$$\theta_m = \frac{\theta 1 - \theta 2}{ln\frac{\theta 1}{\theta 2}}$$

2.8. Температура газа на выходе АВО из уравнения теплового баланса

Для более полной характеристики рассматриваемого вопроса была изучена работа Степанова О.А. «Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения». Если вышеуказанный алгоритм определяет температуру газа на выходе АВО, то в методике Степанова О.А. вычисляется поверхность теплообмена и сравнивается с фактической наружной поверхности АВО.

Методика Степанова О.А. [2] состоит из 4 основных глав:

1. Уравнение теплового баланса
2. Определение коэффициента теплопередачи
3. Вычисление температуры средней разности процесса теплопередачи
4. Определение из уравнения теплопередачи площадь теплообмена

Результат расчета должен быть приблизительно равен площади фактической наружной поверхности АВО. Расхождение расчетной и известной поверхностей теплообмена должно не более 5%. В случае расхождения расчетного значения с исходным более 5% повторяем расчет до достижения сходимости результатов с заданной точностью. Для этого подбираем второе значение температуры, а при необходимости третье и т.д.

В заключении, в основе теплового расчета теплообменного аппарата двух методик лежит уравнения теплового баланса. Используя вышеуказанные алгоритмы, мы можем делать тепловой расчет АВО. Однако, работа рассматривает лишь один из аспектов проблемы. В дальнейшем, исследования в этом направлении должны быть продолжены, так как необходимо изучить и гидравлический расчет АВО.

Список использованных источников

1. С.А.Сарданашвили. Расчетные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа)., Москва, 2005., С. 196-204.
2. Степанов О.А. Тепловой и гидравлический расчет теплообменного аппарата воздушного охлаждения методические указания

УДК 532.529

РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ДВИЖЕНИЯ ГАЗА ПО ТРУБОПРОВОДУ

Жұмағұлов Марғулан Қуанышұлы

zh.k.markus@gmail.com

Студент 4-го курса кафедры математического и компьютерного моделирования ЕНУ им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – Б.С.Шалабаева

Для решения задачи движения газа по трубопроводу мы составим систему дифференциальных уравнений: уравнение сохранения количества движения, уравнение сохранения температуры, уравнений сохранений массы и уравнение состоянии [1].

$$\begin{cases} \rho\left(\dfrac{\partial u}{\partial t}+u\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)=\mu\dfrac{\partial^2 y}{\partial x^2}-\dfrac{\partial P}{\partial x} \\ \rho\left(\dfrac{\partial T}{\partial t}+u\dfrac{\partial T}{\partial x}\right)=\chi\dfrac{\partial^2 T}{\partial x^2}-\mu\left(\dfrac{\partial u}{\partial x}\right)^2-P\dfrac{\partial u}{\partial x} \\ \dfrac{\partial \rho}{\partial t}+\dfrac{\partial}{\partial x}(\rho u)=0 \\ P=\rho RTZ \end{cases}$$

Система дифференциальных уравнений для решения задачи движения газа в трубопроводе в случае изменения по времени скорости, температуры и давления. Система уравнений дополняется соответствующими начальными и граничными условиями в зависимости от постановки задачи [2].

Вводим сетку:

$$t \in [0,t];\ x \in [0,l] \Rightarrow Q = [0,t] \times [0,l]$$

$$Q = \{t_n = n\tau, x_i = ih;\ n = \overline{0,N}, m = \overline{0,M}\}$$

Для решения системы дифференциальных уравнений мы используем метод потоковой прогонки. [2], [3].

Возьмем временной отрезок от 0 до 1с, а длину от 0 до 1м.

$$N = \frac{\Delta t}{\tau} = |\Delta t = t_2 - t_1 = 1c| = \frac{1}{\tau} = 50 \Rightarrow \tau = 0.02\text{с}$$

$$M = \frac{l}{h} = \frac{1}{h} = 100 \Rightarrow h = 0.01\text{м}$$

$$x_i = i \cdot h;\ i = \overline{1,M}. \qquad t_n = n \cdot \tau;\ \tau = \overline{0,N}.$$

Начальные данные u_i^0, T_i^0, ρ_i^0 задаются соответствующими распределениями. Данные для начального слоя давлении определяются по формуле $P_i^0 = \rho_i^0 \cdot R_{\text{газ}} \cdot T_i^0 \cdot z$.

$R_{\text{газ}}$ – универсальная постоянная газа: $R_{\text{газ}} = \frac{R}{M_{\text{газ}}}, R = 8.3145\ [\text{Дж}/(\text{К} \cdot \text{моль})]$

$M_{\text{газ}}$ – молярная масса газа

z – коэффициент сжимаемости газа

Примечание: μ, ρ, z – определяются из методички.

Теперь составим алгоритм прогонки для каждого компонента.

Алгоритм для скорости.

$$\rho_i^n\left(\frac{u_i^{n+1}-u_i^n}{\tau}+u_i^n \cdot \frac{u_{i+1}^n-u_{i-1}^n}{2h}\right)+\frac{P_{i+1}^n-P_{i-1}^n}{2h}=\mu\frac{u_{i+1}^{n+1}-2u_i^{n+1}+u_{i-1}^{n+1}}{h^2};$$

$$n = \overline{0, N-1}, i = \overline{1, M-1}.$$

Пусть будет $y_i = u_i^{n+1}$. Тогда:

$$\begin{cases} -a_i y_{i-1} + C_i y_i - a_{i+1} y_{i+1} = f_i \\ y_0 - \chi_1 y_1 = \mu_1, \qquad y_M - \chi_2 y_{M-1} = \mu_2 \end{cases}$$

Определим коэффициенты $a_i, a_{i+1}, d_i, f_i, C_i$.

$$C_i = a_i + a_{i+1} + d_i;\ d_i = \rho_i^n,\ d_i > 0;$$

$$a_i = a_{i+1} = \frac{\mu\tau}{h^2},\ a_i > 0;\ |\chi_1| \le 1, |\chi_2| \le 1.$$

$$f_i = u_i^n - \frac{\rho_i^n \cdot \tau \cdot u_i^n}{2h}(u_{i+1}^n - u_{i-1}^n) - \frac{\tau}{2h}(P_{i+1}^n - P_{i-1}^n).$$

Теперь найдем прогоночные коэффициенты.

$$\alpha_1 = a_1(1-\chi_1), \qquad \beta_1 = a_1\mu_1$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{a_i(\alpha_i+d_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}, \quad \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}; \text{(если } a_{i+1} < 1).$$
$$i = \overline{1, M-1}.$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{\alpha_i+d_i}{1+(\alpha_i+d_i)/a_{i+1}}, \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$

После определения всех нужных коэффициентов и переменных, переходим к вычислению значении следующего слоя.

$$y_0 = \chi_1 y_1 + \mu_1$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M + a_M\mu_2}{(1-\chi_2)a_M + \alpha_M\chi_2} \text{ (если } a_{i+1} < 1)$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M/a_M + \mu_2}{1-\chi_2+\alpha_M\chi_2/a_M} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$
$$y_i = \frac{\alpha_{i+1}}{\alpha_i+d_i} y_{i+1} + \frac{f_i - \beta_{i+1} + \beta_i}{\alpha_i+d_i}; \ i = \overline{M-1,1}.$$

Точно таким же образом вычисляем значение температуры и плотности.

Пусть будет $y_i = T_i^{n+1}$. Тогда:

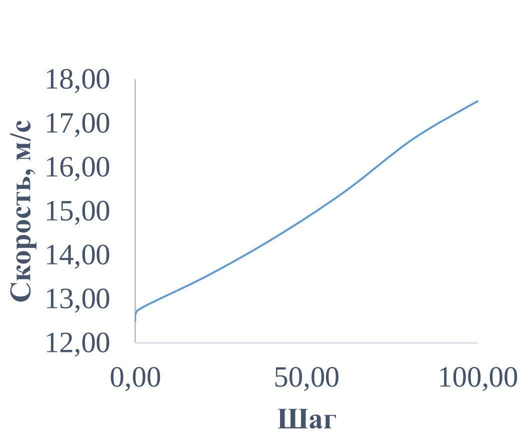
$$\begin{cases} -a_i y_{i-1} + C_i y_i - a_{i+1} y_{i+1} = f_i \\ y_0 - \chi_1 y_1 = \mu_1, \qquad y_M - \chi_2 y_{M-1} = \mu_2 \end{cases}$$
$$C_i = a_i + a_{i+1} + d_i; \quad a_i > 0, d_i > 0.$$
$$d_i = \rho_i^n; \qquad a_i = a_{i+1} = \frac{\chi\tau}{h^2}.$$

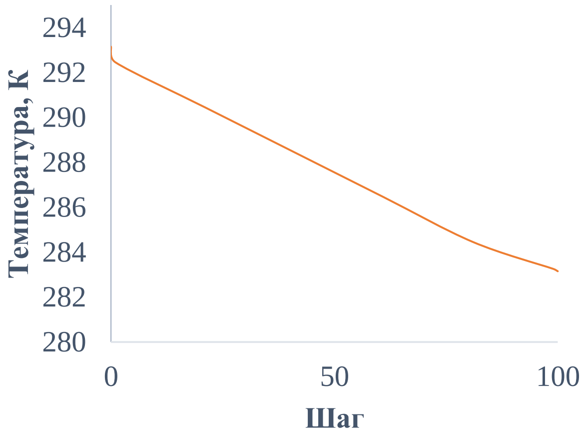
$$f_i = \rho_i^n \cdot T_i^n - \frac{\tau}{2h} \cdot u_i^n \cdot (T_{i+1}^n - T_{i-1}^n) + \frac{\mu\tau}{4h^2} \cdot (u_{i+1}^n - u_{i-1}^n) \cdot (u_{i+1}^{n+1} - u_{i-1}^{n+1}) - \tau \cdot P_i^n \cdot (u_{i+1}^{n+1} - u_{i-1}^{n+1});$$
$$|\chi_1| \leq 1, \ |\chi_2| \leq 1.$$
$$\alpha_1 = a_1(1-\chi_1), \qquad \beta_1 = a_1\mu_1$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{a_i(\alpha_i+d_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}, \quad \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}; \text{(если } a_{i+1} < 1), i = \overline{1, M-1}.$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{\alpha_i+d_i}{1+(\alpha_i+d_i)/a_{i+1}}, \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$
$$y_0 = \chi_1 y_1 + \mu_1$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M + a_M\mu_2}{(1-\chi_2)a_M + \alpha_M\chi_2} \text{ (если } a_{i+1} < 1)$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M/a_M + \mu_2}{1-\chi_2+\alpha_M\chi_2/a_M} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$
$$y_i = \frac{\alpha_{i+1}}{\alpha_i+d_i} y_{i+1} + \frac{f_i - \beta_{i+1} + \beta_i}{\alpha_i+d_i}; \ i = \overline{M-1,1}.$$

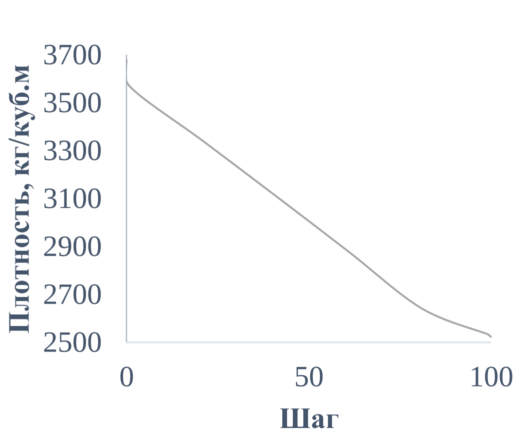
Пусть будет $y_i = \rho_i^{n+1}$. Тогда:

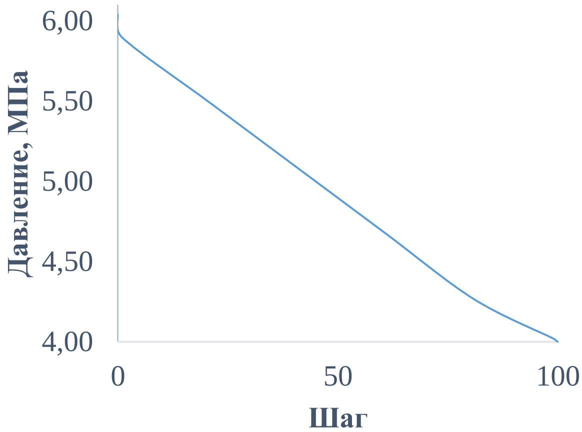
$$\begin{cases} -a_i y_{i-1} + C_i y_i - a_{i+1} y_{i+1} = f_i \\ y_0 - \chi_1 y_1 = \mu_1, \qquad y_M - \chi_2 y_{M-1} = \mu_2 \end{cases}$$
$$C_i = a_i + a_{i+1} + d_i; \quad a_i > 0, d_i > 0.$$
$$d_i = \rho_i^0; \ a_i = a_{i+1} = \frac{\tau}{4h}; \qquad f_i = \rho_i^n - \frac{\tau \cdot \rho_i^n}{2h} \cdot (u_{i+1}^{n+1} - u_{i-1}^{n+1}); |\chi_1| \leq 1, \ |\chi_2| \leq 1.$$
$$\alpha_1 = a_1(1-\chi_1), \qquad \beta_1 = a_1\mu_1$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{a_i(\alpha_i+d_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}, \quad \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i}; \text{(если } a_{i+1} < 1), i = \overline{1, M-1}.$$
$$\alpha_{i+1} = \frac{\alpha_i+d_i}{1+(\alpha_i+d_i)/a_{i+1}}, \beta_{i+1} = \frac{a_{i+1}(f_i+\beta_i)}{a_{i+1}+\alpha_i+d_i} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$
$$y_0 = \chi_1 y_1 + \mu_1$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M + a_M\mu_2}{(1-\chi_2)a_M + \alpha_M\chi_2} \text{ (если } a_{i+1} < 1)$$
$$y_M = \frac{\chi_2\beta_M/a_M + \mu_2}{1-\chi_2+\alpha_M\chi_2/a_M} \text{ (если } a_{i+1} \geq 1)$$
$$y_i = \frac{\alpha_{i+1}}{\alpha_i+d_i} y_{i+1} + \frac{f_i - \beta_{i+1} + \beta_i}{\alpha_i+d_i}; \ i = \overline{M-1,1}.$$

Рассмотрим результаты примера.









Как мы видим, скорость со временем от начала до конца участка возрастает, а температура, плотность и давление уменьшается.

В заключении, используя вышеуказанный алгоритм мы можем решить разные задачи движения газа по трубопроводу. Для автоматизации и смягчении процесса вычисления можно написать программу на компьютерном языке, так как шаг 50 и 100 недостаточны для определения точного результата.

Список использованных источников

1. С.А.Сарданашвили. Расчетные методы и алгоритмы (трубопроводный транспорт газа). Москва. 2005. С. 50-57.
2. А.А.Самарский, Е.С.Николаев. Методы решения сеточных уравнений. Москва. 1978. С. 84-97.
3. А.Г.Князева. Различные варианты метода прогонки. Томск. 2006. С. 9-12.

ОӘЖ 004.42

МІНСІЗ САНДАРДЫ JAVA ТІЛІНДЕ КӨПАҒЫНДЫ БАҒДАРЛАМАЛАУДЫ ҚОЛДАНЫП ӨНДІРУ

Жұмағұлов Марғұлан
zh.k.markus@gmail.com
Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ «Математикалық және компьютерлік модельдеу» мамандығының 4-курс студенті
Ғылыми жетекшісі – А.С.Жумаханова, Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ, «Математикалық және компьютерлік модельдеу» кафедрасының аға оқытушысы