



دانشگاه سوادکوه  
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در مهندسی مکانیک  
گرایش تبدیل انرژی

عنوان:

# بررسی عددی جریان در یک کانال با سطح آزاد حول یک استوانه عمودی

استاد راهنما:

دکتر علیرضا حسین نژاد دوین

تحقیق و نگارش:

ناهید مجیدی

شهریور ۱۳۹۳

## فهرست مطالب

صفحه

عنوان

۱	فصل اول: مقدمه .....
۲	۱-۱- شبیه سازی عددی و تاریخچه آن .....
۲	۲-۱- ضرورت تحقیق .....
۳	۳-۱- مروری بر کارهای انجام شده .....
۹	فصل دوم: معرفی مسئله، معادلات حاکم، شرایط مرزی و روش حل عددی .....
۱۰	۱-۲- تعریف مسئله .....
۱۰	۲-۲- معادلات حاکم .....
۱۰	۱-۲-۲- معادله پیوستگی .....
۱۱	۲-۲-۲- معادله ممنتوم .....
۱۱	۳-۲-۲- معادله VOF .....
۱۲	۴-۲-۲- معادله $k-\epsilon$ (RNG) .....
۱۳	۳-۲- شرایط مرزی حوزه فیزیکی .....
۱۴	۱-۳-۲- شرایط مرزی ورودی .....
۱۴	۲-۳-۲- شرایط مرزی دیواره .....
۱۵	۳-۳-۲- شرایط مرزی خروجی آب .....
۱۵	۴-۳-۲- شرایط مرزی سینماتیکی سطح آزاد .....
۱۵	۵-۳-۲- شرایط مرزی سطح استوانه .....
۱۵	۴-۲- معرفی نرم افزار ANSYS-CFX .....
۱۵	۱-۴-۲- مدل سازی هندسی کانال .....
۱۵	۲-۴-۲- توصیف محدوده محاسباتی .....
۱۸	۳-۴-۲- شبیه سازی مدل مورد بررسی .....
۱۸	۴-۴-۲- مدل VOF .....
۱۹	۵-۴-۲- حالت پایدار و محاسبات VOF .....
۱۹	۵-۲- حل عددی .....
۱۹	۶-۲- شرایط مرزی حوزه محاسباتی .....
۲۰	۱-۶-۲- شرایط مرزی محاسباتی در ورودی .....
۲۰	۲-۶-۲- شرط مرزی دیواره .....
۲۱	۳-۶-۲- شرط سطح مرزی آزاد یا باز شو .....
۲۲	۷-۲- معرفی پارامترهای بی بعد در جریان .....
۲۲	۱-۷-۲- معرفی عدد رینولدز .....
۲۳	۱-۷-۲- معرفی عدد فروود .....
۲۴	۸-۲- بررسی استقلال شبکه .....

۲۴	..... ۱-۸-۲- بررسی استقلال جواب ها از شبکه در جهت X در بالا دست جریان.....
۲۶	..... ۲-۸-۲- بررسی استقلال جواب ها از شبکه در جهت X در پایین دست جریان.....
۲۷	..... ۳-۸-۲- بررسی استقلال جواب ها از شبکه در راستای Y.....
۲۸	..... ۴-۸-۲- بررسی استقلال جواب ها از شبکه در راستای Z.....
۳۰	..... ۵-۸-۲- اعتبار سنجی.....
۳۱	..... <b>فصل سوم: نتایج حاصل و بررسی آنها</b> .....
۳۲	..... ۱-۳- نتایج حاصل شده و بررسی آنها.....
۳۲	..... ۱-۱-۳- بررسی سطح آزاد سیال.....
۳۳	..... ۲-۱-۳- نمای سه بعدی سطح آزاد آب.....
۳۵	..... ۳-۱-۳- نمایش کسر حجمی.....
۳۶	..... ۴-۱-۳- بررسی خطوط جریان.....
۳۸	..... ۵-۱-۳- رسم پروفیل سرعت آب.....
۴۰	..... ۶-۱-۳- توزیع تنش برشی.....
۴۰	..... ۷-۱-۳- رسم پروفیل تنش برشی بر روی یک خط.....
۴۱	..... ۸-۱-۳- بررسی تاثیر عدد فرود و رینولدز بر روی پارامترهای جریان.....
۴۲	..... ۸-۱-۳- الف- تاثیر عدد رینولدز بر روی پارامترهای جریان.....
۴۴	..... ۸-۱-۳- ب- تاثیر عدد فرود بر روی پارامترهای جریان.....
۴۶	..... ۲-۳- محاسبه عدد رینولدز و فرود در ورودی و خروجی کانال.....
۴۶	..... ۱-۲-۳- محاسبه عدد رینولدز.....
۴۶	..... ۱-۲-۳- الف- محاسبه عدد رینولدز در ورودی.....
۴۷	..... ۱-۲-۳- ب- محاسبه عدد رینولدز در خروجی.....
۴۸	..... ۲-۲-۳- محاسبه عدد فرود در ورودی و خروجی کانال.....
۴۸	..... ۲-۲-۳- الف- محاسبه عدد فرود در ورودی.....
۴۸	..... ۲-۲-۳- ب- محاسبه عدد فرود در خروجی.....
۴۹	..... <b>فصل چهارم: نتیجه گیری</b> .....
۵۰	..... ۱-۴- نتیجه گیری.....
۵۰	..... ۶-۴- پیشنهادات برای ادامه کار.....
۵۱	..... <b>مراجع</b> .....
۵۵	..... <b>پیوست ها</b> .....
۵۶	..... پیوست (الف)- انواع مدل های آشفستگی.....



اجرای این پایان نامه مورد حمایت مالی سازمان بنادر و دریانوردی قرار گرفته است و سازمان به عنوان تنها مرجع حاکمیتی کشور در امور بندری، دریایی و کشتی رانی بازرگانی به منظور ایفای نقش مرجعیت دانشی خود و در راستای تحقق راهبردهای کلان نقشه جامع علمی کشور مبنی بر "حمایت از توسعه شبکه‌های تحقیقاتی و تسهیل انتقال و انتشار دانش و سامان‌دهی علمی" از طریق "استانداردسازی و اصلاح فرایندهای تولید، ثبت، داوری و سنجش و ایجاد بانک‌های اطلاعاتی یکپارچه برای نشریات، اختراعات و اکتشافات پژوهشگران"، اقدام به ارائه این اثر در سایت SID می‌نماید.



سازمان بنادر و دریانوردی

## چکیده

امروزه استفاده از روش‌های عددی در بررسی ماهیت پدیده‌های طبیعی، حیطة وسیعی از علوم را به خود اختصاص داده است. تحلیل جریان اطراف اجسام یکی از مسائل اساسی در دینامیک سیالات می‌باشد و از اهمیت بالایی برخوردار است. بررسی میدان‌های سرعت، فشار و بررسی نیروهای وارد از سیال به جسم مانند نیروی لیفت و درگ در رژیم‌های مختلف جریان یکی از اهداف مورد بررسی در این حوزه می‌باشد. در این تحقیق پارامترهای هیدرولیکی جریان در اطراف مانع استوانه‌ای درون کانال روباز با بستر ثابت به صورت سه بعدی با کمک نرم افزار ANSYS-CFX بررسی شده است. هدف از انجام این تحقیق، بررسی تاثیر عدد رینولدز و فرود و تغییر عرض کانال بر پارامترهای جریان و تأیید صحت محاسبات انجام شده توسط معادلات مکانیک سیالات حاکم بر جریان می‌باشد. لازم به ذکر است با توجه به متقارن بودن هندسه و شرایط مرزی حاکم بر جریان برای تعیین محاسبات، جریان از نصف حوزه، تحت عنوان حوزه محاسباتی استفاده گردیده است. جهت شبیه سازی سطح مشترک سیال هوا و آب از روش VOF استفاده شده است. این نرم افزار معادلات حاکم بر جریان را به روش حجم محدود حل کرده و جهت شبکه بندی میدان محاسباتی از شبکه‌های منشوری و مکعبی استفاده شده است. برای شبیه سازی در این تحقیق از نرم افزار ANSYS-CFX استفاده شده است.

**کلمات کلیدی:** شبیه سازی عددی، استوانه عمودی ثابت، کانال مستطیلی، سطح آزاد، مدل عددی سه بعدی، روش VOF،

با بستر ثابت، ANSYS-CFX

## ABSTRACT

Nowadays, the application of numerical method for the study of the nature of natural phenomenon covers a wide range of the sciences. The analysis of flows surrounding the objects is one of the significant issues of fluid dynamics. The analysis of the speed pressure and the forces entering to solid bodies, such as lift and drag forces on different regimes. in this study, the hydraulic parameters of flow around cylinder obstacle in fixed bed open channel is evaluated three-dimensionally using ANSYS-CFX software. The aims of this study is to identify the speed, pressure and the forces entering to solid bodies, and to evaluate the effects of Reynolds and **Frud** numbers, and changes in the width of the channel on the parameters of the flow, as well as the validation of the computations done through the mechanical equations. It should be mentioned that due to having a symmetric area and boundary conditions, the computations is done only for the half of the area. The VOF method is used in order to simulate the free surface of water. This software gains the finite element method in order to compute the equations. The software of ANSYS-CFX is used for the purpose of simulation in this study.

Keywords: Numerical Simulation, Fixed vertical cylinder, Rectangular channel, Free surface, Three-dimensional numerical model, VOF model, Fixed bed, ANSYS-CFX.

Archive of SID



The University of Sistan & Baluchestan  
Graduate School

The Dissertation of M.Sc. in Mechanical Engineering Energy Conversion

Title:

**Numerical investigation of flow around a  
vertical cylinder in open channel**

Supervisor:

**Dr. A. Hossein Nezhad**

Research by:

**N. Majidi**

**Sep. 2014**