پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی عمران-آب-گرایش هیدرولیک

موضوع پایان نامه

بررسی عددی سه بعدی هیدرولیک جریان در حوضچه‌های ته‌نشینی

با استفاده از نرم افزار Fluent

استاد راهنما:

دکتر حمید شاملو

دانشجو:

صنم محجوب مهذب

شماره دانشجوئی:

۸۶۰۲۱۲۴

زمستان ۸۸

تقدیم به

مادرم

به پاس زحمات، فداکاری‌ها و حمایت‌های همیشگی‌اش

و

همسرم

که با صبر، شکیبایی و ایجاد دلگرمی، سختی راه را برایم هموار ساخت.

تشکر و قدردانی

در اینجا وظیفه خود می‌دانم از زحمات استاد گرانقدر و فرزانه جناب آقای دکتر حمید شاملو، قدردانی و سپاسگزاری بنمایم، نه فقط به خاطر راهنمایی‌ها و حمایت‌های علمی ایشان در طول پیشرفت این پایان نامه، بلکه به دلیل صبر و شکیبایی ایشان و به خاطر تشویق‌ها و ایجاد دلگرمی و توانایی بسیار بالای ایشان در انتقال اطلاعات و تجربیات خود.

همچنین از حمایت‌های جناب آقای دکتر صباغ یزدی سپاس‌گزاری می‌نمایم، چرا که بینش و دوراندیشی بالای ایشان در زمینه راه اندازی مرکز محاسبات دانشکده عمران، باعث سرعت بخشیدن به پیشبرد اهداف تحقیقاتی دانشجویان گردیده است.

از همکاری‌ها و حمایت‌های سرکار خانم مهندس بهاره پیرزاده در مراحل انجام پایان نامه نهایت تشکر و قدردانی را دارم که با راهنمایی‌ها و پشتیبانی‌های خود، همواره باعث دلگرمی‌ام شدند.

از جناب آقای دکتر حسین بزرگیان که در طول انجام پایان نامه مرا راهنمایی نمودند، تشکر و قدردانی می‌نمایم.

همچنین از دوست عزیزم سرکار خانم مهندس سمانه عزیزالله خانی به خاطر همکاری‌های صمیمانه ایشان تشکر و قدردانی ویژه می‌نمایم.

چکیده

ته‌نشینی به وسیله نیروی ثقل از معمول ترین و پرکاربردترین روشهای جداسازی ذرات جامد معلق در آب و فاضلاب می‌باشد. حوضچه‌های رسوب‌گذار از اجزاء مهم و اصلی در هر فرآیند تصفیه آب به شمار می‌روند. به دلیل هزینه بسیار زیاد ساخت و نگهداری این حوضچه‌ها، که در حدود ۳۰٪ کل هزینه تصفیه خانه‌ها را به خود اختصاص می‌دهد، عملکرد بهینه حوضچه‌های ته نشینی بسیار حائز اهمیت است. لذا انجام تحقیقات در مورد شناخت هیدرولیک جریان از طریق شبیه‌سازی عددی حوضچه‌های اولیه که غلظت رسوب در آنها کم است و هیدرولیک جریان نقش برجسته‌ای را ایفا می‌کند، برای بهبود عملکرد آنها بسیار ضروریست. نواحی چرخشی همیشه در حوضچه‌های رسوب‌گذار ایجاد می‌شوند. این مناطق با کاهش حجم مؤثر حوضچه از عملکرد مطلوب آن جلوگیری می‌کنند. در نتیجه یکی از اهداف اصلی در مدلسازی‌های عددی، شناخت طول و حجم این نواحی و سعی در کاهش دادن آن درحوضچه‌ها با استفاده از مدلسازی آشفتگی می‌باشد.

شبیه‌سازی‌های عددی موجود در این پایان نامه با استفاده نرم افزار Fluent Ver 6.3.26 انجام شده است. در این پایان نامه سعی شده است که در ابتدا با مدلسازی چند حوضچه ته‌نشینی ساده با هندسه های مختلف و مقایسه نتایج پروفیل‌های سرعت و آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی محققین گذشته، از رفتار جریان درون حوضچه‌های ته‌نشینی شناخت کافی حاصل شود. در این میان کلیه شبیه‌سازی‌ها در هر دو حالت دوبعدی و سه بعدی انجام شده‌اند و نتایج این شبیه سازی های دوبعدی و سه بعدی برای بررسی لزوم مدلسازی سه بعدی با یکدیگر مقایسه شده است. نتایج مدل‌سازی سه‌بعدی باعث کاهش خطای ایجاد شده در مدل دوبعدی شده و جزئیات هیدرولیکی سیستم، مثل حجم نواحی چرخشی و چرخش ایجاد شده در گوشه‌ها را به خوبی نمایش می‌دهد.

سپس با تغییر جایگاه ورودی حوضچه که نقش مهمی در رفتار جریان موجود در حوضچه ایفا می-کند و همچنین با قرار دادن دیواره‌های هدایت کننده جریان با شرایط مختلف در مقابل ورودی، اثرات بخش ورودی حوضچه بر روی هیدرودینامیک جریان، به صورت دوبعدی و سه‌بعدی بررسی شده است. در انتها با شبیه سازی یک مدل سه بعدی و تغییرات هندسه ورودی در عرض حوضچه، که در مدل دوبعدی

امکان پذیر نمی‌باشد، اهمیت مدلسازی سه بعدی و چگونگی رفتار جریان در مدل جدید شبیه سازی شده نیز بررسی شده است. این مدل اصلاح شده که دارای بازشو در دیواره هدایت کننده جریان بوده و دارای تغییراتی در شرایط ورودی حوضچه بوده است، از حجم نواحی چرخشی ایجاد شده در حوضچه کاسته و باعث افزایش حجم مؤثر حوضچه می‌شود که در نتیجه شرایط مساعدتری برای ته‌نشینی ذرات ایجاد خواهد شد.

واژگان کلیدی

نواحی چرخشی، حوضچه های رسوب‌گذار، مدل‌سازی سه بعدی، مدل آشفتگی، نرم افزار Fluent

فهرست مطالب صفحه

فصل اول

مقدمه

۱-۱-مقدمه ۲

۱-۲- هدف از انجام مطالعه و روش تحقیق ۴

۱-۳- معرفی فصلهای پروژه ۴

فصل دوم

کلیات و مروری بر مطالعات گذشته

۲-۱- مقدمه ۷

۲-۲-تئوری و فیزیک پدیده ته نشینی ۸

۲-۳-محل واحد ته نشینی ۹

۲-۴- نظریه ته نشینی ۹

۲-۵- قسمتهای مختلف یک واحد ته نشینی ۱۳

۲-۶-تقسیم بندی حوضچه ها از لحاظ شکل هندسی ۱۴

۲-۶-۱-مزایای حوضچه مستطیلی بر حوضچه دایروی ۱۷

۲-۶-۲-معایب حوضچه های مستطیلی نسبت به دایروی ۱۸

۲-۷-تقسیم بندی حوضچه های ته نشینی از لحاظ غلظت رسوب ۱۹

۲-۸- اثر آشفتگی جریان در ته نشینی ۱۹

۲-۹- عوامل مؤثر بر کارآیی حوضچه ۲۰

۲-۱۰- عوامل مؤثر در طرح واحدهای ته نشینی ۲۱

۲-۱۰-۱- ظرفیت ۲۲

۲-۱۰-۲- کیفیت آب و نوع تصفیه ۲۲

۲-۱۰-۳- تعداد واحدها ۲۲
۲-۱۰-۴- اندازه و شکل حوضچه ۲۳
۲-۱۰-۵- وضعیت ورودی ۲۳
۲-۱۰-۶- وضعیت خروجی ۲۳
۲-۱۰-۷- وجود صفحات برای راهنمایی جریان ۲۴
۲-۱۰-۸- زمان ماند ۲۴
۲-۱۰-۹- سرعت جریان آب ۲۴
۲-۱۰-۱۰- جمع آوری و تخلیه لجن ۲۴
۲-۱۱- نقش حرارت در ویسکوزیته آب ۲۵
۲-۱۲-مروری بر مطالعات محققین گذشته ۲۶
۲-۱۲-۱-مطالعات آزمایشگاهی انجام شده ۲۶
۲-۱۲-۲-مطالعات تحلیلی انجام شده ۲۸
۲-۱۲-۳-مطالعات عددی انجام شده ۲۹
۲-۱۳-نتیجه گیری ۳۷
فصل سوم
معرفی نرم افزار FLUENT و بررسی معادلات مورد استفاده در این نرم افزار
۳-۱-مقدمه ۴۰
۳-۲-انواع روشهای انفصال ۴۱
۳-۳-بررسی برخی از نرم افزارهای دینامیک سیالات محاسباتی ۴۲
۳-۳-۱-نرم افزار ANSYS ۴۲
۳-۳-۲-نرم افزار Fluent ۴۲
۳-۳-۳ نرم افزار STAR-CD ۴۳
۳-۳-۴-نرم افزار Flow- 3*D* ۴۳
۳-۴-بررسی دقیق تر نرم افزارFluent ۴۳

۳-۴-۱-دید کلی از نرم افزارFluent ۴۴
۳-۴-۲-روشهای انفصال موجود در نرم افزار ۴۵
۳-۴-۳- ارتباط سرعت و فشار ۴۵
۳-۵-امکان مدلسازی جریانهای چندفازی ۴۶
۳-۶-معادلات حاکم بر جریان ۴۷
۳-۷-مدلهای آشفتگی ۴۸
۳-۸- امکان اجرای برنامه بصورت موازی ۵۲
۳-۹-آشنایی با نرم افزار Gambit ۵۳
۳-۱۰-نتیجه گیری ۵۴
فصل چهارم
شبیه سازی دوبعدی و سه بعدی حوضچه های ته نشینی و بررسی هیدرولیک جریان ایجاد شده در حالات هندسی مختلف
۴-۱- مقدمه ۵۶
۴-۲-شبیه سازی دو بعدی و سه بعدی حوضچه ویندسور ۵۸
۴-۲-۱-مشخصات مدل آزمایشگاهی ۵۸
۴-۲-۲-مشخصات مدل عددی دوبعدی ۵۹
۴-۲-۲-۱-شرایط مرزی ۶۰
۴-۲-۲-۲-مقایسه پروفیلهای سرعت با نتایج آزمایشگاهی و بررسی خطاهای ایجاد شده ۶۱
۴-۲-۲-۳-بررسی طول ناحیه چرخشی ایجاد شده در مدل عددی دوبعدی ۶۲
۴-۲-۳-مشخصات مدل عددی سه بعدی ۶۳
۴-۲-۳-۱- مقایسه پروفیلهای سرعت مدل سه بعدی با نتایج آزمایشگاهی در محور مرکزی ۶۴
۴-۲-۳-۲- مقایسه پروفیلهای سرعت مدل سهبعدی در نزدیکی جداره با نتایج آزمایشگاهی در محور مرکزی ۶۵
۴-۲-۳-۳- محاسبه طول، سطح و حجم نواحی چرخشی در محورهای مختلف در مدل سه بعدی ۶۶

۴-۲-۳-۴- بررسی میدان سرعت در محورها و ارتفاعات مختلف در مدل سه بعدی برای مشاهده نواحی چرخشی ۶۸
۴-۳-شبیه سازی دو بعدی و سه بعدی حوضچه سارنیا ۷۲
۴-۳-۱-مشخصات آزمایشگاهی حوضچه سارنیا ۷۲
۴-۳-۲- شبیه سازی دوبعدی ۷۳
۴-۳-۲-۱- مشخصات مدل عددی ساده شده دوبعدی ۷۳
۴-۳-۲-۱-۱- مقایسه پروفیلهای سرعت افقی در مدل دوبعدی ساده با نتایج آزمایشگاهی ...۷۵
۴-۳-۲-۱-۲-سنجش اعتبار فرضهای سرعت یکنواخت و ویسکوزیته ثابت ۷۸
۴-۳-۲-۲- مشخصات مدل عددی دوبعدی با هندسه دقیق ۷۹
۴-۳-۲-۲-۱- مقایسه پروفیلهای سرعت افقی در مدل دوبعدی کامل با نتایج آزمایشگاهی ...۸۰
۴-۳-۲-۲-۲-مقایسه هیدرولیک جریان و چرخشهای ایجاد شده درمدل دوبعدی ساده وکامل ۸۱
۴-۳-۳-مشخصات مدل عددی سه بعدی ۸۲
۴-۳-۳-۱-مقایسه پروفیلهای سرعت در مدل سه بعدی و آزمایشگاهی در محور مرکزی.....۸۴
۴-۳-۳-۲-بررسی میدان سرعت در محورهای عرضی مختلف.....۸۵
۴-۳-۳-۳-محاسبه طول نواحی چرخشی نسبت به طول حوضچه در محورهای مختلف در مدل سه بعدی ۸۶
۴-۳-۳-۴-مقایسه طول نواحی چرخشی نسبت به طول حوضچه در محورهای مختلف در مدل سه بعدی حوضچه ویندسور و سارنیا ۸۷
۴-۴- شبیه سازی حوضچه کالسروحه و تغییر جایگاه ورودی در ارتفاع.....۸۸
۴-۴-۱- مشخصات مدل آزمایشگاهی ۸۸
۴-۴-۲- مشخصات مدل عددی دوبعدی حالت ($S_i/h=0.91$) ۹۰
۴-۴-۲-۱-شرایط مرزی ۹۱
۴-۴-۲-۲- بررسی نتایج مدل دوبعدی حالت $S_i/h=0.91$.....۹۱
۴-۴-۲-۲-۱- مقایسه پروفیلهای سرعت در جهت x و طول جدایش با نتایج آزمایشگاهی ۹۲
۴-۴-۳- مشخصات مدل عددی دوبعدی حالت ($S_i/h=0.588$).....۹۴
۴-۴-۳-۱- بررسی نتایج مدل دوبعدی حالت ($S_i/h=0.588$).....۹۵
۴-۴-۳-۱-۱-مقایسه طول ناحیه جدایش با نتایج آزمایشگاهی ۹۵

۴-۴-۳-۱-۲-مقایسه پروفیل های سرعت و آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی ۹۶
۴-۴-۴- مدل سازی 3D حوضچه در حالت $S_i/h=0.588$ ۹۹
۴-۴-۴-۱-بررسی نتایج مدل سه بعدی در حالت$S_i/h=0.588$ ۱۰۰
۴-۴-۴-۱-۱-بررسی نواحی چرخشی ایجاد شده با استفاده از میدان سرعت.....۱۰۰
۴-۴-۴-۱-۲-بررسی طول نواحی چرخشی در مقاطع عرضی مختلف و مقایسه با نتایج مدل دوبعدی و آزمایشگاهی ۱۰۳
۴-۴-۴-۱-۳-محاسبه درصد سطح و حجم اشغالی نواحی چرخشی.....۱۰۵
۴-۴-۴-۱-۴-مقایسه پروفیل های سرعت افقی و آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی در محور مرکزی ۱۰۶
۴-۴-۴-۱-۵-مقایسه پروفیلهای سرعت افقی و آشفتگی در نزدیکی جداره حوضچه با نتایج آزمایشگاهی محور مرکزی ۱۰۸
۴-۵-بررسی اثر جایگاه ورودی در حوضچه کالسروحه در مدل دو بعدی ۱۱۰
۴-۵-۱- بررسی هیدرولیک جریان در حوضچه در حالات مختلفS_i/h.....۱۱۰
۴-۵-۲- بررسی طول نواحی چرخشی ایجاد شده در حالات مختلف جایگاه ورودی.....۱۱۲
۴-۵-۳- بررسی خطاهای ایجاد شده در محاسبه طول نواحی چرخشی در مدل عددی ۱۱۳
۴-۵-۴- درصد سطح اشغالی نواحی چرخشی در حالات مختلف S_i/h ۱۱۷
۴-۶-بررسی اثر قرارگیری تیغه هدایت کننده در مسیر جریان ورودی ۱۱۸
۴-۶-۱-مشخصات مدل آزمایشگاهی در دو حالت قرارگیری بافل ها ۱۱۹
۴-۶-۲-مشخصات مدل عددی دوبعدی در دو حالت قرارگیری بافل ها.....۱۲۱
۴-۶-۲-۱-بررسی نتایج مدلسازی دوبعدی در دو حالت قرارگیری بافل ها ۱۲۲
۴-۶-۲-۲-مقایسه پروفیلهای سرعت افقی و قائم و پروفیلهای آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی در نزدیکی ورودی در هر دو حالت بافل ها.....۱۲۲
۴-۶-۲-۳-مقایسه پروفیلهای سرعت افقی و قائم و پروفیلهای آشفتگی با نتایج آزمایشگاهی در مقاطع مختلف طولی در هر دو حالت بافلها در مدل دوبعدی ۱۲۶
۴-۶-۲-۴-مقایسه طول نواحی چرخشی ایجاد شده در دو حالت قرارگیری بافل و حالت ساده بدون بافل در مدل دوبعدی ۱۳۱
۴-۶-۲-۵-مقایسه دبی در واحد عرض بدون بعد شده در محور مرکزی، q_c/q_0 در حالت های بافل یکطرفه، بافل دوطرفه، بدون بافل (در مدل دوبعدی) برای نمایش دادن اثرات جریان سه بعدی ۱۳۳

۴-۶-۳-شبیه سازی سه بعدی جریان در دو حالت قرار گیری بافل ها ۱۳۴
۴-۶-۳-۱-مشخصات مدل عددی سه بعدی با قرارگیری بافل ها ۱۳۴
۴-۶-۳-۲-مقایسه طول نواحی چرخشی در مقاطع عرضی مختلف در دو حالت قرارگیری بافلها در مدل سه بعدی ۱۳۵
۴-۶-۳-۳-مقایسه مقادیر سرعت افقی مدل سه بعدی با نقاط اندازه گیری شده در آزمایشگاه در مقاطع عرضی ۱۳۷
۴-۶-۳-۴-مقایسه پروفیلهای سرعت افقی حاصل از نتایج مدل سه بعدی با نتایج آزمایشگاهی مقاطع عرضی مختلف در حالتهای بافل یکطرفه و دوطرفه ۱۴۰
۴-۶-۳-۵-مقایسه پروفیلهای سرعت قائم حاصل از نتایج مدل سه بعدی با نتایج آزمایشگاهی مقاطع عرضی مختلف در حالتهای بافل یکطرفه و دوطرفه ۱۴۳
۴-۶-۳-۶-مقایسه پروفیلهای آشفتگی حاصل از نتایج مدل سه بعدی با نتایج آزمایشگاهی مقاطع عرضی مختلف در حالتهای بافل یکطرفه و دوطرفه ۱۴۶
۴-۶-۳-۷-مقایسه میدان سرعت در جهت عرض (v) در محورهای عرضی مختلف در هر دو حالت بافل ۱۴۹
۴-۶-۳-۸-مقایسه اختلاف سرعت افقی در محورهای مختلف با محور مرکزی در هر دو حالت بافل و حالت بدون بافل ۱۵۱
۴-۷-مدلسازی سه بعدی حوضچه با اصلاح هندسه ورودی و تیغه هدایت کننده ۱۵۳
۴-۷-۱-مشخصات مدل عددی در حالت هندسه اصلاح شده ۱۵۴
۴-۷-۲-بررسی طول نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل سه بعدی اصلاح شده و مقایسه با حالتهای سه بعدی با دو حالت بافل ۱۵۵
۴-۷-۳-بررسی میدان سرعت در مقاطع مختلف ارتفاعی در مدل سه بعدی اصلاح شده ۱۵۶
۴-۷-۴-مقایسه پروفیلهای سرعت و آشفتگی در مدل سه بعدی اصلاح شده با نتایج آزمایشگاهی ساده ۱۵۷
۴-۸- بررسی اقتصادی ساخت حوضچه های ته نشینی ۱۵۹
۴-۹-نتیجه گیری ۱۶۰

فصل پنجم

نتیجه گیری

۵-۱- مقدمه ۱۶۷
۵-۲- نتیجه گیری ۱۶۷
۵-۳- پیشنهادات برای مطالعات آینده..... ۱۷۰
پیوست اول: روشهای تجربی طراحی حوضچه های ته نشینی ۱۷۲
پیوست دوم: برآورد اقتصادی حوضچه های ته نشینی مدلسازی شده ۱۸۰
لیست مقالات ارائه شده ۱۹۱
مراجع ۱۹۲

فهرست جداول و اشکال

صفحه

فصل دوم

کلیات و مروری بر مطالعات گذشته

جدول(۲-۱) معادلات حاکم بر ته نشینی ۱۰
شکل (۲-۱) حرکت عمودی و افقی ذرات [۱۶] ۱۲
شکل (۲-۲) قسمتهای مختلف یک واحد تهنشینی (در حالت ته نشینی ایده آل ذرات) [۱۴] ۱۴
شکل (۲-۳) نمونهای از حوضچه ته نشینی مستطیلی[۱۶] ۱۵
شکل (۲-۴) نمونه ای از حوضچه ته نشینی دایره ای [۱۶] ۱۶
شکل (۲-۵) نمونه هایی از حوضچه های تهنشینی ۱۸
شکل (۲-۶) دو نوع ورودی حوضچه ته نشینی[۱۷] ۲۰
جدول(۲-۲) فهرست مطالعات آزمایشگاهی انجام شده ۳۵
جدول(۲-۳) فهرست مطالعات تحلیلی انجام شده ۳۵
جدول(۲-۴) فهرست مطالعات عددی انجام شده ۳۶

فصل چهارم

شبیه سازی دوبعدی و سه بعدی حوضچه های ته نشینی و بررسی هیدرولیک جریان ایجاد شده در حالات هندسی مختلف

شکل (۴-۱) هندسه حوضچه مورد استفاده در مدل آزمایشگاهی Imam (۱۹۸۳) ۵۸
جدول(۴- ۱) طول ناحیه چرخشی در شبکه بندی های مختلف در مدل دو بعدی ۵۹
شکل(۴-۲)شبکه بندی حوضچه مورد نظر در مدل عددی دوبعدی (a) نمایش شبکه بندی در کل طول حوضچه، (b) نمایش شبکه بندی در قسمت ورودی حوضچه ۵۹
شکل(۴-۳) مقایسه نتایج پروفیل های سرعت آزمایشگاهی Imam (۱۹۸۳) و عددی (2D) در جهت X ۶۱
شکل(۴-۴)خطوط جریان ایجاد شده در حوضچه در مدل دوبعدی و طول ناحیه چرخشیLr ۶۲
شکل (۴-۵) ابعاد حوضچه در مدل سهبعدی، بر اساس مدل آزمایشگاهی Imam (۱۹۸۳) و شرایط مرزی اعمال شده ۶۳
شکل(۴-۶)مقایسه نتایج پروفیل های سرعت آزمایشگاهی و عددی (2D) و (3D)در جهت X در مقاطع مختلف طولی در محور میانی حوضچه (y/w=0.5) ۶۵
شکل(۴-۷)نتایج پروفیلهای سرعت در جهت X در مدل عددی سه بعدی ،در مقاطع مختلف طولی، در نزدیکی جداره حوضچه(y/w=0.025) و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی در محور مرکزی (y/w=0.5) .. ۶۶

جدول(۴-۲) طول نواحی چرخشی جریان در عرض های مختلف در مدل سه بعدی.....۶۷
شکل(۴-۸)میدان سرعت درپلان x-y (a) z/h=0.1 ، (b) z/h=0.4 ، (c) z/h=0.8.....۶۸
شکل(۴-۹) میدان سرعت درمقطع عرضی x-z ،در مدل عددی 3D (a) y/w=0.03، (b) y/w=0.05، (c) y/w=0.5.....۶۹
شکل(۴-۱۰) نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل سه بعدی.....۷۰
شکل(۴-۱۱) هندسه مدل آزمایشگاهی Heinke (۱۹۷۷) (a) پلان، (b) مقطع عرضی و (c) مقطع عرضی ساده سازی شده حوضچه[۹] ۷۳
جدول(۴-۳) مشخصات جریان برای حوضچه اصلاح شده با قرار دادن بافل ۷۴
جدول(۴- ۴) طول ناحیه چرخشی در شبکه بندی های مختلف در مدل دو بعدی.....۷۵
شکل(۴-۱۲) نتایج پروفیل های سرعت مدل دوبعدی ساده در جهت X در مقاطع مختلف طولی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی Heinke(۱۹۷۷) و نتایج عددی Stamou(۱۹۸۹) ۷۶
شکل(۴-۱۳) نتایج کانتورهای ویسکوزیته گردابهای محاسبه شده در مدل دوبعدی ساده سازی شده ...۷۸
جدول(۴-۵) مشخصات جریان برای حوضچه اصلاح شده با قرار دادن بافل ۷۹
شکل(۴-۱۴) نتایج پروفیل های سرعت مدل دوبعدی ساده و کامل در جهت X در مقاطع مختلف طولی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی Heinke(۱۹۷۷) و نتایج عددی Stamou(۱۹۸۹).....۸۰
شکل(۴-۱۵) خطوط جریان ایجاد شده و ناحیه چرخشی ایجاد شده در مدل دو بعدی ساده.....۸۲
شکل(۴-۱۶) خطوط جریان ایجاد شده و نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل دو بعدی کامل.....۸۲
شکل(۴-۱۷) هندسه مدل سه بعدی ساده سازی شده با اعمال شیب کف ۸۳
شکل(۴-۱۸) هندسه مدل سه بعدی ساده سازی شده با اعمال شیب کف ۸۳
شکل(۴-۱۹) نتایج پروفیل های سرعت مدل سه بعدی ساده در جهت X در محور مرکزی حوضچه در مقاطع مختلف طولی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی Heinke(۱۹۷۷) و نتایج عددی مدل دوبعدی ساده ۸۴
شکل(۴-۲۰) میدان سرعت درمقطع عرضی x-z ،در مدل عددی 3D (a) y/w=0.01، (b) y/w=0.1 ، (c) y/w=0.5.....۸۵
جدول(۴- ۶) درصد اشغال طول نواحی چرخشی جریان نسبت به طول کل حوضچه در عرض های مختلف در مدل 3D.....۸۶
شکل(۴-۲۱) میدان سرعت درمقطع عرضی x-z، در مدل عددی ۸۶
جدول (۴-۷) مقایسه درصد اشغال طول نواحی چرخشی جریان نسبت به طول کل حوضچه در دو حوضچه سارنیا و ویندسور.....۸۷

شکل(۴-۲۲) هندسه حوضچه مورد استفاده در مدل آزمایشگاهیAdams و Stamou (۱۹۸۸)در آزمایشگاه کالسروحه [۳۴] ۸۹
جدول (۴-۸) طول ناحیه چرخشی در شبکه بندی های مختلف در مدل دو بعدی در حالت $S_i/h=0.91$۹۱
شکل(۴-۲۳) نتایج پروفیلهای سرعت در جهت x در مدل عددی دو بعدی($S_i/h=0.91$) ،در مقاطع مختلف طولی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی ۹۲
شکل(۴-۲۴)خطوط جریان ایجاد شده در مدل عددی دو بعدی در حالت ($S_i/h=0.91$).....۹۳
جدول (۴-۹) طول ناحیه چرخشی در شبکه بندیهای مختلف در مدل دو بعدی در حالت $S_i/h=0.588$ ۹۵
شکل(۴-۲۵)خطوط جریان ایجاد شده مدل آزمایشگاهی در حالت ($S_i/h=0.588$)[۱۱] ۹۶
شکل(۴-۲۶)خطوط جریان ایجاد شده در مدل عددی دو بعدی در حالت ($S_i/h=0.588$) ۹۶
شکل(۴-۲۷)نتایج پروفیلهای سرعت در جهت x در مدل عددی دو بعدی($S_i/h=0.588$) ،در مقاطع مختلف طولی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی و عددی ۹۸
شکل(۴-۲۸)نتایج پروفیلهای آشفتگی در مدل عددی دو بعدی($S_i/h=0.588$) ،در مقاطع مختلف طولی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی و عددی ۹۸
شکل(۴-۲۹) میدان سرعت درمقطع عرضی x-z ،در مدل عددی 3D (a) y/w=0.01 ، (b) y/w=0.05 ، (c) y/w=0.5 .....۱۰۱
شکل(۴-۳۰) میدان سرعت درپلان حوضچه x-y ،در مدل عددی 3D (a) z/h=0.06 ، (b) z/h =0.2 ، (c) z/h=0.7 .....۱۰۲
شکل(۴-۳۱)نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل عددی سه بعدی در حالت($S_i/h=0.588$)، در مقطع x-z، در محور مرکزی ۱۰۳
شکل(۴-۳۲) نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل عددی سه بعدی ($S_i/h=0.588$).....۱۰۴
جدول(۴-۱۰) طول نواحی چرخشی جریان در عرض های مختلف در مدل سه بعدی ۱۰۴
جدول (۴-۱۱) طول نواحی چرخشی جریان در مدل دو بعدی ۱۰۴
جدول (۴-۱۲) درصد سطح و حجم اشغالی توسط نواحی چرخشی در مدل سه بعدی ۱۰۶
شکل(۴-۳۳)نتایج پروفیلهای سرعت در جهت x در مدل عددی سه بعدی($S_i/h=0.588$) ،در مقاطع مختلف طولی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی و دوبعدی در (y=0.45m).....۱۰۷
شکل(۴-۳۴)نتایج پروفیلهای آشفتگی در مدل عددی سه بعدی($S_i/h=0.588$) ،در مقاطع مختلف طولی و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی و دوبعدی در (y=0.45m).....۱۰۷
شکل(۴-۳۵)نتایج پروفیلهای سرعت در مدل عددی سه بعدی($S_i/h=0.588$)، در نزدیکی جداره ها (y=0.01m) و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی و دوبعدی در میانه عرض.....۱۰۹

شکل(۴-۳۶)نتایج پروفیلهای آشفتگی در مدل عددی سه بعدی($S_i/h=0.588$) ، در نزدیکی جدارهها ($y=0.01m$) و مقایسه آن با نتایج آزمایشگاهی و دوبعدی در میانه عرض.....۱۰۹
جدول (۴-۱۳) طول نواحی چرخشی در حالت های مختلف قرارگیری ورودی.....۱۱۲
شکل (۴-۳۷) مقایسه طول نواحی چرخشی نتایج آزمایشگاهی و عددی به عنوان تابعی از S_i/h ۱۱۳
شکل (۴-۳۸) مقایسه نتایج مدل های آزمایشگاهی و عددی به عنوان تابعی از S_i/h (a) طول جدایش بزرگتر،(b) طول جدایش کوچکتر (در این شکل رفتار جریان در $S_i/h=0.5$ مشابه حالات $S_i/h>0.5$ میباشد.) ۱۱۴
شکل (۴-۳۹) مقایسه نتایج مدل های آزمایشگاهی و عددی به عنوان تابعی از S_i/h (a) طول جدایش بزرگتر،(b) طول جدایش کوچکتر (در این شکل رفتار جریان در $S_i/h=0.5$ مشابه حالات $S_i/h<0.5$ میباشد.) ۱۱۵
جدول (۴-۱۴) درصد خطای ایجاد شده در محاسبه طول نواحی چرخشی بزرگ در حالات مختلف S_i/h ۱۱۶
جدول (۴-۱۵) درصد خطای ایجاد شده در محاسبه طول نواحی چرخشی کوچک در حالات مختلف S_i/h ۱۱۶
جدول (۴-۱۶) درصد سطح اشغال شده توسط نواحی چرخشی در حوضچه در حالات مختلف S_i/h...۱۱۷
شکل(۴-۴۰)هندسه حوضچه اصلاح شده با قرار دادن (a) بافل یک طرفه ، (b) بافل دو طرفه (ابعاد بر حسب سانتیمتر)[۱۲].....۱۲۰
جدول(۴-۱۷) مشخصات جریان برای حوضچه اصلاح شده با قرار دادن بافل ۱۲۰
شکل(۴-۴۱) مقایسه پروفیل های U , W , K در $x/L=0.016$، (a) بافل یکطرفه و (b) بافل دو طرفه، در مدل دوبعدی با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) ۱۲۳
شکل(۴-۴۲) مقایسه پروفیل های U , W , K در $x/L=0.032$ در لبه بالادست بافل، (a) بافل یکطرفه و (b) بافل دو طرفه ، در مدل عددی دوبعدی با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) ۱۲۴
شکل(۴-۴۳) مقایسه پروفیل های U , W , K در $x/L=0.04$ در لبه پائین دست بافل ، (a) بافل یکطرفه و (b) بافل دو طرفه ، در مدل عددی دوبعدی ، با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) ۱۲۵
شکل(۴-۴۴) مقایسه پروفیلهایK , W , U در مقاطع مختلف در طول حوضچه در حالت بافل یکطرفه در مدل دوبعدی با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) ۱۲۷
شکل(۴-۴۵) مقایسه پروفیلهایK , W , U در مقاطع مختلف در طول حوضچه در حالت بافل دوطرفه در مدل دوبعدی با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) ۱۳۰
شکل (۴-۴۶) طرح شماتیک الگوی جریان و مناطق چرخشی در حالت های (a) بافل یکطرفه، (b) بافل دوطرفه، (c) بدون بافل در مدل دوبعدی [۱۲] ۱۳۲

جدول (۴-۱۸) نتایج طول مناطق چرخشی محاسبه شده در حالت های هندسی مختلف در مدل دوبعدی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی ۱۳۲
شکل (۴-۴۷) مقایسه دبی بدون بعد شده در محور مرکزی، q_c/q_0 در حالت های بافل یکطرفه ، بافل دوطرفه ، بدون بافل (در مدل دوبعدی) ۱۳۳
شکل (۴-۴۸) نمایش نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه ۱۳۵
شکل (۴-۴۹) نمایش نواحی چرخشی ایجاد شده در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه ۱۳۵
جدول (۴-۱۹) نتایج طول مناطق چرخشی محاسبه شده در حالتهای هندسی مختلف و در محورهای عرضی مختلف در مدل سه بعدی ۱۳۶
جدول (۴-۲۰) نتایج حجم مناطق چرخشی محاسبه شده در حالتهای هندسی مختلف در مدل سه بعدی ۱۳۶
شکل (۴-۵۰) نتایج سرعت افقی u در مدل عددی سه بعدی و مقایسه با نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در مقاطع عرضی y/w=0.11، y/w=0.22 ، y/w=0.5 ، شکل(a) نتایج بافل یکطرفه و شکل (b) نتایج بافل دوطرفه ۱۳۸
شکل (۴-۵۱) نتایج پروفیل های سرعت افقی U در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه در مقاطع عرضی (a) y/w=0.11، (b) y/w=0.22، (c) y/w=0.5 و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۱
شکل (۴-۵۲) نتایج پروفیل های سرعت افقی U در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه در مقاطع عرضی (a) y/w=0.11، (b) y/w=0.22، (c) y/w=0.5 و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۲
شکل (۴-۵۳) نتایج پروفیل های سرعت قائم w در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه در مقاطع عرضی (a) y/w=0.11، (b) y/w=0.22، (c) y/w=0.5 و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۴
شکل(۴-۵۴) نتایج پروفیل های سرعت قائمw در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه در مقاطع عرضی (a) y/w=0.11 ، (b) y/w=0.22 ، (c) y/w=0.5 و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۵
شکل (۴-۵۵) نتایج پروفیل های آشفتگی K در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه در مقاطع عرضی (a) y/w=0.11، (b) y/w=0.22 ، (c) y/w=0.5 و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۷

شکل (۴-۵۶) نتایج پروفیل های آشفتگی K در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه در مقاطع عرضی y/w=0.11(a)، y/w=0.22(b)، y/w=0.5(c) و مقایسه با نتایج مدل عددی دوبعدی و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی y/w=0.5 ..... ۱۴۸
شکل (۴-۵۷) میدان سرعت عرضی (V_y) در محورهای مختلف در حوضچه در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه..... ۱۵۰
شکل (۴-۵۸) میدان سرعت عرضی (V_y) در محورهای مختلف در حوضچه در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه..... ۱۵۱
شکل (۴-۵۹) نتایج اختلاف سرعت در جهت x در محورهای مختلف در حوضچه نسبت به محور مرکزی در مدل سه بعدی با بافل یکطرفه ۱۵۲
شکل (۴-۶۰) نتایج اختلاف سرعت در جهت x در محورهای مختلف در حوضچه نسبت به محور مرکزی در مدل سه بعدی با بافل دوطرفه ۱۵۲
شکل (۴-۶۱) هندسه حوضچه شبیه سازی شده و نمایش ورودی و بافلهای اصلاح شده در عرض حوضچه (a) نمایش سه بعدی، (b) مقطع عرضی در قسمت ورودی، (c) پلان حوضچه در قسمت ورودی (ابعاد بر حسب سانتیمتر)..... ۱۵۴
شکل (۴-۶۲) میدان سرعت در جهت x در مدل سه بعدی اصلاح شده در ارتفاع Z/H=0.2 و طول نواحی چرخشی ایجاد شده ۱۵۶
شکل (۴-۶۳) میدان سرعت در جهت x در مدل سه بعدی اصلاح شده در ارتفاع Z/H=0.4 و طول نواحی چرخشی ایجاد شده ۱۵۶
شکل (۴-۶۴) میدان سرعت در جهت x در مدل سه بعدی اصلاح شده در ارتفاع Z/H=0.8 و طول نواحی چرخشی ایجاد شده ۱۵۷
شکل (۴-۶۵) نتایج پروفیل های سرعت افقی در مدل سه بعدی اصلاح شده در محور y/w=0.22 و مقایسه با نتایج مدل سه بعدی ساده و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی حوضچه ۱۵۸
شکل (۴-۶۶) نتایج پروفیل های آشفتگی در مدل سه بعدی اصلاح شده در محور y/w=0.22 و مقایسه با نتایج مدل سه بعدی ساده و نتایج آزمایشگاهی Lyn و Rodi (۱۹۹۰) در محور مرکزی حوضچه ۱۵۸
شکل(پ۱-۱)دیاگرام های طراحی حوضچه های ته نشینی[۱۶]..... ۱۷۷
شکل(پ۱-۲)نموگرام طراحی ظرفیت و ابعاد حوضچه ته نشینی[۳۹] ۱۷۸

فصل اول

مقدمه