

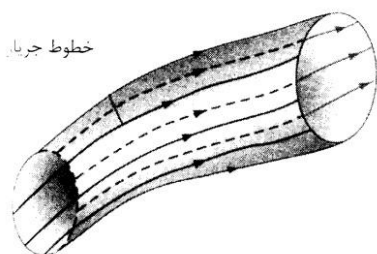
سیستم انتقال برای سیالات نیوتنی

روش انتقال مایعات : پمپ، نیروی ثقل

خط جریان : در هر نقطه از زمان، هر دو نقطه مجاری در سیال، در خط جریان نامیده می‌شوند، در طول

مسیر حرکت سیال در نظر گرفته می‌شود.

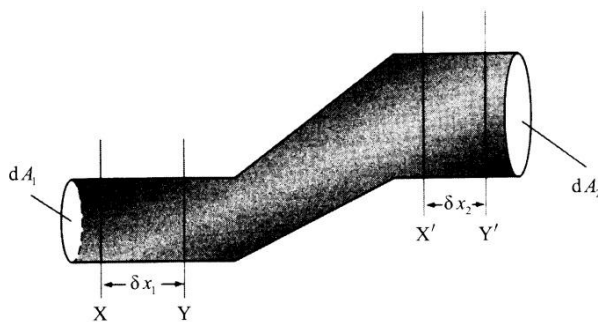
برای روش دیگری برای توصیف ویژگی‌های جریان



شکل ۵-۱۱ خطوط جریان که تشکیل یک لوله جریان داده‌اند. جریان فقط در امتداد خطوط جریان رخ می‌دهد و حرکت عرضی وجود ندارد.

مبدأ پیوستگی، continuity principle

استفاده از اصل بقا، مانع برای مدل رابطه جریان سیال



شکل ۵-۱۲ جریان سیال در یک لوله با سطح مقطع متغیر.

$$x x' \xrightarrow{\Delta t \frac{U}{L}} y y'$$

در بازنه‌اندن تبدی جرم $x x' = y y'$ جرم سیال

مستترک بین فضای درون‌رئای \rightarrow سیال فضای $x x'$

$$x y \text{ جرم سیال} = x' y' \text{ جرم سیال}$$

$$\rho_1 A_1 \Delta x_1 = \rho_2 A_2 \Delta x_2$$

$$\rho_1 A_1 \frac{\Delta x_1}{\Delta t} = \rho_2 A_2 \frac{\Delta x_2}{\Delta t}$$

تقسیم بر Δt

$$\rho_1 A_1 \bar{u}_1 = \rho_2 A_2 \bar{u}_2$$

معادله پیوستگی

\bar{u} : سرعت متوسط یا میانگینی

قابل بیان بعدیت شدت جریان جرمی (دری جرمی) و یا شدت جریان جرمی (دری جرمی)

$$\rho A \bar{u} = \dot{m}$$

\dot{m} : دری جرمی kg/s (mass flow rate)

برای یک سیال تدرکیم ناندیر مثل مایعات، چگالی ثابت است:

$$A_1 \bar{u}_1 = A_2 \bar{u}_2$$

$$A \bar{u} = \dot{V}$$

\dot{V} : شدت جریان جرمی (volume flow rate)

در شرایط پایا شدت جریان جرمی ثابت است

مثال: شدت جریان جرمی مایه در یک لوله 1.8 L/s است. قطر داخلی لوله 3 cm و چگالی مایه 1100 kg/m^3 است. سرعت میانگین و شدت جریان آن را می‌یابید. اگر لوله دیگری با قطر 1.5 cm استفاده شود، سرعت میانگین را برای همان شدت جریان جرمی می‌یابید.

$$\bar{u} \cdot A = \dot{V} \rightarrow \bar{u} = \frac{\dot{V}}{A}$$

$$\textcircled{1} \quad \bar{u} = \frac{1.8 \text{ L/s} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}}}{\frac{\pi}{4} \times 0.03^2 \text{ m}^2} = 2.55 \text{ m/s}$$

$$\textcircled{2} \quad \dot{m} = \rho \bar{u} A = 1100 \text{ kg/m}^3 \times 2.55 \text{ m/s} \times \frac{\pi}{4} \times 0.03^2 \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 1.98 \text{ kg/s}$$

$$\textcircled{3} \quad \bar{u} \cdot A = \dot{V} \rightarrow \bar{u} = \frac{\dot{V}}{A}$$

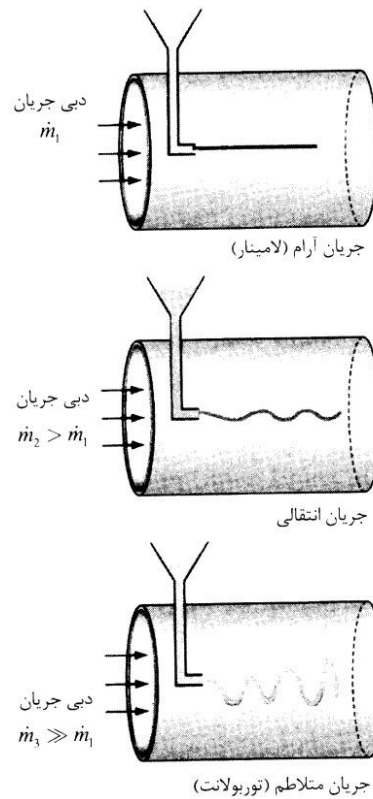
$$\bar{u} = \frac{0.0018 \text{ m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4} \times 0.015^2 \text{ m}^2} = 10.19 \text{ m/s}$$

سرعت جدید

با نصف شدن قطر، سرعت ۴ برابری شود.

Reynolds Number

عدد رینولدز



شکل ۵-۱۳ جریان آرام (لامینار)، انتقالی و متلاطم (توربولانت) در یک لوله

① جریان آرام Laminar or streamline flow

② جریان انتقالی Transit flow

③ جریان متلاطم به همشوش Turbulent flow

خواص مایع
شدت جریان
ابعاد سطح مشترک جاذبه مایع

اثرات شدت جریان — (تقریبی) نبرد مومنتم یا اندسی — ρ, D, u
مقاومت نبرد اصطکاک یا گرانزو — μ

کرنشیت = رینولدز در سال ۱۸۷۴ - معرفی عدد بدین بعد رینولدز

$$N_{Re} = \frac{\text{نیروی اینرسی}}{\text{نیروی گرانروی}}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \bar{u} D}{\mu}$$

با جایگذاری \dot{m} به جای \bar{u}

$$\dot{m} = \bar{u} A \rho$$

$$N_{Re} = \frac{4 \dot{m}}{\mu \pi D}$$

کاربرد عدد رینولدز در بیان توصیف کمی ویژگی‌های جریان یک سیال در یک لوله با برری سطح ابرام

$$N_{Re} < 2100$$

جریان آرام

$$2100 < N_{Re} < 4000$$

جریان انتقالی

$$N_{Re} > 4000$$

جریان متلاطم

عدد رینولدز با اندک انرژی ایجاد شده توسط اثرات گرانروی ارتباط دارد.

مثال: برای میکروکروم یک مایع غذایی به قشری با قطر 1.5 m و ارتفاع 3 m از لوله با قطر 2 cm استفاده می‌شود. چگالی مایع 1040 kg/m^3 و لزجت آن $140 \times 10^{-4} \text{ Pa.s}$ است.

- الف = حداقل زمان لازم برای پر شدن قشر از مایع غذایی در شرایط جریان آرام در لوله چقدر است؟
 ب = حداکثر زمان لازم برای پر شدن قشر در صورتی که جریان در لوله متلاطم باشد، چقدر است؟

الف) حداقل سرعت در شرایط آرام $N_{Re} = 2100$

$$N_{Re} = \frac{\rho \bar{u} D}{\mu}$$

$$\bar{u} = \frac{2100 \times 1600 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}}{1040 \text{ kg/m}^3 \times 0.03 \text{ m}} = 1.108 \text{ m/s}$$

حجم جریانی که باید به سطح مقطع لوله

$$\dot{V} = A \cdot \bar{u}$$

$$\dot{V} = \frac{\pi}{4} \times 0.03^2 \text{ m}^2 \times 1.108 \text{ m/s} = 7.63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

حجم قشر $V = \frac{\pi}{4} D^2 H = \frac{\pi}{4} \times (1.5)^2 \text{ m}^2 \times 3 \text{ m} = 5.3 \text{ m}^3$

D قطر قشر، H ارتفاع قشر

$$t_{min} = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{5.3 \text{ m}^3}{7.63 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}} = 6.95 \times 10^4 \text{ s} = 19.29 \text{ h}$$

حداقل زمان لازم برای پر شدن قشر

ب: حداقل سرعت در شرایط معلوم $N_{Re} = 4000$

$$N_{Re} = \frac{\rho \bar{u} D}{\mu}$$

$$\bar{u} = \frac{4000 \mu}{\rho D} = \frac{4000 \times 1600 \times 10^{-6} \text{ Kg/ms}}{1040 \text{ Kg/m}^3 \times 0.03 \text{ m}} = 0.205 \text{ m/s}$$

$$\dot{V} = A \cdot \bar{u} = \frac{\pi}{4} \times (0.03)^2 \text{ m}^2 \times 0.205 \text{ m/s} = 1.449 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$t_{max} = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{5.3 \text{ m}^3}{1.449 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}} = 3.66 \times 10^4 \text{ s} = 10.16 \text{ h}$$

مدت زمان روشن

مثال: با توجه به اطلاعات زیر، اگر سرعتی جریان هوا و آب در دمای 20°C در لوله ای به قطر 5 cm از آرام به انتقال تبدیلی فرزند؟

آب در دمای 20°C (جدول A.4.1)

$$\rho_w = 998.2 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_w = 993.414 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}$$

هوا در دمای 20°C (جدول A.4.4)

$$\rho_a = 1.164 \text{ Kg/m}^3$$

$$\mu_a = 18.240 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}$$

$N_{Re} = 2100$: تعیین ضرایب آرام به استقامتی

$$N_{Re} = \frac{\rho \bar{u} D}{\mu} \rightarrow \bar{u} = \frac{N_{Re} \mu}{\rho D}$$

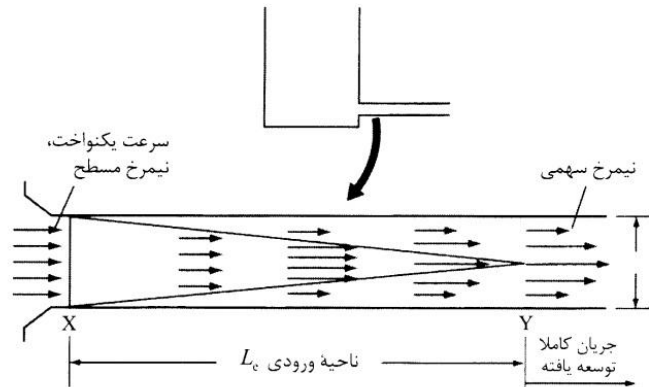
$$\bar{u} = \frac{2100 \times 993.414 \times 10^{-6} \text{ kg/ms}}{998.2 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m}} = 0.042 \text{ m/s} \quad \text{برای آب:}$$

$$\bar{u} = \frac{2100 \times 18.240 \times 10^{-6} \text{ kg/ms}}{1.164 \text{ kg/m}^3 \times 0.05 \text{ m}} = 0.685 \text{ m/s} \quad \text{برای هوا:}$$

محده ریکارد را بر جری از سرعت بالا استفاده می‌کنند، خاصه استقامتی یا محده طم ر جری آرام به
در مایعات با گرانی بالادیده می‌شود.

این مثال برای تعیین ضرایب استقامتی به محده طمی به نامند؟

ناحیه ورودی و جریان کامل توسعه یافته



شکل ۵-۱۴ نیمرخ سرعت برای سیال در حال جریان در یک لوله.

به هم در در سیال به یک لوله بخشی نام ناحیه ورودی — نیمرخ (پروفایل) سرعت یکنواخت
 ناحیه جریان کامل توسعه یافته — نیمرخ سرعت سهمی شکل
 طول ناحیه ورودی تابعی از عدد رینولدز است:

$$L_e/D = 0.06 N_{Re} \quad \text{برای جریان آرام}$$

$$L_e/D = 4.4 (N_{Re})^{1/6} \quad \text{برای جریان متلاطم}$$

مثال: سیال تعدیل با شدت $1/4 \text{ m/s}$ در دما 20°C در لوله با قطر 2 cm و طول 10 m در جریان است. ناحیه ورودی چه نسبتی از طول لوله را تشکیل می‌دهد؟

$$\mu = 993.414 \times 10^{-6} \text{ Pa}\cdot\text{s}$$

$$\rho = 998.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\dot{V} = A \cdot \bar{u} \rightarrow \bar{u} = \frac{\dot{V}}{A}$$

میانگین سرعت

$$\bar{u} = \frac{40 \text{ L/min} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \times \frac{1 \text{ m}^3}{10^3 \text{ L}}}{\frac{\pi}{4} \times (0.02)^2 \text{ m}^2} = 2.12 \text{ m/s}$$

$$N_{Re} = \frac{\rho \cdot \bar{u} \cdot D}{\mu}$$

$$N_{Re} = \frac{998.2 \text{ kg/m}^3 \times 2.12 \text{ m/s} \times 0.02 \text{ m}}{993.444 \times 10^{-6} \text{ Pa.s}} = 42604$$

تعداد رینولدز

$$L_{e/D} = 4.4 (N_{Re})^{1/6}$$

$$L_e = 0.02 \text{ m} \times 4.4 \times (42604)^{1/6} = 0.52 \text{ m}$$

$$\frac{0.52 \text{ m}}{10 \text{ m}} \times 100 = 5.2\%$$

تعداد رینولدز خاص در ردی ۵٪ از طول لوله را دربر می گیرد.