

اندازه‌گیری عدد رینولدز

۱-۲- هدف از آزمایش

- آشنایی با مفاهیم رژیم جریان
- اندازه‌گیری و محاسبه عدد رینولدز در رژیم‌های مختلف جریان

۲-۲- دستاوردها از انجام آزمایش

در طی این آزمایش دانشجویان با مفهوم عدد بدون بعد رینولدز و نحوه محاسبه آن آشنا شده و می‌توانند رژیم جریان را بر اساس عدد بدون بعد رینولدز شناسایی کنند. درک جریان آرام و درهم از دیگر دستاوردهای دانشجویان می‌باشد.

۳-۲- کاربرد مفاهیم در صنعت

در کاربردهای مهندسی از عدد رینولدز به عنوان یک پارامتر تشابهی استفاده می‌شود. برای مثال، وقتی یک مدل کوچک از یک هواپیما در تونل باد مورد آزمایش قرار می‌گیرد، برای این که نتایج تونل باد قابل تعمیم به شرایط واقعی باشد، عدد رینولدز مدل و هواپیمای واقعی باید برابر باشد. در صنعت خودرو نیز به همین صورت است. مهندسان طراح با ساخت مدل‌های اولیه از خودروها سعی می‌کنند میزان مقاومت هوا را هنگام حرکت خودرو بررسی کنند. این کار در تونل‌های باد انجام می‌پذیرد که برای محاسبه آن نیاز مبرمی به عدد رینولدز وجود دارد.

۲-۴- تئوری آزمایش

در مکانیک سیالات رژیم جریان در سه دسته کلی حرکت آرام^۱، حرکت درهم^۲ و حالت گذرا^۳ قابل دسته‌بندی می‌باشد. هنگامی که لایه‌های سیال مثل ورقه‌های کاغذ بر روی هم حرکت کنند و هیچ انتقال مولکولی بین لایه‌های سیال صورت نگیرد رژیم جریان آرام است. در جریان آرام مبادله منتوم در سطوح لایه‌های مختلف توسط مولکول‌ها صورت می‌گیرد. در جریان آشفته خبری از لغزش ذرات سیال به صورت لایه‌ای در کنار یکدیگر نیست و هر یک از ذرات، تشکیل گردابه‌هایی در طول مسیر حرکت خود می‌دهند که باعث اتلاف انرژی سیال می‌شود. در جریان آشفته حرکات بسیار نامنظم ذرات با تبادل شدید مومنتوم در جهت عمود بر حرکت مشاهده می‌شود. در این جریان انتقال مومنتوم از لایه‌ای به لایه دیگر توسط توده ذرات صورت می‌گیرد و در واقع حرکت ذرات به حرکت مولکول‌ها اضافه می‌شود. حالت گذرا یا انتقالی، رژیمی مابین دو حالت آرام و درهم است. تشخیص نوع حرکت جریان توسط آزمایشات اندازه‌گیری عدد رینولدز صورت می‌گیرد.

عدد رینولدز^۴ شاخصی برای تعیین میزان مغشوش بودن جریان می‌باشد. این عدد کمیتی بدون یکا است که نسبت نیروی لختی به نیروی گرانشی را نشان می‌دهد.

$$Re = \frac{\rho u D}{\mu} \quad (1)$$

بر اساس آزمایشات انجام شده، در جریان آرام درون لوله‌های تجاری عدد رینولدز کوچکتر از ۲۱۰۰ بوده و در جریان آشفته عدد رینولدز در محدوده بزرگتر از ۴۰۰۰ قرار می‌گیرد. جهت بررسی رژیم جریان در لوله از حرکت جوهر درون سیال استفاده می‌شود. در شکل ۱ چگونگی حرکت جوهر درون لوله انتقال در حالات

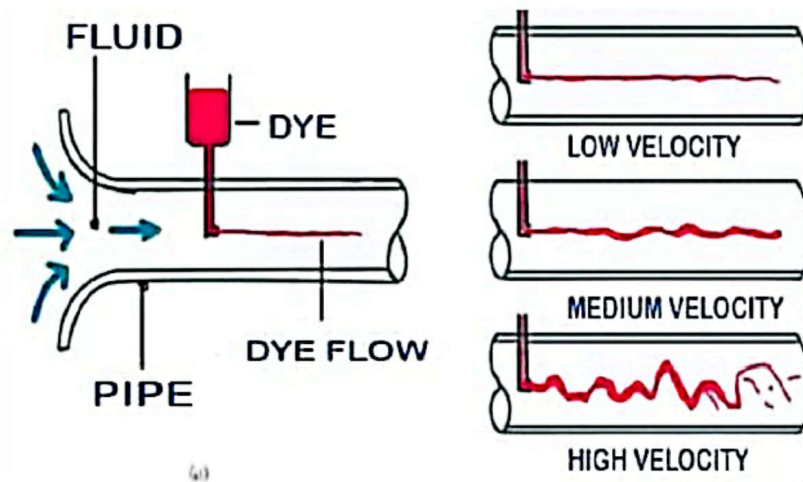
^۱ Laminar

^۲ Turbulent

^۳ Transition

^۴ Reynolds Number

مختلف جریان نشان داده شده است. سرعت سیال، قطر لوله، ویسکوزیته و دانسیته عوامل مؤثر بر رژیم حرکت سیال در یک سیستم می‌باشند که در قالب عدد رینولدز قابل بیان هستند. یکی دیگر از کاربردهای عدد رینولدز، تعیین کوچک‌ترین طول مشخصه در یک جریان آشفته است. در جریان آشفته، طول مشخصه به معنی فاصله‌ای است که بین متغیرهای جریان مثل سرعت یا فشار همبستگی وجود دارد.



شکل ۱: چگونگی حرکت جوهر درون لوله انتقال در حالات مختلف جریان

۲-۵- شرح دستگاه

دستگاه مورد استفاده شامل یک مخزن شیشه‌ای و دکانتور پلاستیکی، لوله سرریز از جنس PVC، لوله موئین از جنس استیل، خط انتقال سیال، شیر تنظیم دبی سیال و بدنه دستگاه از جنس فایبرگلاس می‌باشد.

۲-۶- روش انجام آزمایش

شیر تزریق‌کننده رنگ را باز کرده تا یک نوار باریک جوهر در لوله شیشه‌ای به دست آید. به کمک شیر تنظیم دبی می‌توان سه حالت مختلف برای حرکت جوهر را ایجاد کرد. زمانی که رنگ تزریق شده درون لوله آزمایش

بدون اغتشاش و پراکندگی به صورت خطی سراسر لوله را طی کند، رژیم حرکت جریان به صورت آرام است. حال دمای سیال داخل ستون شیشه‌ای از روی ترمومتر یادداشت می‌گردد. سپس به وسیله کرنومتر و استوانه مدرج، دبی سیال خروجی به وسیله اندازه‌گیری حجم معینی آب در مدت زمان معین، تخمین زده می‌شود. سپس موارد خواسته شده در جدول برای حالت آرام یادداشت می‌گردد. برای رسیدن به حالت گذرا، به کمک شیر تنظیم، دبی جریان را به آرامی افزایش داده تا جوهر موجود در لوله به صورت زیگ زاگ و البته پیوسته درآید که نشان‌دهنده حالت گذرا می‌باشد و مانند مرحله قبل دما و دبی را بدست آورده و در جدول وارد کنید. برای حالت درهم نیز شیر تنظیم را بیشتر باز کرده تا حدی که رنگ جوهر درون لوله از بین رفته و محو شود. حال دما و دبی را در جدول وارد کنید. لازم به ذکر است که باز کردن شیر تنظیم برای تبدیل حالات مختلف جریان باید به صورتی انجام شود که سطح آب درون مخزن شیشه‌ای از حد لوله سرریز کمتر نشود. در صورتی که رنگ جوهر درون مسیر انتقال سیال واضح نباشد می‌توانید شیر دکانتور را بیشتر باز نموده تا جوهر بیشتری وارد سیال شود اما باید دقت نمود سرعت تخلیه جوهر بیش از حد معمول نشود. قطر لوله دستگاه برابر با ۱۲ میلی‌متر می‌باشد. بنابراین سطح مقطع جریان جهت محاسبه سرعت با استفاده از دبی اندازه گرفته شده قابل محاسبه است. در نهایت با توجه به اعداد وارد شده در جدول مربوطه، عدد رینولدز محاسبه می‌شود. برای دو دمای مختلف، ویسکوزیته و چگالی آب را می‌توان از جدول ۱ به دست آورد.

جدول ۱: ویسکوزیته و چگالی آب در دو دمای مختلف

T (°C)	ρ (kg/m ³)	μ (N.S/m ²)
۲۰	۹۹۸	۱۰۰۳
۳۰	۹۹۶	۷۹۹

آزمایش اندازه گیری رینولدز

Q	
۱) ۵/۱۰۵۸ $\frac{m^3}{s}$	
۲) ۵/۱۵۱ $\frac{m^3}{s}$	
۳) ۵/۱۰۵ $\frac{m^3}{s}$	
۴) ۵/۱۰۲ $\frac{m^3}{s}$	
۵) ۵/۰۸ $\frac{m^3}{s}$	

$$Re = \frac{\rho U D}{\mu}$$

معمولاً:

$$\mu = 1004 \text{ اصلایه هم کلبه}$$

T = ۲۰ C باغون

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho = 998 \text{ kg/m}^3$$

$$Re = \frac{998 \times 40 \times 13 \times 10^{-4}}{1004} = 774, 11$$

جریان آرام است

$$Q = AV$$

$$A = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{13 \times 13 \times 10^{-4} \times 3,14}{4} =$$

$$A = 132,45 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad u = \frac{5/1058}{132,45 \times 10^{-4}} = 40 \frac{m}{s}$$

برای موارد ۲، ۳، ۴ و ۵ صافه غزنه عدد رینولدز را بدست آوریم.

در محاسبات $\rho = 998 \text{ kg/m}^3$ و $\mu = 1004$ دقت کنید.