www.novin-eng.ir

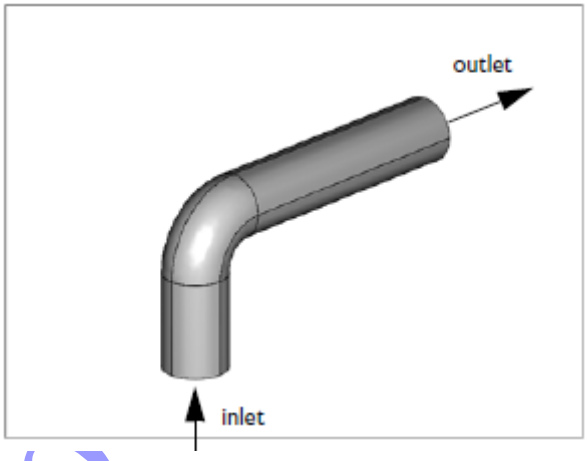
شبیه سازی جریان مغشوش (توربولانس) درون یک لوله زانویی

مقدمه

این مثال جریان سیال را در عبور از یک لوله زانویی مدل میکند. در این مدلسازی فرض شده است که جریان سیال یک جریان توربولانس عدد رینولدز بالاست. در این شبیه سازی نتایج با استفاده از هر دو مدل توربولانسی k-ω و k-ε بدست آمده اند و نتایج حاصل از شبیه سازی هم با نتایج آزمایشگاهی مقایسه شده است. این مثال شامل توضیحات دقیقی است تا بتوانیم نتایج تا حد ممکن دقیقی را در شبیه سازی بدست بیاوریم.

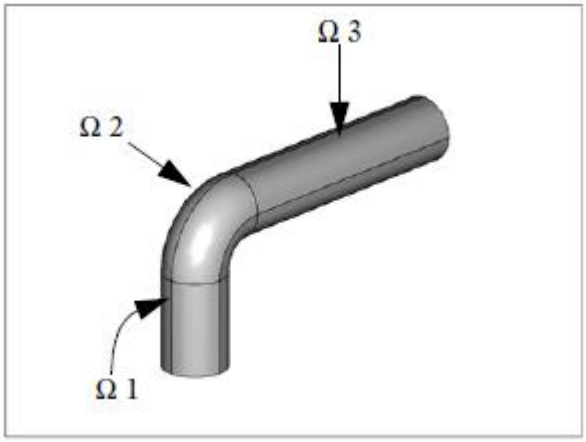
تعریف مدل

شکل ۱ هندسه زانویی مورد نظر را نشان میدهد. لوله دارای قطر ۱ متر و طول کل ۶/۷۱ متر می باشد.



شکل۱: هندسه زانویی

به خاطر روش تولید هندسه زانویی، دامنه مدلسازی به صورت یک هندسه متشکل از سه زیر دامنه است همانطور که در شکل ۲ نشان داده شده است.



www.novin-eng.ir

شکل۲: زیر دامنه های هندسه اصلی

مشخصات جریان با استفاده از عدد رینولدز تعریف شده است، که به صورت زیر تعریف می شود:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho U_{\mathrm{ref}} L_{\mathrm{ref}}}{\eta}.$$

در اینجا ρ چگالی سیال و η نشان دهنده ویسکوزیته دینامیکی سیال است، در حالی که U_{ref} و L_{ref} به ترتیب سرعت مرجع سیال و طول مشخصه هستند. در این مثال مناسب است که U_{ref} را برابر با سرعت ورودی و L_{ref} را برابر قطر لوله انتخاب کنیم. داده های آزمایشگاهی برای $\mathrm{Re} = 3\cdot10^5$ در مرجع۱ موجود است. در اعداد رینولدز بالا مثل عدد رینولدزی که در این مساله حاکم است، جریان توربولانس یا مغشوش است و مولهای توربولانسیباید مورد استفاده قرار گیرند.ماژول های موجود در نرم افزار کامسول که برای جریان توربولانس ارائه شده اند شامل دو مدل RANS می شوند: مدل توربولانسی استاندارد k-ε و مدل توربولانسی ویلکاکس به نام k-ω .در این آموزش، شما پروفیل سرعت بدست آمده از هر دو مدل توربولانسی را با پروفیل بدست آمده از داده های آزمایشگاهی مقایسه می کنید.

شما سیال را به صورت یک سیال خالص با چگالی $\rho = 1\ \mathrm{kg/m^3}$ و ویسکوزیته $\eta = 1/(3\cdot10^5)\ \mathrm{Pa\cdot s}$ مدل می کنید. نزدیکترین سیال به ویژگی هایی که ذکر شده است هوا با ویسکوزیته نسبتا پایین است.

شرایط مرزی:

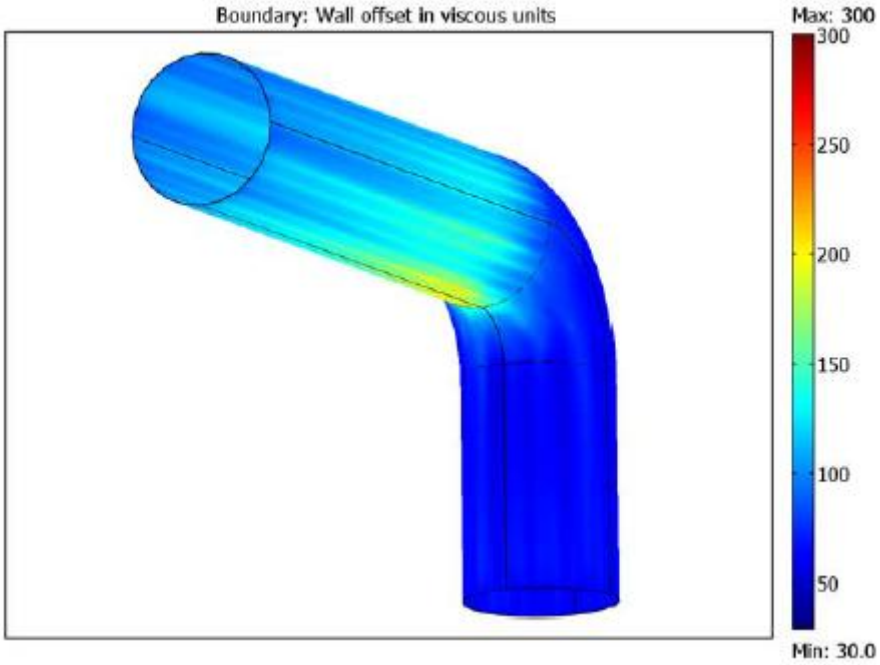
در ورودی یک جریان یکنواخت با سرعت 1 m/s در جهت Z داریم. طول مشخصه توربولانسی 0.07D است، که در اینجا D = 1 استکه قطر لوله است، و شدت توربولانسی روی 5% تنظیم شده است. که برای جریان های داخل توربولانسی یک عدد معقول و منطقی است. برای خروجی شرط مرزی فشار ثابت در نظر گرفته شده است و برای مرز خروجی بردارهای جریان بر مرز خروجی عمود است. این مدل از توابع دیواره به عنوان شرایط مرزی دیواره های دیگر استفاده می کند. توابع دیوتره که در نرم افزار کامسول اعمال شده است به نام " lift off wall functions " نامیده میشود و به این صورت عمل می کند که دامنه محاسباتی به اندازه فاصله کوچک δw از سطح جابجا میشود. در این کیس، این قضیه به وسیله کشیدن یک دامنه با شعاع کمتر نسبت به شعاع لوله مدل شده اجرا میگردد. توابع دیواره فرض می کند که جابجایی در واحد ویسکوزیته باشد،δw+ که مقدار آن بین ۳۰ و یک مقدار بزرگتر وابسته به عدد رینولدز، قرار می گیرد که در این کیس حدود ۳۰۰ است. روش مناسب برای شما این است که یک ضخامت جابجایی δw حدس بزنید که $30\le\delta_w^+\le300$ قرار گیرد. اگر این قضیه اتفاق نیفتاد شما باید دوباره دامنه محاسباتی را رسم کنید و مقدار دیگری از δw را انتخاب کنید. در این مدل شما حدس اولیه برای δw را برابر با 1 cm در نظر بگیرید، که به دامنه محاسباتی شعاع 0.49 m را به جای 0.50 m نسبت می دهد.

نتایج و بحث بر روی آنها

شکل ۳ تصویری از δ_w^+ را بر روی مرزها یا دیواره های زانویی نشان می دهد. مقدار این متغیر در رنج $30\le\delta_w^+\le300$ محدود شده است، و با چرخاندن ترسیمه، شما میتوانید مشاهده کنید که دیواره کامل است. اگر δ_w^+ در خارج از محدوده

novin-eng.ir

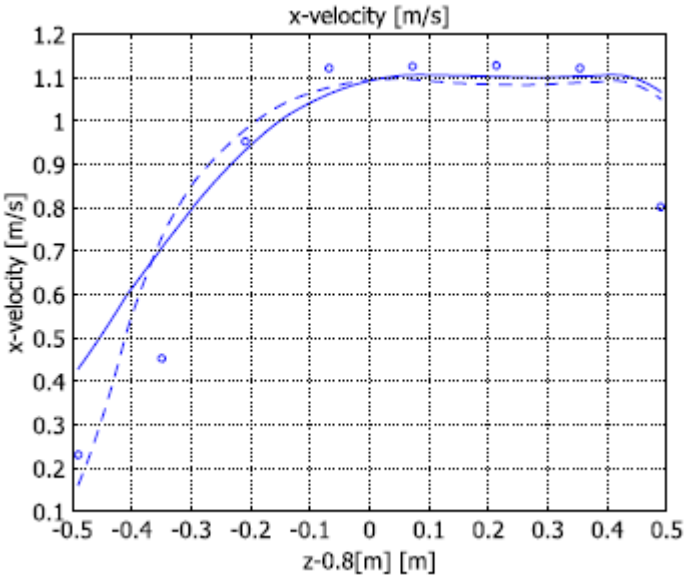
این رنج مجاز قرار می گرفت، مناطقی داخل کانتور وجود داشت که نتیجه یا داده ای در آن مشاهده نمیشد (هندسه کامل نبود).



شکل۳: ترسیمه ای از مرز با دیواره زانویی از δ_w^+ در مدل k-ε

شکل ۴ ،سرعت U را در طول خطی از نقطه (1.58, 0, 0.3) تا نقطه (1.58, 0, 1.3) نشان می دهد که با مدلهای توربولانسی k-ω و k-ε محاسبه شده است. گرچه هر دو مدل نتایج نسبتا خوبی را در مقایسه با داده های آزمایشگاهی نشان می دهند، مدل توربولانسی k-ω در اطراف دیواره ها نسبتا دارای دقت بالاتری است. این قضیه نشان می دهد که مدل k-ω پیش بینی بهتری را از درگ و در پی آن افت اصطکاکی در داخل لوله، ارائه می دهد.

novin-eng.ir



شکل۴: پروفیل سرعت در طول خط بین نقاط (1.58, 0, 0.3) تا نقطه (1.58, 0, 1.3). خطوط نشان دهنده نتایج مدل k-ε (خط تو پر) و k-ω (خط چین) است. داده های نشان داده شده با دایره های توخالی نتایج آزمایشگاهی مرجع۱ می باشند.

مراجع

1. I. E. Idelchik, *Handbook of Hydraulic Resistance*, 1996, Begell House Publishers.

مسیر کتابخانه مدل:

`Chemical_Engineering_Module/Fluid_Flow/bending_pipe`

مدلسازی از طریق نرم فزار کامسول (رابط کاربری)

MODEL NAVIGATOR

۱. COMSOL Multiphysics را باز کرده و شروع به کار کنید.

۲. از لیست **Space dimension** ، **3D** را انتخاب کنید.

۳. از لیست مود های نرم افزاری مسیر زیر را انتخاب کنید:

Chemical Engineering Module>Momentum Transport>

Turbulent Flow>k-ε Turbulence Model.

novin-eng.ir

۴. بر روی **OK** کلیک کنید.

مدلسازی هندسه

۱. از منوی **Draw** ، **Work-Plane Settings** را انتخاب کنید و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۲. دکمه Shift را نگه دارید و بر روی **Ellipse/Circle (Centered)** در نوار ابزار **Draw** کلیک کنید. در فیلد **Radius** ، ۰/۴۹ را تایپ کنید و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۳. از منوی **Draw**، **Revolve** کلیک کنید.

۴. در فیلد **α2**، **90** را تایپ کنید. بر روی دکمه رادیویی **Angle from x-axis** کلیک کنید، سپس در محیط ویرایش x ، ۰/۸ را تایپ کنید و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۵. در **Model Tree**، **Geom2** را انتخاب کنید.

۶. از منوی **Draw**، **Extrude** را انتخاب کنید.

۷. در محیط ادیت **Distance** ، **-1.45** را تایپ کنید و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۸. از منوی **Draw** ، **Work-Plane Settings** را انتخاب کنید.

۹. بر روی تب **Face Parallel** کلیک کنید و از لیست **Face selection** ، **REV1>6** را انتخاب کنید. و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۱۰. بر روی دایره سمت چپ و پایین دابل کلیک کنید تا جعبه **Circle** باز گردد. در هر دو دامنه ی **x** و **y**، 0.49 را تایپ کنید و سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

۱۱. از منوی **Draw**، **Extrude** را **انتخاب کنید.**

۱۲. در محیط **Distance** ، عدد ۴ را تایپ کنید، سپس بر روی **OK** کلیک کنید.

تنظیمات

۱. از منوی **Options**، **Constants** را انتخاب کنید. و تنظیمات زیر را وارد کنید:

novin-eng.ir