

Алгоритм расчета режима течения в трубе по методике Тайтеля и Даклера.

Для определения режимов течения жидкости по методике Тейтеля и Даклера рассчитывают критерии переходов, которые характеризуют тот или иной режим.

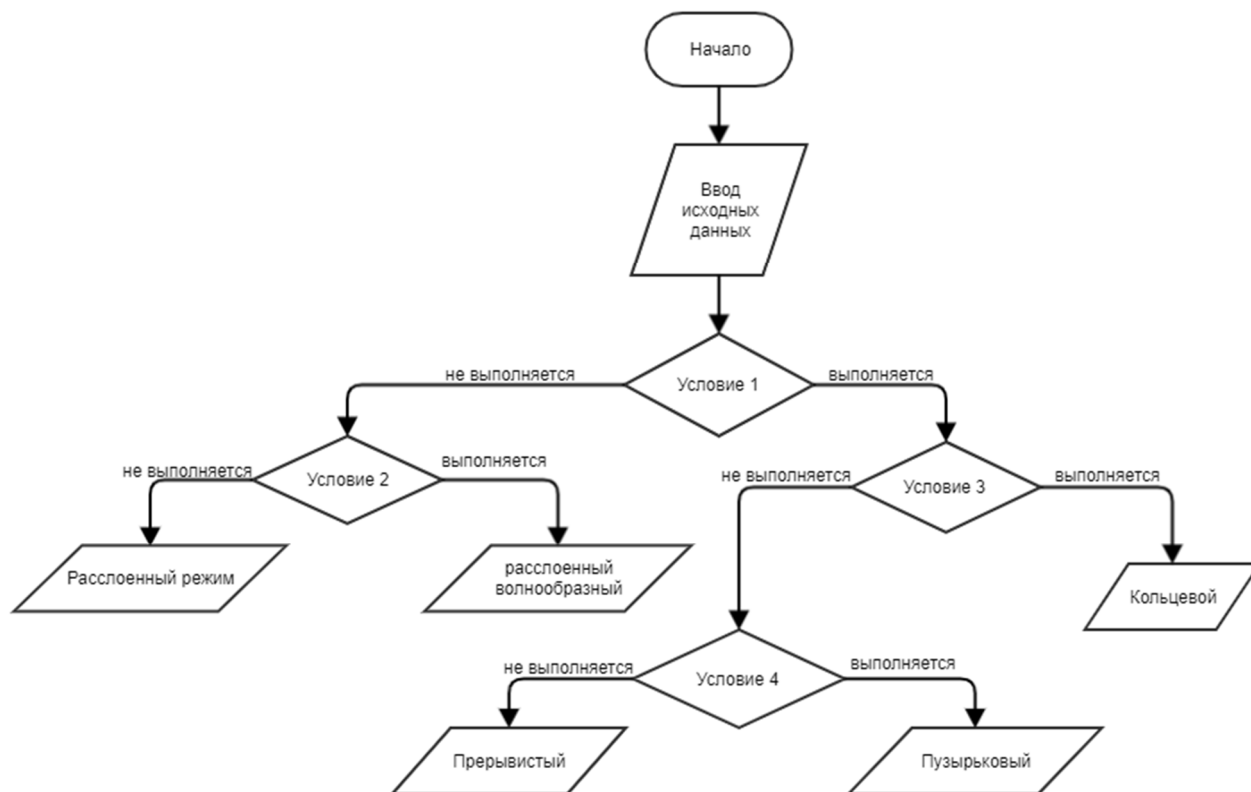


Рисунок 1 – Алгоритм определения режима течения

Исходные данные.

Перед расчетом необходимо определить следующие параметры:

- Внутренний диаметр трубы D ;
- угол наклона трубы к горизонту α ;
- плотность газа ρ_G и жидкости ρ_L ;
- объемный расход газа Q_G и жидкости Q_L ;
- вязкость жидкости ν_L и газа ν_G .

1. Координаты X и Y рассчитываются следующим образом:

$$X = \left[\frac{(dP/dx)_L^S}{(dP/dx)_G^S} \right]^{1/2} \quad (296)$$

$$Y = \frac{(\rho_L - \rho_G)g \sin \alpha}{|(dP/dx)_G^S|} \quad (297)$$

2. Приведенные градиенты давлений $\left(\frac{dP}{dx}\right)^S$ жидкой(L) и газовой(G) фаз рассчитываются:

$$\left(\frac{dP}{dx}\right)_L^S = \frac{-\tau_{wL}^S S + \rho_L A g \sin \alpha}{A} \quad (298)$$

$$\left(\frac{dP}{dx}\right)_G^S = \frac{-\tau_{wG}^S S + \rho_G A g \sin \alpha}{A} \quad (299)$$

где τ_{wL}^S, τ_{wG}^S – приведенные напряжения сдвига жидкой и газовой фазы, Па;
 A – площадь поперечного сечения трубы, м²;
 S – периметр трубы, м.

3. Рассчитываем S – периметры трубы:

$$S = \pi D \quad (300)$$

где D – внутренний диаметр, м:

4. Напряжение сдвига жидкой и газовой фазы находятся по формуле:

$$\tau_{wL}^S = f_L^S \cdot \frac{\rho_L \cdot u_L^{S2}}{2} \quad (301)$$

$$, \tau_{wG}^S = f_G^S \cdot \frac{\rho_G \cdot u_G^{S2}}{2} \quad (302)$$

где f_L^S и f_G^S - приведённые коэффициенты трения для жидкой и газовой фазы;
 u_L^S и u_G^S – приведенные скорости газа и жидкости м/с.

5. Приведённые коэффициенты трения для жидкой и газовой фазы рассчитываются как:

$$f_L^S = C_L \left(\frac{D \cdot u_L^S}{v_L} \right)^{-n} \quad (303)$$

$$f_G^S = C_G \left(\frac{D \cdot u_G^S}{v_G} \right)^{-m} \quad (304)$$

где ν_L и ν_G - вязкость жидкой и газовой фаз, Па·с.

6. Коэффициенты: $C_G = C_L = 0,046$, $n = m = 0,2$ для турбулентного режима и $C_G = C_L = 16$, $n = m = 1,0$ для ламинарного режима.

7. Приведенные скорости газа и жидкости рассчитываются как:

$$u_L^S = \frac{Q_L}{A} \quad (305)$$

$$u_G^S = \frac{Q_G}{A} \quad (306)$$

где Q_L и Q_G – объемный расход газа и жидкости в трубе, м³/с;

A - площадь поперечного сечения трубы, м²;

8. Площадь поперечного сечения трубы находится как:

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \quad (307)$$

9. Режимы для газовой и жидкой фаз определяются числом Рейнольдса:

$$Re_L = \frac{u_L^S D}{\nu_L} \quad (308)$$

$$Re_G = \frac{u_G^S D}{\nu_G} \quad (309)$$

$$Re_{кр} = 2300 \quad (310)$$

Если $Re < Re_{кр}$, то течение ламинарное, если $Re > Re_{кр}$, то – турбулентное.

10. Рассчитываем скорость газа u_G :

$$u_G = \frac{Q_G}{A_G} \quad (311)$$

где Q_G – объемный расход газа в трубе, м³/с;

A_G - площадь поперечного сечения, занятая газом, м².

11. Площади поперечного сечения A_G и A_L , занятые жидкостью и газом определяются:

$$A_L = \frac{(D/2)^2}{2} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\varphi}{180} - \sin \varphi \right) \quad (312)$$

$$A_G = \frac{(D/2)^2}{2} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\theta}{180} - \sin \theta \right) \quad (313)$$

где φ, θ – углы, рад см. рис. 3;

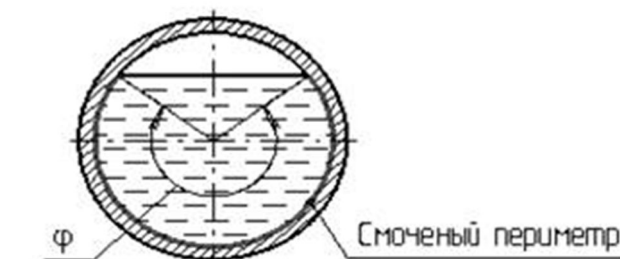


Рисунок 3 – обозначения углов

$$\varphi = 2 \arccos \left(1 - \frac{2h_L}{D} \right), \quad \text{где } \theta = \varphi - 360^\circ \quad (314)$$

12. Значение h_L находим из выражения h_L/D см. пункт 1 (по рисунку 2).

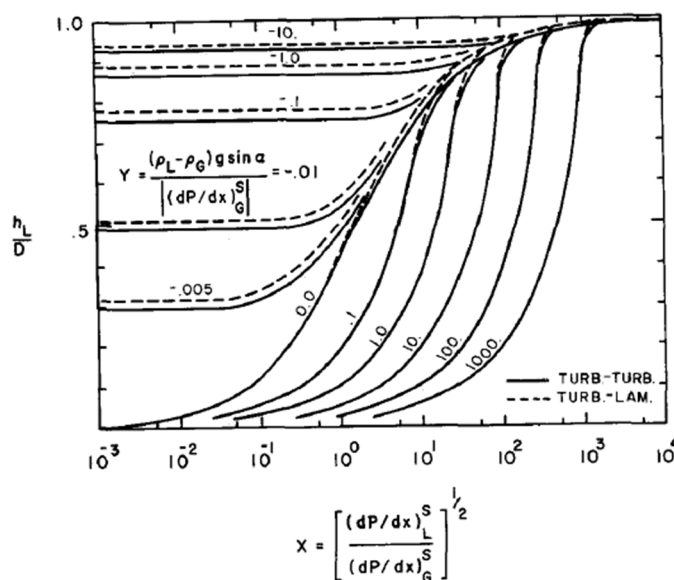


Рисунок 2 – Номограмма для определения отношения h_L/D

13. Определяется коэффициент C_2 :

$$C_2 = 1 - \frac{h_L}{D} \quad (315)$$

где h_L/D – отношение уровня жидкости в трубе к ее диаметру, при котором наблюдается устойчивый расслоенный режим течения.

14. Проверяем условие 1:

$$u_G > C_2 \left[\frac{(\rho_L - \rho_G) g \cos \alpha A_G}{\rho_G (A_L/h_L)} \right]^{1/2} \quad (316)$$

Если условие 1 не выполняется, то режим остается расслоенный, если выполняется – кольцевой или прерывистый (рисунок 1).

15. При невыполнении условия 1 продолжают расчет с пункта 16, в ином случае, расчет продолжают с пункта 18.

16. Определяются скорости газа и жидкости u_L и u_G :

$$u_L = \frac{Q_L}{A_L} \quad (317)$$

$$u_G = \frac{Q_G}{A_G} \quad (318)$$

17. Выполняется проверка условия 2:

$$u_G \geq \left[\frac{4v_L(\rho_L - \rho_G) g \cos \alpha}{s \rho_G u_L} \right]^{1/2} \quad (319)$$

При выполнении условия 2 режим течения принимается расслоенный волнообразный, в противном же случае – расслоенный гладкий.

18. Рассчитывается отношение h_L/D согласно пункту 1.

При выполнении условия 3 режим течения в трубопроводе – кольцевой.

При невыполнении условия 3 переходят к проверке условия 4.

19. Коэффициент перекрытия Джеффриса s выбирается из диапазона значений $0,01 \leq s \leq 0,03$.

20. Рассчитывается S_i – периметр на границе газа и жидкости:

$$S_i = D \cdot \sin\left(\frac{\varphi}{2}\right) \quad (320)$$

21. Коэффициент трения для жидкой фазы определяется как:

$$f_L = C_L \left(\frac{D_L \cdot u_L}{\nu_L} \right)^{-n} \quad (321)$$

22. Гидравлический диаметр определяется как:

$$D_L = \frac{4A_L}{S_L} \quad (322)$$

23. Периметр трубы рассчитывается как:

$$S_L = \frac{\pi D \varphi}{180^\circ} \quad (323)$$

24. Проверяется условие 4:

$$u_L \geq \left[\frac{4A_G}{S_i} \frac{g \cos \alpha}{f_L} \left(1 - \frac{\rho_G}{\rho_L} \right) \right]^{1/2} \quad (324)$$

Если условие 4 не выполняется, то режим остается прерывистым, если выполняется – пузырьковый.