

اثر دفلکتور در سرریز جامی شکل همراه با کانال نزدیک شونده روی طول پرش و تلفات انرژی

محدثه صادقی عسکری^{*۱} و سید حبیب موسوی جهرمی^۲

چکیده

یکی از راه‌های افزایش راندمان استهلاک انرژی در سرریز جامی شکل، استفاده از دفلکتور است. دفلکتور، سازه گوه شکلی است که با ایجاد انحراف در جریان موجب تغییر مسیر قسمتی از جریان می‌شود. در این مطالعه جریان عبوری از جام با کانال نزدیک شونده، با استفاده از دفلکتور به دو جریان تقسیم شده است. برای رسیدن به هدف‌های این مطالعه، آزمایش‌ها در عدد‌های فرود ۲/۶، ۳/۴ و ۴/۳ با دفلکتورهایی به طول ضلع ۳، ۶ و ۹ سانتی‌متر و زاویه ۱۲، ۲۲، ۳۲ و ۴۲ درجه انجام شدند. تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد برخورد این دو جریان با یکدیگر استهلاک انرژی در سازه فلیپ باکت را افزایش می‌دهد. استفاده از دفلکتور باعث حداکثر ۶۲/۱ درصد استهلاک انرژی شده است، که این استهلاک ۲۹ درصد با حالت بدون دفلکتور اختلاف داشت. همچنین استفاده از دفلکتور، طول پرش به شعاع باکت را کاهش داده است. حداکثر این کاهش ۴۱/۷ درصد نسبت به حالت بدون دفلکتور است.

واژه‌های کلیدی: تلفات انرژی، دفلکتور، سرریز جامی شکل، طول پرش، مدل فیزیکی.

ارجاع: صادقی عسکری م. و موسوی جهرمی س. ح. ۱۳۹۳. اثر دفلکتور در سرریز جامی شکل همراه با کانال نزدیک شونده روی طول پرش و تلفات انرژی. مجله پژوهش آب ایران. ۸(۱۵): ۶۳-۷۱.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد سازه‌های آبی دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

۲- استاد گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز.

* نویسنده مسئول: sadeghi.mohad3@yahoo.com

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۳/۱۸

مقدمه

یکی از پارامترهای مهم در طراحی سازه‌های هیدرولیکی کنترل سرعت جریان است. سرعت جریان برای شرایط مختلف طراحی باید در محدوده‌ای قرار گیرد تا از تخریب و خسارت بستر و سواحل پایین‌دست جلوگیری شود. برای مستهلک کردن انرژی جنبشی اضافی و تقلیل سرعت جریان تا حد زیادی باید از سازه‌های مستهلک کننده انرژی استفاده کرد (بیرامی، ۱۳۷۹).

حوضچه‌های آرامش، جام غلتابی و جام پرتابی متداول ترین سازه‌های استهلک انرژی هستند. در حوضچه‌های آرامش استهلک انرژی جریان با استفاده از پرش هیدرولیکی صورت می‌گیرد (ویشکر و هگر، ۱۹۹۵). هنگامی که جریان با سرعت زیاد با توده آب در حال حرکت با سرعت کم برخورد کند، ابتدا جریان با سرعت زیاد در زیر توده آب حرکت می‌کند، سپس به سمت سطح آب پخش و گسترده می‌یابد. این عمل موجب تلاطم و پیدایش گرداب‌ها در داخل و غلتاب‌ها در سطح آب می‌شود. غلتاب‌ها به طور پیوسته در سطح آزاد پرش تشکیل می‌شوند و در جهت عکس حرکت عقربه‌های ساعت حرکت می‌کنند. حرکت غلتاب‌ها و گرداب‌های ناشی از تلاطم، سبب هدررفتن مقدار زیادی انرژی در پرش به‌صورت گرما می‌شود (ابریشمی و حسینی، ۱۳۸۳).

در حوضچه‌های پرتابی که، جام پرتابی یکی از اجزای آن است، هنگامی که جریان از تندآب وارد جام می‌شود، مقداری از انرژی آن در جام مستهلک می‌شود. اما به خاطر طول به نسبت کوتاه جام، اصطکاک بین بستر کانال با سطح زیرین جریان و مقاومت هوا با سطح آزاد جریان، نقش زیادی در استهلک انرژی ندارد. بلکه تغییر جهت جریان در جام به سمت بالا و نیروی جاذبه‌ی زمین که شتاب رو به پایین وارد می‌کند، باعث کاهش شتاب حرکت و سرعت جریان در جام می‌شود. بخش زیادی از انرژی جریان با پخش و پراکنده شدن جت خروجی جریان از سازه به‌صورت پرش اسکی مستهلک می‌شود بدیهی است هرچه طول طی شده توسط جت بیشتر باشد استهلک انرژی بیشتری نیز به وقوع خواهد پیوست (بارانی و عباسی، ۱۳۸۸).

پرش‌های اسکی در میانه دهه ۱۹۳۰ در پروژه هیدرولیکی Dordogne در فرانسه به‌عنوان یک طرح هیدرولیکی موفق معرفی شدند. فشارها روی بکت توسط بالوفت (۱۹۶۱)

مشاهده و محاسبه شد. چن و یو (۱۹۶۵) توزیع فشار در امتداد یک بکت استوانه را با استفاده از معادلات پتانسیل جریان برای زاویه انحراف (B) برابر با ۷۵ و ۹۵ درجه محاسبه کردند. نتایج هد فشار حداکثر آن‌ها نزدیک به روش بالوفت بود. لینو و کسیدی (۱۹۶۹) روش چن و یو (۱۹۶۵) را اصلاح کردند. آن‌ها نشان دادند که اثر ویسکوزیته در جریان بکت ناچیز است. هلر و همکاران (۱۹۹۵) به مطالعه آزمایشگاهی حداکثر فشار و محل وقوع آن پرداختند. استاینر و همکاران (۲۰۰۸) توزیع فشار در مستهلک کننده‌های پرش اسکی با جام مثلی را توسط مدل آزمایشگاهی مطالعه کردند. جوان و هگر (۲۰۰۰) پرتاب کننده‌های جامی را هم به‌صورت یک کانال منشوری مستطیل شکل و هم به‌صورت جام دارای یک منحرف‌کننده جریان جانبی، ارزیابی کردند. در این پژوهش اثرات مقیاس در مدل‌های هیدرولیکی، توزیع فشار در بکت، مسیر پرتابه جریان، شرایط ایجاد امواج شوکی و رابطه‌های آب‌بند شدگی در جام‌ها بررسی شد. از آنجا که استهلک انرژی جریان به خصوص در پای سرریزها مهم است بنابراین در این پژوهش یکی از راه‌های استهلک این انرژی مخرب به‌صورت آزمایشگاهی بررسی شده است. لازم به ذکر است تاکنون هیچ گونه پژوهشی در مورد استفاده از دفلکتور ممتد (در سرتاسر عرض کانال) انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

برای دستیابی به هدف‌های این پژوهش، ابتدا به شناخت پارامترهای زیادی که در استهلک انرژی مؤثر هستند اقدام کرده و با تجزیه و تحلیل ابعادی رابطه کلی شامل پارامترهای بدون بعد استخراج شد. پارامترهای مؤثر در این آزمایش‌ها در رابطه ۱ ارائه شده‌اند:

$$\frac{\Delta E}{E_0} = f(\rho, \mu, g, V, y, R, L, \theta, \sigma) \quad (1)$$

که در آن $\Delta E/E_0$ افت نسبی انرژی، ρ جرم حجمی آب، μ ویسکوزیته دینامیکی آب، g شتاب ثقل، V سرعت جریان نزدیک شونده به بکت، y عمق جریان نزدیک شونده به بکت، R شعاع بکت، L طول دفلکتور، θ زاویه دفلکتور و σ کشش سطحی است. با تحلیل ابعادی و با روش Π باکینگهام رابطه کلی زیر به دست می‌آید.

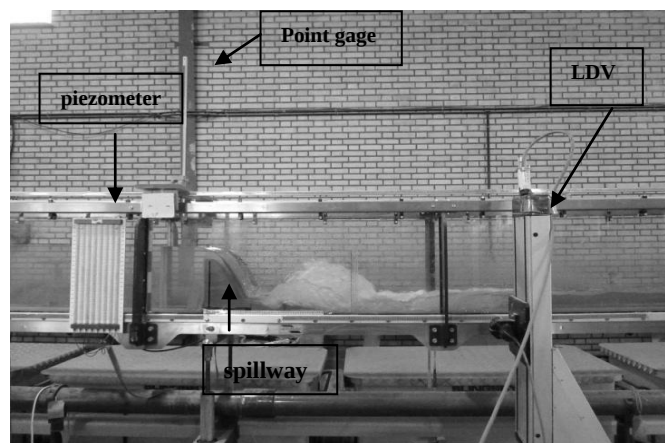
سانتی‌متر در آزمایشگاه مدل‌های هیدرولیکی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام شدند. سیستم گردش آب فلوم به‌صورت مدار بسته است و آب مورد نیاز از مخزن‌های مرتبط به هم، آماده شده در کنار فلوم، تأمین می‌شود. جریان ورودی از طریق پمپ موجود در بالادست فلوم تأمین گشته و میزان دبی جریان با یک دبی‌سنج دیجیتال با دقت ۰/۰۱ لیتر بر ثانیه قبل از ورود جریان به مخزن آرام کننده اندازه‌گیری شد. این فلوم دارای یک شیر فلکه برای تنظیم دبی جریان و یک دریچه در پایین‌دست برای تنظیم تراز پایاب بود. برای اندازه‌گیری نیمرخ سطح آب از پوینت گیج با دقت ۰/۵ میلی‌متر استفاده شد. در شکل ۱ نمایی از فلوم و نحوه نصب سرریز و وسایل اندازه‌گیری دیده می‌شود.

$$\frac{\Delta E}{E_0} = f(Fr, Re, \theta, \frac{L}{R}, We) \quad (2)$$

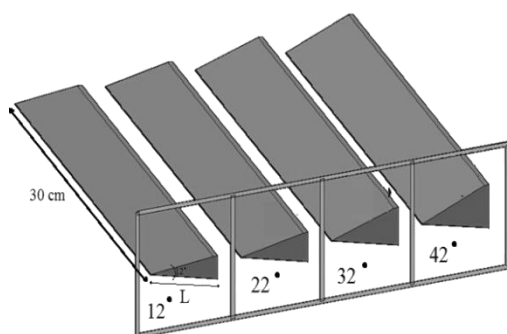
در این رابطه $Re = \rho v R / \mu$ عدد رینولدز نزدیک شونده به دفلکتور است. با توجه به این که در تمام آزمایش‌ها $Re > 2000$ است، پس جریان آشفته است. پس می‌توان از عدد رینولدز صرف‌نظر کرد. همچنین با توجه به این که در این آزمایش‌ها حداقل ارتفاع آب روی سرریز ۵/۳ سانتی‌متر است، می‌توان از اثرات عدد وبر $W = \rho v^2 l / \sigma$ نیز صرف‌نظر کرد. در نتیجه رابطه نهایی به‌صورت زیر ساده می‌شود:

$$\Delta E_r = \frac{\Delta E}{E_0} = f(Fr, \frac{L}{R}, \theta) \quad (3)$$

برای رسیدن به هدف‌های این مطالعه آزمایش‌ها در فلومی با طول ۱۲ متر عرض ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۵۰



شکل ۱- نمایی از مقطع فلوم و سرریز مورد استفاده



شکل ۲- نحوه نصب دفلکتور در آزمایش

دفلکتورها پس از ساخت در ارتفاع $h_{max}/2$ نصب شدند که h_{max} عمق آب به ازای دبی حداکثر در محل نصب دفلکتور است. در آزمایش‌ها دفلکتورها ۲ سانتی‌متر بالاتر از کف

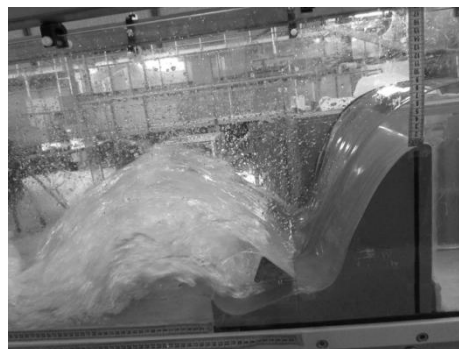
مدل سرریز فلیپ باکت با کانال نزدیک شونده بر طبق استاندارد USBR با ارتفاع ۲۳ سانتی‌متر و طول ۲۰ سانتی‌متر و کانال نزدیک‌شونده با طول ۱۳ سانتی‌متر، باکت با شعاع ۸ سانتی‌متر و ارتفاع ۴/۵ سانتی‌متر از جنس فایبرگلاس ساخته شد. شیب قسمت نزدیک شونده ۱:۳ (۱ عمودی، ۳ افقی) است. مدل پس از ساخت در محلی که ۵/۳۹ متر از مخزن فاصله دارد نصب شد. دفلکتورها گوه‌ای شکل با ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر (ارتفاع دفلکتور برابر با عرض کانال) با مقطع مثلث متساوی‌الساقین با ضلع‌هایی به طول ۳، ۶ و ۹ سانتی‌متر (L در شکل ۲) و زاویه بین 12° ، 22° ، 32° و 42° ساخته شدند.

آب پایین‌دست سرریز یا همان عمق پایاب افزایش یابد. عمق پایاب تا جایی افزایش می‌یافت که پرش هیدرولیکی به طور دقیق بعد از محل برخورد جت به کف فلوم تشکیل شود. هدف از ایجاد این پرش از یک سو بررسی تأثیر دفلکتور روی طول پرش و از سوی دیگر اندازه‌گیری عمق جریان بعد از پرتابه است. عمق پایین‌دست به دلیل وجود هوای زیاد در جریان پایین‌دست پرتابه به طور مستقیم قابل اندازه‌گیری نیست برای اندازه‌گیری عمق پایین‌دست، چون جریان بعد از پرتابه فوق بحرانی است با تشکیل یک پرش هیدرولیکی بلافاصله بعد از جت و اندازه‌گیری عمق ثانویه پرش با فرض ثابت بودن مومنتم در دو طرف پرش و صرفنظر از اصطکاک‌های جزیی (مثل اصطکاک با کف کانال)، عمق اولیه پرش از رابطه اعماق مزدوج پرش در کانال مستطیلی به دست آمد. سپس میزان افت انرژی نسبی جریان از رابطه ۴ محاسبه می‌شود.

$$\Delta E_r = \frac{\Delta E}{E_0} = \left(\frac{E_0 - E_1}{E_0} \right) \quad (4)$$

در این رابطه ΔE_r افت نسبی انرژی نسبی جریان، E_0 انرژی کل جریان در بالادست و E_1 انرژی کل بعد از محل برخورد جت در پایین‌دست است. شکل ۴ طول پرش و محل تشکیل پرش بعد از پرتابه را در آزمایش‌ها نشان می‌دهد. در هر مرحله متغیرهای مورد اندازه‌گیری عبارت بودند از دبی (Q)، عمق قبل از پرش (y_1) عمق بعد از پرش (y_2)، عمق آب پشت سرریز (h_0)، ارتفاع آب روی سرریز (H)، ارتفاع آب انتهایی سرریز، تراژکتوری پرتابه، طول پرش (L_j) و طول غلطابه (Lr). جدول ۱ محدوده‌ی متغیرهای مورد اندازه‌گیری را نشان می‌دهد.

باکت و در محل اتصال کانال نزدیک شونده به سرریز نصب شدند و کف باکت ۲ سانتی‌متر از کف فلوم ارتفاع دارد. شکل ۳ نحوه تقسیم جریان در عدد فرود ۲/۶ و نحوه نصب دفلکتور با طول ضلع ۶ سانتی‌متر و زاویه بین ۴۲ را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است در تمام آزمایش‌ها منظور از عدد فرود، عدد فرود نزدیک شونده به دفلکتور است که در این آزمایش‌ها با افزایش دبی کاهش می‌یابد.



شکل ۳- شکل هندسی دفلکتورها

در هر مرحله دفلکتور با زاویه مورد نظر در محل نصب شد به گونه‌ای که ضلع پایین دفلکتور موازی محور کف کانال (در راستای افقی) بود. آزمایش‌ها با ۳ دبی، ۳ طول ضلع دفلکتور و ۴ زاویه متفاوت انجام شد و ۳ آزمایش هم بدون دفلکتور برای مقایسه با حالت با دفلکتور انجام شد، در مجموع ۳۹ آزمایش انجام شد.

نحوه انجام آزمایش بدین صورت بود که بعد از چسبیدن کامل دفلکتور در محل مورد نظر ابتدا پمپ روشن می‌شد، جریان وارد فلوم می‌شد، سپس دبی با شیرفکله مخصوص تنظیم دبی تنظیم می‌شد در هر دبی عمق و سرعت جریان در ۱ متر بالا دست سرریز اندازه‌گیری می‌شد سپس دریچه پایین‌دست به تدریج بسته می‌شد تا عمق



شکل ۴- طول و محل تشکیل پرش

جدول ۱- محدوده متغیرهای مورد استفاده

محدوده تغییرات	Q (l/s)	L (cm)	θ (degree)	L/R -	y_c/H_{dam}	عمق آب روی تاج (cm)	Re بالادست
حداقل	۱۵	۳	۱۲	۰/۳۷۵	۰/۱۰	۵/۳	۴۷۷۰
حداکثر	۲۵	۶	۴۲	۱/۱۲۵	۰/۱۹	۱۰/۷	۲۶۵۳۹

نتایج و بحث

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها، نتایج مربوط به تلفات انرژی به صورت کمی در جدول‌ها و به صورت کیفی در نمودارها آورده شده است. آزمایش‌ها به ۴ گروه تقسیم‌بندی شدند، که گروه شاهد گروه بدون دفلکتور، گروه ۱ آزمایش‌ها با دفلکتور ۳ سانتی‌متری و زاویه‌های متفاوت، گروه ۲ آزمایش‌ها با دفلکتور ۶ سانتی‌متری و زاویه‌های متفاوت، گروه ۳ آزمایش‌ها با دفلکتور ۹ سانتی‌متری و زاویه‌های متفاوت هستند.

جدول ۲ تلفات انرژی ($\frac{\Delta E}{E_0}$) را برای گروه‌های ۱، ۲، ۳ و

شاهد نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش عدد فرود در گروه شاهد تلفات انرژی افزایش یافته و بیشترین تلفات ۳۳/۱ درصد است که در عدد فرود ۴/۳ اتفاق افتاده است. همچنین بیشترین تلفات انرژی ۶۲/۱ درصد است و در عدد فرود ۴/۳ و زاویه ۲۲ و در طول ضلع ۶ سانتی‌متر رخ داده است. کمترین میزان اتلاف انرژی ۳۵/۳ درصد در عدد فرود ۲/۶ و در زاویه ۴۲ درجه و طول ضلع ۹ سانتی‌متر اتفاق افتاده است.

جدول ۲- تلفات انرژی در آزمایش‌های با دفلکتور

زاویه	۴۲	۳۲	۲۲	۱۲	دبی (l/s)
۲۵	۲۰	۲۵	۱۵	۲۰	۱۵
۲/۶	۳/۴	۲/۶	۴/۳	۳/۴	۴/۳
۴۸	۵۲/۶	۴۶/۸	۵۰/۴	۶۲/۱	۴۸/۷
۴۹/۲	۵۲/۳	۶۰/۲	۵۰/۴	۵۶/۸	۴۹/۸
۳۵/۳	۴۴/۱	۵۴/۹	۴۰/۳	۵۳/۱	۴۵/۷
گروه شاهد*	۳۳/۱	۲۱/۸	۱۹/۵	۳۳/۱	

*آزمایش‌های گروه شاهد بدون دفلکتور است و زاویه برای آن در نظر گرفته نمی‌شود.

گیری را نشان می‌دهد. سپس برای هر گروه در یک عدد فرود مشخص بین تلفات انرژی ناشی از ۴ زاویه مورد آزمایش میانگین گیری انجام شد. شکل ۶- ب نتایج حاصل از این میانگین گیری را نشان می‌دهد.

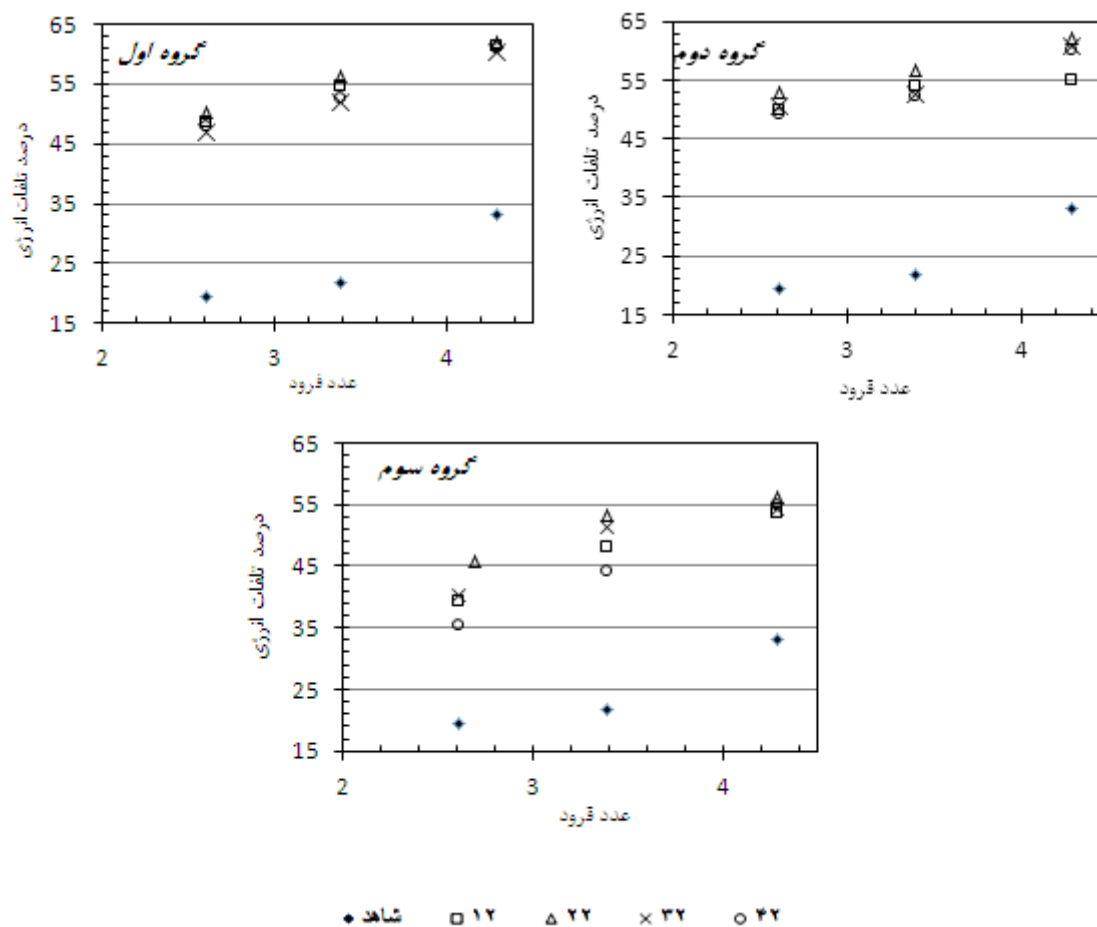
شکل ۶ نشان می‌دهد که به طور متوسط گروه دوم یعنی دفلکتورهای ۶ سانتی‌متری باعث استهلاك انرژی بیشتری شده‌اند. به طور کلی بیشترین استهلاك را زاویه ۲۲ درجه و عدد فرود ۴/۳ داشته است. با افزایش زاویه به بیش از ۲۲ درجه درصد تلفات کاهش می‌یابد زیرا زاویه بزرگ‌تر باعث تقسیم جت به دو جت مجزا شود که برخوردی بین آن دو صورت نمی‌گیرد. اگرچه این کار سطح تماس جت با هوا را افزایش می‌دهد اما استهلاك ناشی از برخورد خیلی بیشتر از استهلاك ناشی از اصطکاک جت با هوا است. همچنین گروه سوم کمترین استهلاك انرژی را داشته است زیرا دفلکتورهای گروه سوم بیشترین طول را

شکل ۵ نشان می‌دهد که با افزایش عدد فرود تلفات انرژی افزایش یافته است. این روند هم در مدل شاهد و هم در مدل‌ها با حضور دفلکتور دیده می‌شود. با افزایش زاویه دفلکتور تا ۲۲ درجه تلفات انرژی افزایش یافته و بعد از زاویه ۲۲ درجه درصد تلفات کاهش یافته زیرا زاویه بزرگ‌تر باعث تقسیم جت به دو جت مجزا می‌شود که برخوردی بین آن دو صورت نمی‌گیرد اگرچه این کار سطح تماس جت با هوا را افزایش می‌دهد اما استهلاك ناشی از برخورد خیلی بیشتر از استهلاك ناشی از اصطکاک جت با هوا است.

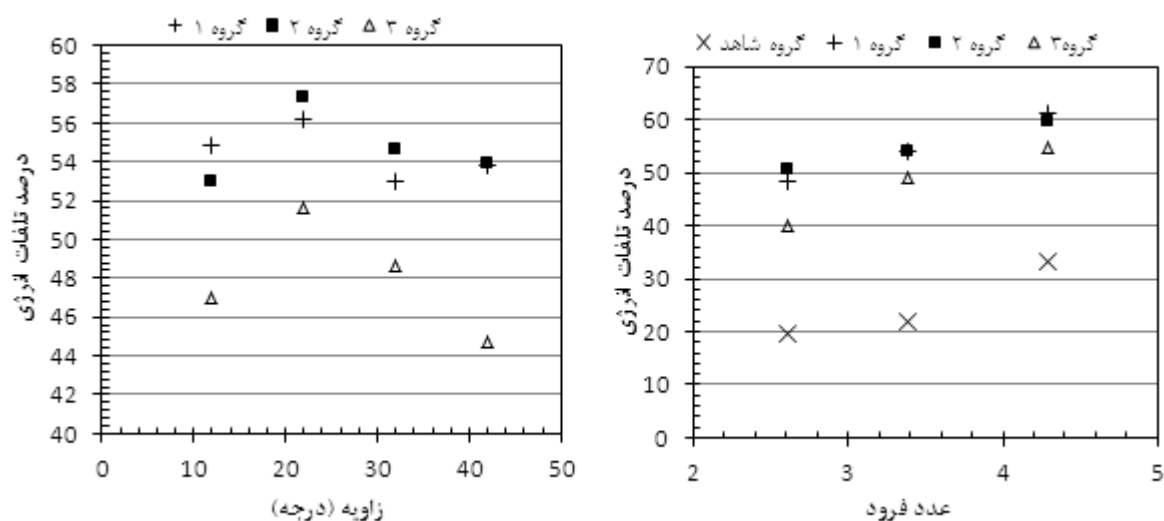
برای مقایسه بهتر نتایج با یکدیگر و همچنین نشان دادن تأثیر طول دفلکتور در استهلاك انرژی بین نتایج میانگین گیری شد. ابتدا برای هر گروه در یک زاویه مشخص بین تلفات انرژی ناشی از سه عدد فرود مورد آزمایش میانگین گیری انجام شد. شکل ۶- الف نتایج حاصل از این میانگین

فرود پایین.

دارند و مانع از ایجاد جریان پرتابی به خصوص در عددهای



شکل ۵- تلفات انرژی سه گروه مورد آزمایش در مقایسه با گروه شاهد



شکل ۶- میانگین گیری بین نتایج

پیش‌بینی این مقادیر، از رگرسیون‌گیری چندمتغیره غیرخطی نرم افزار آماری (SPSS 16) استفاده شد و در نهایت رابطه ۵ پس از تحلیل‌های زیاد استخراج شد.

$$\frac{\Delta E}{E_0} = A F_r^B \tan \theta^C \left(\frac{L}{R}\right)^D \quad (5)$$

که در آن $\frac{\Delta E}{E_0}$ مقدار افت نسبی انرژی، F_r عدد فرود نزدیک شونده به دفلکتور، $\frac{L}{R}$ نسبت طول دفلکتور به شعاع باکت و θ زاویه دفلکتور است. جدول ۳ مقدار پارامترهای رابطه ۵ را نشان می‌دهد. تمامی پارامترهای استفاده شده در رابطه ۵ بی‌بعد هستند و θ بر حسب رادیان است.

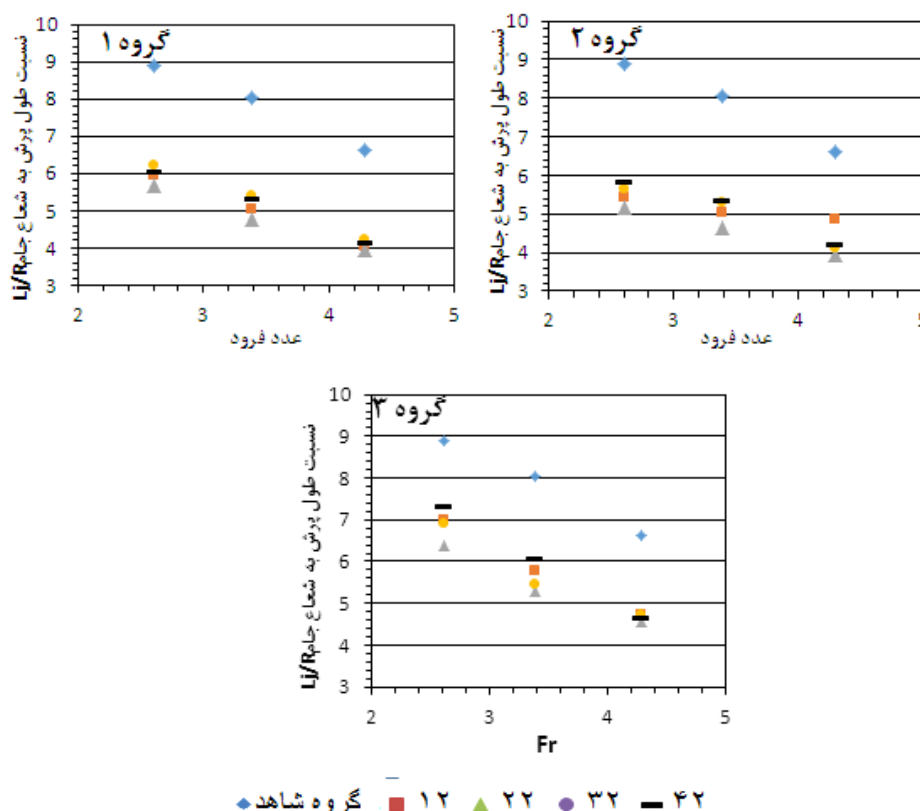
جدول ۳- مقدار پارامترهای استفاده شده در رابطه ۵

R^2	ضرایب رابطه			
	A	B	C	D
۰/۸۳	۰/۳۱	۰/۴۴	۰/۰۴	۰/۱

شکل ۷ نسبت طول پرش (Lj) به شعاع باکت (R) را در مقابل عدد فرود نزدیک شونده به دفلکتور (Fr) نشان می‌دهند.

این شکل نشان می‌دهد که در گروه ۱ زاویه ۲۲ بیشترین اختلاف را نسبت به گروه شاهد داشته است و زاویه ۳۲ دارای کمترین درصد اختلاف است. در گروه ۲ نسبت به گروه ۱ اختلاف بیشتری با شاهد مشاهده می‌شود. زاویه ۲۲ بیشترین اختلاف و زاویه ۴۲ کمترین اختلاف را نسبت به گروه شاهد داشته است. گروه ۳ به نسبت گروه‌های دیگر اختلاف کمتری با گروه شاهد دارد. اما روند تقریباً یکسانی با گروه‌های دیگر دارد. یعنی به ترتیب زاویه ۲۲، ۳۲، ۱۲ و ۴۲ بیشترین اختلاف را نسبت به گروه شاهد دارند. به دلیل این که با افزایش عدد فرود انرژی بیشتری در پرتابه مستهلک می‌شود نسبت طول پرش به شعاع باکت با افزایش عدد فرود کاهش می‌یابد.

در ادامه با توجه به تحلیل ابعادی انجام شده، برای بررسی اثر متقابل پارامترهای بی‌بعد مؤثر استخراج شده بر روی مقدار افت انرژی نسبی و ارائه یک رابطه ریاضی برای



شکل ۷- نسبت طول پرش به شعاع باکت در سه گروه مورد آزمایش در مقایسه با گروه شاهد

دفلکتور باعث کاهش نسبت طول پرش به شعاع باکت شده است به طوری که بیشترین درصد کاهش طول پرش نسبت به حالت بدون دفلکتور مربوط به دفلکتور با طول ۶ سانتی‌متر و زاویه ۲۲ به مقدار ۴۱/۷٪ است. کمترین مقدار کاهش طول پرش نسبت به حالت بدون دفلکتور ۱۷/۸٪ مربوط به دفلکتور با طول ۹ سانتی‌متر و زاویه ۴۲ است.

به طور متوسط زاویه ۴۲ کمترین تفاوت در طول پرش را با شاهد و زاویه ۲۲ بیشترین اختلاف در طول پرش را با شاهد داشته است.

پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها با نرم‌افزار SPSS 16 دست آمدن فرمول برای هر دو مدل مقدار افت محاسبه شده با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی و مقدار افت محاسبه شده از رابطه با هم مقایسه شده‌اند. پراکندگی نقاط نسبت به خط ۴۵ درجه نشان داد که مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی دارای همبستگی ۸۳ درصد هستند.

سپاس‌گزاری

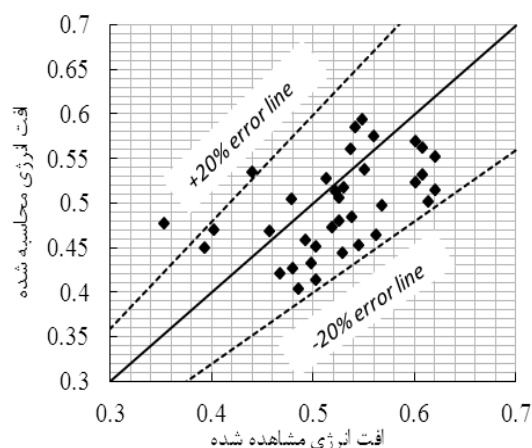
نویسندگان مقاله از دانشکده مهندسی علوم آب دانشگاه شهید چمران اهواز به خاطر در اختیار گذاشتن تجهیزات آزمایشگاهی جهت انجام این پژوهش صمیمانه سپاس‌گزاری می‌کنند. به علاوه از حمایت قطب علمی مدیریت شبکه‌های آبیاری و زهکشی برای انجام این پژوهش سپاس‌گزاری می‌شود.

منابع

۱. ابریشمی ج. و حسینی م. ۱۳۸۳. هیدرولیک کانال‌های باز، نشر آستان قدس رضوی. ۶۱۳ ص.
۲. بارانی غ. ع. و عباسی پروین ی. ۱۳۸۸. استهلاک انرژی در سازه‌های هیدرولیکی (مطالعه میدانی سازه‌های مستهلک کننده انرژی). جهاد دانشگاهی (دانشگاه صنعتی امیرکبیر). ۲۳۰ ص.
۳. بیرامی م. ۱۳۷۹. سازه‌های انتقال آب. مرکز نشر دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ ص.
4. Balloffet A. 1961. Pressures on spillway flip buckets. Journal of Hydraulic Division, ASCE. 87(5):87-98.
5. Chanson H. 2004. The Hydraulics of Open Channel Flow An Introduction. Elsevier Butterworth heinemann. 496 p.

در شکل ۸ مقدار افت محاسبه شده با استفاده از داده‌های آزمایشگاهی (محور افقی) و مقدار افت محاسبه شده از رابطه‌ها (محور قائم) با هم مقایسه شده‌اند. پراکندگی نقاط نسبت به خط ۴۵ درجه نشان می‌دهد که مقادیر آزمایشگاهی و محاسباتی دارای همبستگی نسبتاً خوبی هستند. مقدار همبستگی این دو مقدار (آزمایشگاهی و محاسباتی) با استفاده از روش‌های آماری ۸۳ درصد است و در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار هستند.

با آنالیز حساسیت رابطه ۵ مشخص شد که بیشترین تأثیر به ترتیب مربوط به افزایش و کاهش (B)، افزایش و کاهش عدد فرود (F_r)، افزایش و کاهش (A)، افزایش و کاهش (D) است. از میان نسبت‌های بی‌بعد معرفی شده، عدد فرود دارای بیشترین حساسیت و تأثیر است و اندازه‌گیری آن باید با دقت بیشتری انجام شود.



شکل ۸- مقایسه بین افت انرژی نسبی مشاهده شده و محاسبه شده از رابطه ۵

نتیجه‌گیری

برای بررسی تأثیر دفلکتور روی تلفات انرژی جریان و همچنین طول پرش بعد از پرتابه در سرریز جامی شکل، آزمایش‌هایی انجام شد که پس از تجزیه و تحلیل داده‌ها نتایج زیر به دست آمد:

در همه آزمایش‌ها با افزایش عدد فرود درصد تلفات انرژی افزایش می‌یابد و تلفات انرژی با وجود دفلکتور بیشتر از حالت شاهد است.

زاویه ۲۲ درجه و به طور متوسط دفلکتور با طول ضلع ۶ سانتی‌متر بیشترین درصد تلفات انرژی را داشته است.

با افزایش عدد فرود نسبت طول پرش به شعاع باکت در همه آزمایش‌ها کاهش یافته است.

6. Chen T. C. and Yu Y. S. 1965. Pressure distribution on spillway flip buckets. Journal of Hydraulic Division, ASCE. 91(2):51-63.
7. Heller v. Hager W.H. and Minor. H.E. 2005. Ski jump hydraulics. Journal of hydraulic Engineering. 131(5):347-355.
8. Juon R. and Hager W. H. 2000. Flip Bucket Without and With Deflectors. Journal of Hydraulic Engineering. 126(11):837-845.
9. Lenau C. W. and Cassidy J. J. 1969. Flow through spillway flip bucket. Journal of Hydraulic Division, ASCE. 95(5):633-648.
10. Steiner R. Heler V. Hager W.H. and Minor H.E. 2008. Deflector Ski Jump Hydraulics. Journal of Hydraulic Engineering. 134(5): 571-562.
11. Vischer D. L. and Hager W. 1995. Energy dissipaters. IAHR Hydr.Struct. Des. Manual 9. Balkema, Rotterdam, the Netherlands. 201 p

