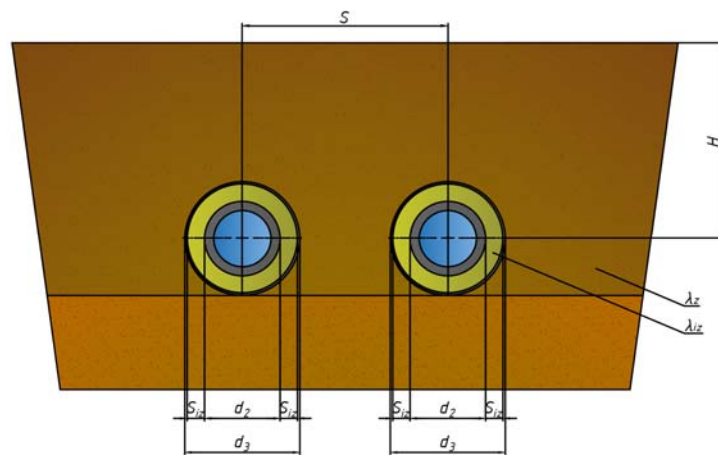


Рис. 3. Рассматриваемая трубопроводная система

Сделаем заметку о том, что значения диаметров, глубины заложения, межосевого расстояния были выбраны в качестве исходных параметров, которые могут быть заданы для каждого конкретного случая (рис. 4).

Модель представляет собой сетку (рис. 5), размерная единица которой задается непосредственно в программе. Следует помнить, что слишком большая модель может требовать больших вычислительных мощностей, учитывая то, что размеры сетки должны быть достаточно малы для определения различных слоев изолированных трубопроводов. На этих границах предполагается, что температура грунта не зависит от тепла из трубы, что означает, что тепловой поток на этих границах равен нулю и что единственный тепловой поток в системе находится на границе между землей и воздухом. Этот тепловой поток представляет собой комбинированное тепловое излучение и конвекцию. Также граничные условия задаются на внутренней стороне трубопроводов при постоянной температуре.

Outline of schematic A.0: Parameters			
ID	Parameter Name	Value	Unit
Input Parameters			
Fluid Flow (Fluent) (A.0)			
P11	Temperature_T2	70	C
P12	Temperature_T1	55	C
P13	Ambience_temperature	25	C
P28	Outer_D_T2	200	mm
P29	Outer_inner_D_T2	193,6	mm
P30	Inner_D_T2	107,1	mm
P31	Inner_outer_D_T2	114,3	mm
P32	Interaxial_dist	300	mm
P33	Outer_D_T1	200	mm
P34	Outer_inner_D_T1	193,6	mm
P35	Inner_outer_D_T1	114,3	mm
P36	Inner_D_T1	107,1	mm
P37	Depth	3060	mm
New output parameter			
Output Parameters			
Fluid Flow (Fluent) (A.0)			
P17	temp_op-op	311,03	K
P26	flux_i2-op	-30,029	W m ⁻²
P27	flux_i1-op	34,526	W m ⁻²
New output parameter			
Charts			

Рис. 4. Параметрическое задание исходных данных в системе ANSYS

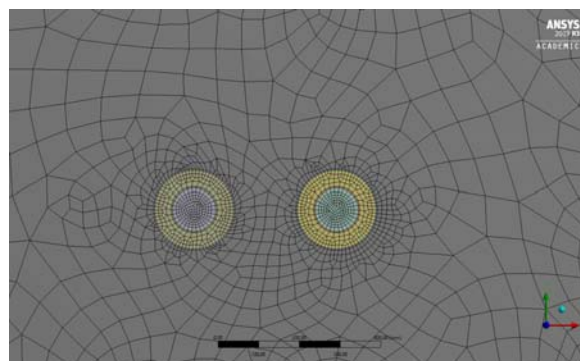


Рис. 5. Сетка изучаемой трубопроводной системы

Общая теплопередача от земли к воздуху характеризуется излучением и конвекцией. Как правило, тепловая конвекция делится на принудительную и естественную конвекции, которые в свою очередь зависят от температуры окружающей среды и земли (грунта, песка). Естественная конвекция вызвана разницей температур по-

верхности земли и окружающего ее воздуха. Принудительная конвекция в данном случае будет вызвана потоками ветра. Величина естественной конвекции во много раз превышает величину принудительной конвекции, поэтому в рамках данной задачи величиной принудительной конвекции можно пренебречь. Теплообмен излучением характеризуется множеством переменных, поэтому для вычисления теплового потока от земли к воздуху потребуется учесть: температуру наружного воздуха, интенсивность солнечной радиации, падение тени, скорость ветра, тип поверхности (почва, трава и т. д.). Исходя из вышеперечисленного, условимся, что суммарный тепловой поток от земли к воздуху равен $14,6 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [1].

Теперь, когда все граничные условия установлены, пакет ANSYS будет искать решение, при котором градиент температуры всех отдельных элементов сетки почти постоянен, или тепловой поток во всех элементах сетки стремится к нулю. Это называется стационарным решением. На рис. 6 представлен результат распределения температуры в установившемся состоянии, при котором линейный тепловой поток будет проходить через верхнюю плоскость от земли к воздуху. Это и будут суммарные теплотери от подающего и обратного трубопроводов. Эти расчеты выполняются несколько раз, изменяя температуру грунта, температуру теплоносителя и теплопроводность грунта.

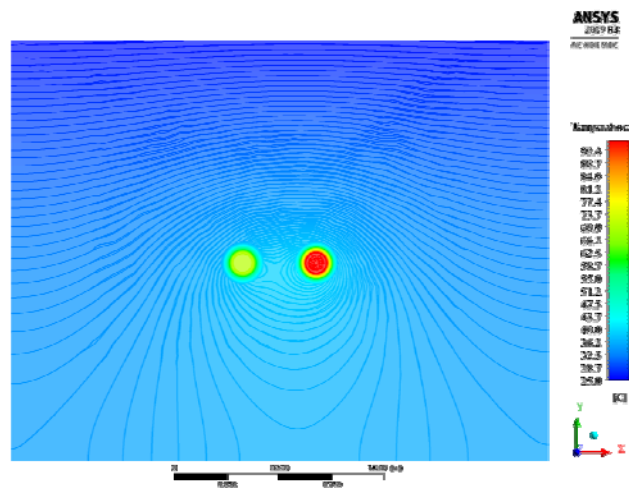


Рис. 6. Распределение температуры при графике 95/70 °С и при температуре наружного воздуха +25 °С

К достоинствам разработанной имитационной модели следует отнести:

1. Высокая наглядность и информативность результатов (возможность представления результатов исследования в виде графиков, диаграмм, таблиц, рисунков, видеоклипов).
2. Многозадачность программного обеспечения ANSYS.
3. Параметрическое задание исходных данных.

Литература

1. Verification of pollutant creation model at dendromass combustion / M. Čarnogurská [et al.] // Journal of Mechanical Science and Technology. – 2012. – P. 4161–4169.