

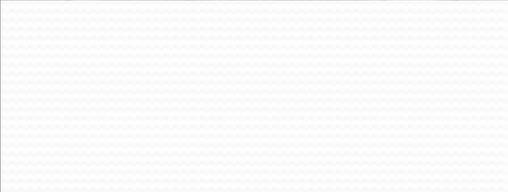
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

# *Расчет трубопроводов*

Выполнила Гришина А.С.

*Трубопрово́д — искусственное сооружение, предназначенное для транспортировки газообразных и жидких веществ, а также твёрдого топлива и иных твёрдых веществ в виде раствора под воздействием разницы давлений в поперечных сечениях трубы.*



Уравнение расхода для пластично-вязких масс, полученные из условия неразрывности:

$$V_c = V/\tau; M_c = \rho V_c; G_c = \rho g V_c,$$

где  $V_c, M_c, G_c$  - соответственно объемный ( $\text{м}^3/\text{с}$ ), массовый ( $\text{кг}/\text{с}$ ) и весовой ( $\text{Н}/\text{с}$ ) секундный расход;  $V$  - объем продукта ( $\text{м}^3$ ), перемещаемый через живое сечение потока за время  $\tau$  ( $\text{с}$ );  $\rho$  - плотность продукта ( $\text{кг}/\text{м}^3$ );  $g$  - ускорение свободного падения ( $g=9,8 \text{ м}/\text{с}^2$ ).

Объемный расход связан с геометрическими размерами трубопровода и кинематикой течения продукта в нем:

$$V_{\text{с}} = wF = w\pi d^2 / 4 = w\pi R^2 ,$$

где F-площадь живого сечения потока, м<sup>2</sup> (равна площади сечения продукта, которая нормальна вектору средней скорости); w-средняя скорость продукта, м/с; d-внутренний диаметр, м; R-внутренний радиус трубопровода, м.

Необходимо определить число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{m w^2}{\left( \eta F \frac{w}{l} \right) l} = \frac{\rho l^3 w^2}{l^2} w \eta = \frac{4 V_c \rho}{\pi \eta d}$$

где  $l$ -характерный линейный размер для круглой трубы диаметром  $d$ , м;  $\rho$ -плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;  $V$ -объем жидкости, м<sup>3</sup>;  $F=l^2$ -площадь соприкосновения слоев жидкости, м<sup>2</sup>;  $V_c$ -секундный расход, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$ -динамический коэффициент вязкости, Па\*с.

Общее давление, необходимое для обеспечения перемещения твердообразного потока:

$$\delta_{\text{общ}} = \pm \rho g h + \delta + \delta_{\text{д}} + \delta_{\text{эл}} + \delta_{\text{и}} + \delta_{\text{сж}} + \delta_{\text{нап}}$$

Общее давление, необходимое для обеспечения перемещения твердообразного потока, расходуется на преодоление потерь по длине, в местных сопротивлениях, инерционных, на сжатие продукта, противодействия, а также на создание кинетической энергии и давления, необходимого для подъема продукта, находящегося в трубе, на определенную высоту (геометрический напор);

# Уравнение баланса механической энергии:

$$W = \left( \frac{(u_2)^2}{\alpha_2} - \frac{(u_1)^2}{\alpha_1} \right) + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum F$$

$$\sum F = \sum \frac{2f(u_1)^2 L}{D} + \sum \frac{kf(u_2)^2}{2}$$

**Спасибо за внимание**