

УДК 621.651

**МЕТОДИКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАСЧЁТА ПРОЕКТИРУЕМЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ**
**THE METHOD OF HYDRAULIC CALCULATION OF THE PROJECTED
PIPELINES**

А.В. Шунькевич

Научный руководитель – Т.А. Петровская, старший преподаватель
Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь
petrovskaya@mail.ru

A. Shunkevich

Scientific adviser – T. Petrovskaya, Senior Lecturer
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

***Аннотация:** В данной статье приведена методика по гидравлическому расчёту проектируемых трубопроводов.*

***Abstract:** This article presents a methodology for the hydraulic calculation of the projected pipelines.*

***Ключевые слова:** уравнение неразрывности, стандартный типоразмер, приведенная длина, эквивалентная длина, критерий Рейнольдса, полные потери давления.*

***Keywords:** continuity equation, standard standard size, reduced length, equivalent length, Reynolds criterion, total pressure loss.*

Введение

В настоящее время невозможно обойтись без трубопроводов. Они встречаются абсолютно в каждой отрасли, созданной человечеством, и являются одним из ключевых этапов проектирования канализационных систем, систем вентиляции и водоснабжения. Увидеть их также можно в системах кондиционирования и вентиляции воздуха, в металлургической и химической промышленности по которым переносится теплоноситель или другой промышленный продукт, в энергетике, в сельском хозяйстве, на космических и судоходных кораблях. На основании гидравлического расчёта конструируются трубчатые теплообменные аппараты, используемые на производствах.

Гидравлический расчёт проектируемого трубопровода обычно выполняют на основании дисциплины гидрогазодинамики, а именно, на уравнениях газовой динамики. При помощи данных уравнений возможно устанавливать связь между расходом теплоносителя, диаметрами трубопроводов, перепадом давления теплоносителя по движению внутри трубопровода, длинами трубопровода и его конструкции. По данным уравнениям возможно определить необходимый параметр по уже известным. Минимальное количество известных параметров для определения неизвестных является – 2. Также необходимо учитывать, что при расчёте диаметров трубопровода нужно пользоваться стандартными размерами, приведенных в нормативных документах.

Основная часть

Гидравлический расчёт проектируемых трубопроводов заключается в определении оптимальных диаметров трубопроводов, которые способны обеспечить необходимое количество теплоносителя при допустимых перепадах давления.

По уравнению неразрывности потока определяется требуемый диаметр:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot \omega_1}} \cdot 1000, \text{ мм} \quad (1)$$

где G – массовый расход теплоносителя, кг/с;

ρ – плотность теплоносителя при температуре в трубопроводе, кг/м³;

ω_1 – скорость теплоносителя в первом приближении, принимается равной для воды – 1,5 м/с и для пара 60 м/с [1].

По рассчитанному диаметру подбираются трубы стандартных типоразмеров D_y , фактическая скорость теплоносителя пересчитывается и далее используется в расчётах:

$$\omega_\phi = \frac{4 \cdot G}{\pi \cdot (D_y/1000)^2}, \text{ м/с} \quad (2)$$

Приведенная длина трубопровода рассчитывается как сумма фактической длины и условного эквивалентного участка, гидравлическое сопротивление которого равно сумме местных сопротивлений участка:

$$l_{\text{пр}} = l_\phi + l_{\text{экв}}, \text{ м} \quad (3)$$

Эквивалентная длина местных сопротивлений определяется:

$$l_{\text{экв}} = \frac{\varepsilon_{\text{сумм}} \cdot (D_y/1000)}{A}, \text{ м} \quad (4)$$

где A – коэффициент гидравлического трения, определяется исходя из режима течения:

$$A = \begin{cases} \frac{1}{(1,14 \cdot 2 \cdot \lg(\frac{D_y}{h}))^2} & \text{при } Re > Re_{\text{пр}}, \\ 0,11 \cdot (\frac{h}{D_y})^{0,25} & \text{при } Re \leq Re_{\text{пр}}. \end{cases} \quad (5)$$

где h – эквивалентная шероховатость трубы, для воды – 0,0005 м, для паропровода – 0,0002 м [2].

Re – критерий Рейнольдса, определяется по формуле:

$$\text{Re} = \frac{D_y \cdot \omega_\phi}{\nu}, \quad (7)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости среды при температуре в трубопроводе, $\text{м}^2/\text{с}$;

$\text{Re}_{\text{пр}}$ – предельное значение критерия Рейнольдса, определяется по формуле:

$$\text{Re}_{\text{пр}} = \frac{D_y \cdot 560}{h}, \quad (8)$$

$\varepsilon_{\text{сумм}}$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке, определяется по формуле:

$$\varepsilon_{\text{сумм}} = \sum_{i=1}^k \varepsilon_i \cdot n_i, \quad (9)$$

где ε_i – коэффициент местного сопротивления i -го вида;

n_i – количество сопротивлений i -го вида на участке.

Удельные потери давления на погонный метр приведенной длины трубопровода определим по формуле:

$$\Delta p_y = 6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{A \cdot G^2}{(D_y/1000)^5 \cdot \rho}, \text{ Па/м} \quad (10)$$

Полные потери давления на участке составят:

$$\Delta p = \frac{l_{\text{экв}} \cdot \Delta p_y}{10^6}, \text{ МПа} \quad (11)$$

На основании полученных полных потерь давления для каждого участка проектируемого трубопровода можно оценить его эффективность и определить его пригодность для конкретных случаев установки.

Заключение

Таким образом, по составленной методике гидравлического расчёта проектируемых трубопроводов можем рассчитать и подобрать необходимый приведенный диаметр, его приведенную длину и полные потери давления на участках трубопровода. Методика гидравлического расчёта проектируемых трубопроводов является главным звеном для оптимизации работы системы и дальнейшего её улучшения. Правильно рассчитанный и подобранный трубопровод позволяет добиться оптимальной производительности и его напора.

Литература

1. СН 4.02.04-2019 «Строительные нормы». Котельные установки.
2. СН 4.02.01-2019 «Строительные нормы». Тепловые сети.
3. Борисов С.Н. Гидравлические расчёты газопроводов / С.Н. Борисов, В.В. Даточный. – Москва: Издательство «Недра», 1991. – 108 с.