نام خانوادگی دانشجو: حیدری ارجلو	نام: سیاوش
عنوان پایان نامه : بهینه سازی تعداد پلکان ها در سرریزهای پلکانی با استفاده از مدل های فیزیکی	
استاد راهنما: دکتر حبیب موسوی جهرمی	استاد مشاور: دکتر محمود بینا
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد رشته: مهندسی علوم آب	گرایش: سازه های آبی
محل تحصیل(دانشگاه): شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی علوم آب
تاریخ فارغ التحصیلی: بهمن ۱۳۸۷	تعداد صفحات: ۳۳۲
واژه های کلیدی: سرریز پلکانی ، تعداد پلکان ، استهلاک انرژی ، رژیم جریان ریزشی و غیرریزشی ، مدل فیزیکی	

چکیده: پیشرفت های اخیر در تکنولوژی، امکانات گسترده ای را برای ساخت سدهای بزرگ،مخازن وکانال ها بوجود آورده است.این پیشرفت ها لزوم توسعه طراحی و روش های ساخت را بخصوص برای سیستم هایی که بتوانند سیلاب کافی را تخلیه کنند ایجاب می نماید.شوت ها وسرریز ها برای عبور دادن دبی های زیاد از روی یک سازه هیدرولیکی (مثلا سد، لبریز انحرافی) بگونه ای طراحی میشوند که هیچگونه صدمه عمده ای به خود سازه و همچنین به محیط اطراف آن وارد نشود.در جریان آب از روی سرریز لازم است مقداری از انرژی بخاطر جلوگیری از صدمه زدن به پنجه سد و اطراف آن و نهایتا خود سد مستهلک شود.انرژی حاصل از جریان سرریز معمولا با روش های زیر مستهلک می گردد: ۱-با کم کردن سرعت جریان آب از طریق جام پرتابی (یا از تاج سد) وپرتاب درون یک استخر پر از آب در پایین دست که شبیه به بالشتک آب عمل می کند. ۲- احداث یک حوضچه آرامش استاندارد در پایین دست سرریز بطریقی که پرش هیدرولیکی بوجود آمده در آن بتواند مقدار قابل توجهی از انرژی را مستهلک نماید. ۳- تعبیه تعدادی پله بر روی سرریز برای کمک به استهلاک انرژی کند.

در این پایان نامه تعداد ۵۴ مدل از سرریزهای پلکانی با ورق پلگسی گلاس ۶ میلی متری ساخته و آزمایشات با ۵ دبی (۱۰-۲۰-۳۰-۴۰-۵۰ لیتر بر ثانیه در واحد عرض) و نیز ۳ شیب(h/l) (۰،۳۰ ،۲۶/۵۶ ،۲۱/۸ درجه) انجام گردید(جمعاً ۲۷۵ آزمایش صورت گرفت). در مدلهای فیزیکی با شیب یکسان، پارامتر متغییر تعداد پلهها(یا ارتفاع پلهها) بوده است. نتایج حاصل از این پژوهش نشان می دهند که:

۱-استفاده از عمق آب قبل از پرش هیدروایکی در پایین دست سرریز جهت تعیین افت انرژی، باعث برآورد بیشتر(غیرواقعی) افت انرژی نسبی می گردد. در واقع با ورود حباب های هوا به داخل جریان، از میزان تنش برشی کاسته شده و باعث افزایش حجم جریان می شود که اندازه گیری عمق جریان را با خطا روبرو می سازد. ۲- با مشاهدات مدل سازی انجام شده مشخص گردید که با افزایش دبی جریان در تمام تعداد پلکانها از میزان افت انرژی نسبی در طول سرریز کاسته می شود. ۳- در این تحقیق مشخص شد که اگر چنانچه پارامتر های مؤثر در افت نسبی انرژی را درمطالعات در نظر بگیریم می توان از تأثیر رژیم جریان ریزشی و غیر ریزشی صرف نظر نمود.این مسئله با توجه به نتایج سایر محققان و همچنین سلماسی (۱۳۸۳) نیز تأیید می شود ، و لذا می توان یک منحنی پیوسته را برای هر دو نوع رژیم جریان برازش داد . ۴ - با افزایش تعداد پله ها تا حد معینی شاهد افزایش افت انرژی نسبی در سرریزها بودیم ، اما اگر چنانچه این تعداد از حد معینی تجاوز کند ، که این حدود در تحقیقات چانسون و راجاراتنام نیز آمده است ، اثر مثبت آن از بین می رود زیرا با افزایش تعداد پله ها و کاهش ارتفاع پله ها در واقع اندازه زبری کاهش یافته و پله ها زودتر در زیر آب مستغرق می شوند ، و در نتیجه اثر زبری آنها کاهش می یابد ، در ضمن جریان های چرخشی کوچکتری نیز در زیر بستر کاذب ایجاد می شود که در نتیجه اثر آنها را کاهش می دهد . ۵- با توجه به نمودارهای ارائه شده در فصل ششم این پایان نامه، تعداد بهینه پلکان به ازاء مقادیر مختلف پارامتر بدون بعد Yc/h و عدد فرود به گونه ای مشخص گردید که حداکثر مقدار افت انرژی نسبی، صورت گرفته باشد. همچنین مشخص گردید که با افزایش مقدار پارامتر Yc/h و عدد فرود حداکثر افت انرژی صورت گرفته در تعداد پلکان بالاتری اتفاق افتاده است . همچنین با بررسی تاثیر شیب بر تعداد بهینه پلکان مشخص گردید که با افزایش شیب سرریز، حداکثر افت انرژی صورت گرفته در تعداد پلکان کمتری صورت خواهد گرفت.

لازم به توضیح است که تعداد پلکان اشاره شده در جداول (۶-۱۹) و (۶-۲۰) این پایان نامه ، با توجه به شرایط این آزمایش بدست آمده است که با انجام آزمایشات دقیقتر و در نظر گرفتن تمامی پارامترهای موثر در بهینه سازی سرریزهای پلکانی شاید این مقادیر بدست نیایند. اما نکته اساسی این است که تعداد بهینه واقعی در رنج تعداد بدست آمده در این پایان نامه می باشد.

عنوان **فهرست مطالب** **شماره صفحه**

فصل اول : کلیات

- علائم .....أ

- علائم یونانی .....ت

۱- ۱- مقدمه 5

۱- ۲ - تاریخچه 6

۱-۳-کاربرد سرریز های پلکانی 7

۱-۴ - رژیم‌های جریان 9

۱-۵-پیش بینی رژیم های جریان 11

۱-۶- اهداف 12

۱-۷- خلاصه موضوعات مطرح شده در پایان نامه به تفکیک فصول 17

فصل دوم : هیدرولیک جریان در سرریزهای پلکانی

۲-۱- مقدمه 21

۲-۲- هیدرولیک رژیم جریان ریزشی ۲۲

۲-۲-۱- محاسبات مسیر پرتاب جت 21

۲-۲-۲-خصوصیات اصلی جریان ۲۴

۲-۲-۲-۱-رژیم های فرعی ریزشی ۲۴

عنوان	فهرست مطالب	شماره صفحه

۲-۲-۲-۲- جابجایی بین رژیم های فرعی جریان ریزشی 26

۲-۲-۳- خصوصیات هیدرولیکی جریان های ریزشی همراه با جهش هیدرولیکی ۲۷

۲-۲-۳-۱ خصوصیات اصلی جریان ۲۷

۲-۲-۳-۲- استهلاک انرژی ۲۸

۲-۲-۴-خصوصیات هیدرولیکی جریان های ریزشی بدون پرش هیدرولیکی ۳۰

۲-۲-۴-۱ پروفیل های طولی سطح آزاد ۳۱

۲-۲-۴-۲- استهلاک انرژی ۳۱

۲-۲-۵- ضریب اصطکاک در سرریزهای پلکانی با رژیم جریان غیر ریزشی ۳۵

۲-۳- هیدرولیک رژیم جریان انتقالی.....۳۷

۲-۳-۱- الگوهای جریان ۳۷

۲-۳-۲- خصوصیات جریان «آب-هوا» ۳۹

۲-۳-۲-۱- خصوصیات جریان «آب-هوا» روی یک شوت پله ای ملایم ۴۰

۲-۳-۲-۲- خصوصیات جریان «آب-هوا» روی یک شوت پله ای ۴۰

۲-۳-۳- طرح خصوصیات ویژه جریان ۴۵

عنوان **فهرست مطالب** **شماره صفحه**

۲-۴- هیدرولیک رژیم جزیان غیرریزشی ۵۰

۲-۴-۱- الگوهای اصلی جریان ۵۱

۲-۴-۲- طراحی تاج و جریان جت انحرافی ۵۲

۲-۴-۳- توسعه ناحیه جریان و نقطه شروع حبس هوا..... ۵۵

۲-۴-۳-۱- توسعه خصوصیات جریان..... ۵۵

۲-۴-۳-۲- نقطه شروع (Point of Inception) ۵۶

۲-۴-۴- خصوصیات جریان کاملاً توسعه یافته..... ۵۷

۲-۴-۴-۱- حبس هوا..... ۵۷

۲-۴-۴-۲ -توزیع سرعت ۵۹

۲-۴-۵-استهلاک انرژی..... ۶۰

۲-۵-مقایسه استهلاک انرژی بین جریان های ریزشی،انتقالی و غیرریزشی ۶۱

فصل سوم: مروری بر تحقیقات گذشته

۳-۱- مقدمه..... ۶۵

۳-۲ – تحقیقات انجام گرفته بر روی هیدرولیک جریان‌های غیر ریزشی ۶۵

۳-۲-۱- تحقیقات سورنسن(۱۹۸۵)..... ۶۶

۳-۲-۲- تحقیقات راجاراتنام (۱۹۹۰) ۷٤

۳-۲-۳- تحقیقات کریستودولو (۱۹۹۳)..... ۷٦

عنوان **فهرست مطالب** **شماره صفحه**

۳-۲-٤- تحقیقات احمدیار و بیات(۱۳۷۲) ۷۸

۳-۲-٥- تحقیقات چانسون (۱۹۹٤) ۷۹

۳-۲-٦- تحقیقات رایس و کاداوی(۱۹۹٦) ۸۱

۳-۲-۷- تحقیقات یزدانی(۱۳۷۷) ۸۷

۳-۲-۸- تحقیقات چمنی و راجاراتنام (۱۹۹۹) ۸۸

۳-۲-۹- تحقیقات پگرام و همکاران (۱۹۹۹) ۹۲

۳-۲-۱۰- تحقیقات بارانی و صدری(۱۳۸۲) ۱۰۰

۳-۲-۱۱- تحقیقات بارانی و سهرابی پور (۱۳۸۲) ۱۰۲

۳-۲-۱۲ : تحقیقات سلماسی ،بینا و موسوی(۱۳۸۲) ۱۰۵

۳-۳- تحقیقات انجام گرفته در مورد هیدرولیک جریان‌های ریزشی ۱۰۶

فصل چهارم: مواد و روش ها

۴-۱-تأسیسات مورد نیاز این مدل در آزمایشگاه هیدرولیک : ۱۱۴

۴-۲- مشخصات فلوم آزمایشگاه هیدرولیک : ۱۱۴

۴-۳- آنالیز ابعادی : ۱۱۷

۴-۴ - مدلهای هیدرولیکی : ۱۱۷

۴-۵- تعیین پارامتر های مؤثر در جریان عبوری از سرریز های پلکانی : ۱۱۷

عنوان **فهرست مطالب** **شماره صفحه**

۴-۶ - تئوری π باکینگهام :.....۱۱۹

۴-۷ - انجام آنالیز ابعادی برای سرریز پلکانی : ۱۱۹

۴-۸ - شرح مدلهای فیزیکی ساخته شده : ۱۲۰

۴-۹ - شرح ساخت و نصب مدلها : ۱۲۱

۴-۱۰- روش انجام آزمایشات : ۱۳۰

فصل پنجم : نتایج و بحث

۵-۱-مقدمه ۱۳۴

۵-۲- سرریزها با شیب ۲۱/۸ درجه ۱۳۴

۵-۲-۱- مشاهدات سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8Deg, N = 3)$ ۱۳٤

۵-۲-۲- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8Deg, N = 5)$ ۱۳۵

۵-۲-۳- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8Deg, N = 7)$ ۱۳٦

۵-۲-٤- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8Deg, N = 9)$ ۱۳۸

۵-۲-۵- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8Deg, N = 11)$ ۱۳۹

۵-۳- سرریزها با شیب ۲۶/۵۶ درجه ۱۴۰

۵-۳-۱- مشاهدات سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56Deg, N = 2)$ ۱٤۰

۵-۳-۲- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56Deg, N = 3)$ ۱٤۱

۵-۳-۳- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56Deg, N = 5)$ ۱٤۲

عنوان	فهرست مطالب	شماره صفحه

۵-۳-٤- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56 Deg, N = 7)$ ۱٤۳

۵-۳-۵- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56 Deg, N = 9)$ ۱٤۵

۵-۳-٦- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56 Deg, N = 11)$ ...۱٤٦

۵-۴- سرریزها با شیب ۳۰ درجه ۱۴۷

۵-٤-۱- مشاهدات سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 2)$ ۱٤۷

۵-٤-۲- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 3)$ ۱٤۷

۵-٤-۳- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 5)$ ۱٤۸

۵-٤-٤- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 7)$ ۱٤۹

۵-٤-۵- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 9)$ ۱۵۰

۵-٤-٦- مشاهدات آزمایشگاهی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 30 Deg, N = 11)$ ۱۵۲

۵-۵ - نکاتی در مورد نرم افزار Data Fit :.....۱۵۳

۵-۶- تاثیر ورود هوا در اندازه گیری افت انرژی نسبی و میزان خطای حاصله ۱۵۴

۵-۷ : مقایسه نسبت افت انرژی به پارامتر های در نظر گرفته شده در کل آزمایشات ۱۵۸

۵-۷-۱- تاثیر پارامتر بی بعد y_c / h ۱۵۸

۵-۷-۲- تاثیر پارامتر بی بعد Fr_1 .....۱٦٤

۵-۷-۳- بررسی نسبت افت به R_e : ۱٦٦

عنوان **فهرست مطالب** **شماره صفحه**

۵-۷-۴- بررسی تاثیر پارامتر $\frac{H_{dam}}{Y_c}$: ۱۶۸

۵-۸- نتیجه گیری و بحث : ۱۷۲

فصل ششم :نتیجه گیری و پیشنهادات

۶-۱- نتایج : ۲۱۴

۶-۲ - پیشنهادات : ۲۱۷

۶-۳- فهرست منابع : ۲۱۸

- پیوست شماره (۱)

- پیوست شماره (۲)

- پیوست شماره (۳)

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

فصل اول : کلیات

جدول (۱-۱) : مشخصات برخی از مدل ها و مطالعات نمونه های واقعی ۱٤

فصل دوم: هیدرولیک جریان در سرریزهای پلکانی

جدول (۲-۱)- رابطه بین C_{mean}، D' و K' (اقتباس از چانسون Chanson,1997a).....۵۹

فصل سوم : مروری بر تحقیقات انجام شده

جدول (۳-۱): مقادیر دبی جریان، ارتفاع تیغه آب بر روی تاج سرریز و سرعت در پنجه سرریز در مدل‌ها

..... ٦۹

جدول (۳-۲): عمق جریان (بر حسب متر) و محل ورود هوا بر روی پلکان‌ها در مدل فیزیکی C ۷۲

جدول(۳-۳): خلاصه نتایج آزمایش‌های رایس و کاداوی(۱۹۹٦) ۸٤

جدول(۳-٤): معادلات برازش داده شده جهت محاسبه افت انرژی.....۱۰۱

جدول(۳-۵): معادلات برازش داده شده جهت محاسبه عمق آب پایین دست ۱۰۲

فصل چهارم : مواد و روش ها

جدول (۴-۱) : جدول آنالیز ابعادی و واحد پارامتر های مورد نیاز این تحقیق ۱۱۸

جدول (۴-۲) : مشخصات و ابعاد هندسی مدل های مورد استفاده در آزمایشات ۱۳۲

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

فصل پنجم: نتایج و بحث

جدول(۵-۱): اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8 Deg, N = 3)$ ۱۳٤

جدول(۵-۲):اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8 Deg, N = 5)$ ۱۳٦

جدول(۵-۳):اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8 Deg, N = 7)$ ۱۳۷

جدول(۵-٤):اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8 Deg, N = 9)$ ۱۳۹

جدول(۵-۵):اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 21/8 Deg, N = 11)$ ۱٤۰

جدول(۵-٦): اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56 Deg, N = 2)$ ۱٤۱

جدول(۵-۷):اندازه‌گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات: $(\alpha = 26/56 Deg, N = 3)$ ۱٤۲

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

جدول(۵-۸):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 26/56 Deg, N = 5)$ ۱۴۳

جدول(۵-۹):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 26/56 Deg, N = 7)$ ۱۴۴

جدول(۵-۱۰):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 26/56 Deg, N = 9)$ ۱۴۵

جدول(۵-۱۱):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 26/56 Deg, N = 11)$ ۱۴۶

جدول(۵-۱۲): اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30 Deg, N = 2)$ ۱۴۷

جدول(۵-۱۳):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30 Deg, N = 3)$ ۱۴۸

جدول(۵-۱۴):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30 Deg, N = 5)$ ۱۴۹

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

جدول(۵-۱۵):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30Deg, N = 7)$ ۱۵۰

جدول(۵-۱۶):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30Deg, N = 9)$ ۱۵۱

جدول(۵-۱۷):اندازه گیری و محاسبه پارامترهای هیدرولیکی برای سرریز پلکانی با مشخصات:

$(\alpha = 30Deg, N = 11)$ ۱۵۲

جدول (۵- ۱۸): معادلات خروجی از نرم افزار data fit برای سرریز ۲۱/۸ درجه برای تعداد پلکان مختلف ۱۶۰

جدول (۵- ۱۹): معادلات خروجی از نرم افزار data fit برای سرریز ۲۶/۵۶ درجه برای تعداد پلکان مختلف ۱۶۲

جدول (۵- ۲۰): معادلات خروجی از نرم افزار data fit برای سرریز ۳۰ درجه برای تعداد پلکان مختلف ۱۶۳

جدول (۵-۲۱) : پارامترهای مورد استفاده جهت تخمین معادله افت انرژی نسبی ۱۷۴

جدول (۵-۲۲) : ضرایب همبستگی بدست آمده برای معادلات تک پارامتری ۱۷۴

جدول (۵-۲۳) : ضرایب همبستگی بدست آمده برای معادلات دو پارامتری ۱۷۵

جدول (۵-۲۴) : ضرایب همبستگی بدست آمده برای معادلات سه پارامتری ۱۷۵

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

جدول (۵-۲۵) : ضرایب همبستگی بدست آمده برای معادلات چهار پارامتری.....۱۷۶

جدول (۵-۲۶) : ضرایب همبستگی بدست آمده برای معادلات پنج پارامتری ۱۷۶

جدول (۵-۲۷) : معادلات منتخب بر اساس بالاترین ضریب همبستگی ۱۷۶

جدول (۵-۲۸) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۱).....۱۷۹

جدول (۵-۲۹) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۲).....۱۸۰

جدول (۵-۳۰) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۳).....۱۸۱

جدول (۵-۳۱) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۴).....۱۸۲

جدول (۵-۳۲) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۵).....۱۸۳

جدول (۵-۳۳) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۶).....۱۸٤

جدول (۵-۳۴) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۷).....۱۸۵

جدول (۵-۳۵) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۸).....۱۸٦

جدول (۵-۳۶) : خروجی نرم افزار data fit برای معادله شماره (۹).....۱۸۷

جدول (۵-۳۷) : مقایسه تعداد N محاسبه شده با فرمولهای منتخب و تعداد مورد آزمایش ۱۸۹

جدول (۵-۳۸) : مقادیر تعداد پلکان به ازاء حداکثر افت صورت گرفته در گراف های شماره (۵-۲۹) تا (۵-۳۵) ۲۰۵

عنوان **فهرست جداول** **شماره صفحه**

فصل ششم : نتیجه گیری و ارائه پیشنهادات

جدول (۶-۱) : تعداد بهینه پلکان به ازاء مقادیر مختلف پارامتر بدون بعد Yc/h در شرایط آزمایش ۲۱۵

جدول (۶-۲) : تعداد بهینه پلکان به ازاء مقادیر مختلف پارامتر بدون عدد فرود در شرایط آزمایش.... .۲۱۵

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

فصل اول : کلیات

شکل (۱-۱) : رژیم های جریان در بالای شوت پله ای. الف- رژیم جریان ریزشی با جهش هیدرولیکی کاملاً توسعه یافته. ب- رژیم جریان تبدیلی. ج- رژیم جریان غیرریزشی با چرخش حفره ای پایدار 11

فصل دوم – هیدرولیک جریان در سرریزهای پلکانی

شکل ۲-۱ : جریان در یک سازه آبشاری: الف- جریان در سازه آبشاری ب- جزئیات هندسه تیغه..... ۲۴

شکل ۲-۲ : رژیم های مختلف جریان های فرعی ریزشی الف- جریان ریزشی با جهش هیدرولیکی کامل(رژیم فرعی NA_1). ب- جریان ریزشی با جهش هیدرولیکی ناقص (رژیم فرعیNA_2). ج- جریان ریزشی فاقد جهش هیدرولیکی(رژیم فرعی NA_3) 25

شکل (۲-۳) : استهلاک انرژی در رژیم جریان ریزشی -طرح تعریضی ۲۹

شکل (۲-۴) : پروفیل طولی سطح آزاد جریان ریزشی بدون جهش هیدرولیکی(رژیم فرعی NA_3). جریان ورودی دریچه دار ۳۰

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

شکل (۲-۵): استهلاک انرژی در رژیم فرعی جریان تیغه ای نوع NA_3 الف- بار پسماند بدون بعد $\frac{H_{res}}{d_c}$ بعنوان تابعی از ارتفاع نسبی آبشار $\frac{H_{dam}}{d_c}$. مقایسه بین داده های تجربی (Fael,2000 & ;Pinheiro Horner,1969) و داده های شوت صاف (chanson,1997b; yasuda & ohatsu,1999) داده های جریان غیرریزشی (Yasuda & Ohatsu,1999) ب- شیب اصطکاکی اصلاحی $\frac{8S_f}{d_c}$ بعنوان تابعی از ارتفاع آبشار بدون بعد $\frac{H_{dam}}{d_c}$. مقایسه بین داده های جریان ریزشی NA3 و داده های کف صاف بستر (Chanson,1997a) ۳۴

شکل (۲-۶) رژیم جریان انتقالی: الگوهای جریان "هوا-آب" در ناحیه جریان متغیر تدریجی الف- شوت ملایم ب- شوت تند ۳۸

شکل (۲-۷): خصوصیات جریان "آب-هوا" در ناحیه جریان متغیر تدریجی(جریان تبدیلی TRA) : $\alpha=3.4$ ° درجه، جریان ورودی فوق بحرانی، داده های محور مرکزی الف- توزیع غلظت بدون بعد هوا و وفور حباب ها (q=0.08 m2/s، h=0.07 m- پله شماره ۱۶) در ناحیه چرخش مجدد(X=0)، ناحیه برخورد (X=0.2 m و X=0.4 m) و ناحیه جریان فوق بحرانی ((X=0.8 m و X=1 m). شرح علائم: علائم سیاه= داده های مربوط به کسر تخلخل . علائم سفید= درجه شمار بدون بعد حباب $F_{ab}\frac{d_c}{v_c}$ - خط چین= تئوری کسر تخلخل ب- رابطه بدون بعد بین غلظت هوا و وفور حباب هوا (q_w=0.08 m2/s ، h=0.07 m پله شماره ۱۶) ۴۱

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

شکل (۲-۸) : خصوصیات جریان "آب-هوا" در جریان تبدیلی(TRA): α=22 ° درجه، داده های محور مرکزی در لبه پله اندازه گیری شده اند. الف- توزیع غلظت بدون بعد هوا و فراوانی حباب ها (d_c/h=0.87 m2/s ،h=0.1 m) لبه اولین پله(بلافاصله) پایین دست نقطه شروع حبس هوا، لبه دومین پله در پایین دست نقطه شروع، لبه سومین پله در پایین دست نقطه شروع، لبه پله پنجم در پایین دست نقطه شروع- شرح علائم: علائم سیاه= داده های قسمت تخلخل . علائم سفید= درجه شمار بدون بعد حباب $F_{ab}\frac{d_c}{v_c}$ - خط چین= تئوری کسر تخلخل ۴۴

شکل (۲-۹): خصوصیات جریان "آب-هوا" در جریان تبدیلی(TRA): α=22 ° درجه، داده های محور مرکزی در لبه پله اندازه گیری شده اند. الف- توزیع غلظت بدون بعد هوا و فراوانی حباب ها (d_c/h=0.77 m2/s ،h=0.1 m) لبه اولین پله(بلافاصله) پایین دست نقطه شروع حبس هوا، لبه دومین پله در پایین دست نقطه شروع، لبه سومین پله در پایین دست نقطه شروع، لبه پله چهارم در پایین دست نقطه شروع، لبه پله پنجم در پایین دست نقطه شروع، لبه پله ششم در پایین دست نقطه شروع - شرح علائم: علائم سیاه= داده های قسمت تخلخل . علائم سفید= درجه شمار بدون بعد حباب $F_{ab}\frac{d_c}{v_c}$ - خط چین= تئوری کسر تخلخل ب- رابطه بدون بعد بین غظظت هوا و وفور حباب هوا (d_c/h=0.77 m2/s، h=0.1 m) ۴۶

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

شکل (۲-۱۰) : تغییرات طولی جریان "آب-هوا" در جریان تبدیلی(TRA) مشاهدات تجربی دانشگاه کوئینزلند:($\alpha=3.4$ ° درجه، $qw=0.08$ m2/s، $h=0.07$ m) داده های خط مرکزی -بالا: غلظت متوسط هوا – وسط: حداکثر درجه شمار بدون بعد حباب. پایین:عمق جریان بدون بعد "آب-هوا" Y90/dc. ۴۸

ب- دانشگاه کوئینزلند :° $\alpha=22$ درجه، $h=0.1$ m- داده ها در لبه پله اندازه گیری شده اند. بالا: متوسط غلظت هوا، وسط: حداکثر درجه بدون بعد حباب – پایین: متوسط سرعت جریان بدون بعد ۴۹

شکل(۲-۱۱): نواحی جریان روی سرریز پلکانی در شرایط جریان غیرریزشی ۵۱

شکل (۲-۱۲): الگوهای جریان در حفره بین پله های مجاور- الف- رژیم فرعی متداخل ضعیف پله (SK_1)(شیب های ملایم) ب- رژیم فرعی متداخل "ضعیف-ضعیف" (SK_2)(شیب حدود ۲۰ تا ۲۵ درجه) ج- رژیم فرعی جریان حفره ای چرخشی(SK_3) (شیب های پله ای)..... ۵۳

شکل (۲-۱۳): ابتدای انحراف جت: شبیه به ابتدای جریان ریزشی و غیرریزشی ۵۵

شکل (۲-۱۴): داده های حاصل از انواع مختلف پروفیل تاج(اوجی-لبه پهن) ۵۷

شکل(۲-۱۵) : مقایسه استهلاک انرژی در رژیم های جریان ریزشی تبدیلی و غیرریزشی ۶۲

فصل سوم : مروری بر تحقیقات انجام شده

شکل (۳-۱): قسمتی از پروفیل فوقانی سرریز پلکانی (ابعاد بر حسب پروتوتیپ می‌باشند(سورنسن(۱۹۸۵) ۶۷

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

شکل (۳-۲): پروفیل‌های سرریز پلکانی در طرح اولیه و طرح اصلاحی ۷۰

شکل (۳-۳): رابطه بین دبی و سرعت جریان در پنجه سرریز(مدل B,C) ۷۱

شکل(۳-۴): سرعت در پنجه سرریز پلکانی و صاف (برای پروتوتیپ) ۷۳

شکل(۳-۵): تغییرات استهلاک انرژی نسبی به‌ازای y_c/h و N ۷۷

شکل (۳-۶): رابطه بین استهلاک انرژی نسبی $\Delta H/H_t$ و پارامتر بی‌بعد y_c/Nh در آزمایش‌های کریستودولو و سورنسن ۷۸

شکل(۳-۷): مقطع عرضی شماتیک مدل و محل نصب پیزومترها(رایس و کاداوی،۱۹۹۶) ۸۲

شکل (۳-۸) پروفیل سرعت برای دبی ۱۴/۵ $m^3/s/m$ در دو نوع سرریز پلکانی و صاف ۸۴

شکل (۳-۹): مقطع عرضی سرریز پلکانی برای توضیح پارامترهای افت انرژی ۸۵

شکل (۳-۱۰) پروفیل‌های کل استهلاک انرژی ۸۵

شکل (۳-۱۱) مقایسه بین نتایج آزمایش‌های رایس و کاداوی با کریستودولو ۸۶

شکل (۳-۱۲) : الف – پروفیل غلظت هوا در منطقه جریان کاملاً گسترش یافته رژیم غیر ریزشی (۰/۶ = l/h و h = ۱۲۵ mm و ۱ = y_c/h) ب – پروفیل سرعت در منطقه جریان کاملاً گسترش یافته رژیم غیر ریزشی (l/h = ۰/۶، h = ۱۲۵mm و ۱/۲ = y_c/h) ۹۰

شکل (۳-۱۳): تغییرات غلظت هوا ($\bar{C}$) با دبی جریان (Q) ۹۱

شکل(۳-۱۴): استهلاک انرژی نسبی در رژیم جریان غیر ریزشی مدل سرریز پلکانی ۹۱

عنوان **فهرست اشکال و گراف ها** **شماره صفحه**

شکل (۳-۱۵): مقادیر عمق مزدوج هیدرولیکی (y_2) و عمق بحرانی (y_c) برای مدل با مقیاس ۱:۱۰ و ارتفاع سرریز برابر ۳۰ متر و ۴ اندازه متفاوت ارتفاع پلکان ۹۳

شکل (۳-۱۶): مقادیر عمق مزدوج هیدرولیکی (y_2) و عمق بحرانی (y_c) برای مدل با مقیاس ۱:۲۰ و ارتفاع سرریز برابر ۵۸ متر و ۳ اندازه متفاوت ارتفاع پلکان ۹۴

شکل (۳-۱۷): تغییرات عمق مزدوج و عمق بحرانی برای سرریز صاف به ارتفاع ۵۸ متر. نتایج برای سرریز کاملا صاف (حالت ایده آل)،سرریز سنتی صاف (بدون پلکان برای پروتوتیپ) و مدل با مقیاس ۱/۲۰ می‌باشند ۹۵

شکل (۳-۱۸): تغییرات عمق مزدوج و عمق بحرانی برای سرریزهای صاف و پلکانی به ارتفاع ۵۸ متر(مقیاس مدل=۱/۲۰) ۹۶

شکل(۳-۱۹): تغییرات انرژی در پنجه سرریز به ارتفاع ۳۰ متر به‌ازای عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۹۷

شکل(۳-۲۰): تغییرات انرژی در پنجه سرریز به ارتفاع ۵۸ متر به‌ازای عمق ثانویه پرش هیدرولیکی ۹۸

شکل(۳-۲۱): تغییرات بین EDR و y_c برای سه مقیاس و ارتفاع سرریز متفاوت ۹۹

شکل(۳-۲۲): نمودار بدون بعد افت انرژی جریان عبوری از روی سرریز در شیب‌های کف پله صفر، ۱۵،۲۶،۳۶،۴۵ درجه ۱۰۱

شکل(۳-۲۳): مقایسه درصد افت انرژی بر روی سرریز پلکانی لبه‌دار و بدون لبه ۱۰۳

شکل(۳-۲۴): تاثیر ضخامت لبه‌ها در شرایط جریان بر روی سرریز پلکانی ۱۰۴