

طول پیش‌رونده هسته جت سطحی در محیط پذیرنده کم‌عمق

رضا سجادی‌فر* و جواد احدیان^۱

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۱۴؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۵)

چکیده

این پژوهش به بررسی آزمایشگاهی تخلیه سیال چگال، تحت جت سطحی در محیط پذیرنده کم‌عمق می‌پردازد. پارامترهای مورد بررسی شامل، عمق محیط پذیرنده، دبی و غلظت جت سطحی می‌باشد. برای بررسی و چگونگی ارتباط بین این پارامترها، آزمایش‌ها در یک مدل فیزیکی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که طول پیش‌رونده هسته جت، با عدد فرود سیال چگال نسبت مستقیم و با غلظت سیال چگال نسبت عکس دارد. همچنین با افزایش عمق محیط پذیرنده طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. این افزایش طول به دلیل کاهش کشش سطحی در سطح آب می‌باشد. به طور میانگین با دو برابر شدن عمق محیط پذیرنده، طول پیش‌رونده ۳۸ درصد و با سه برابر شدن عمق محیط پذیرنده نسبت به حالت اولیه، طول پیش‌رونده هسته جت، ۶۲ درصد افزایش می‌یابد، همچنین در رابطه به دست آمده برای طول پیش‌رونده هسته جت R^2 برابر ۰/۹۴۱ می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: جت هیدرولیکی، طول پیش‌رونده، محیط پذیرنده کم‌عمق

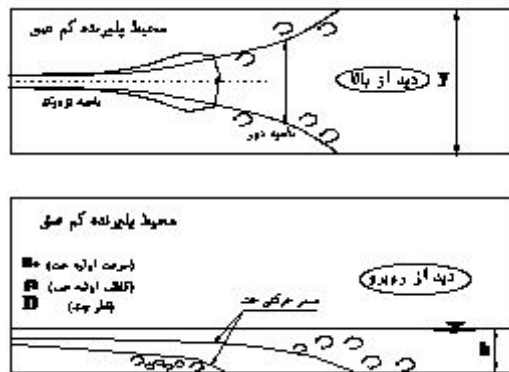
۱. گروه سازه‌های آبی، دانشکده مهندسی علوم آب، دانشگاه شهید چمران اهواز

*: مسئول مکاتبات: پست الکترونیکی: r.sajadifar@yahoo.com

مقدمه

طیف گسترده‌ای از پساب فرآیندهای صنعتی، همانند ضایعات کارخانه‌ها، سوخت‌های محفظه احتراق در تیغه‌های توربین وارد محیط‌های کم عمق مانند رودخانه‌ها و دریاها می‌شود، که باعث اختلال در محیط زیست خواهد شد؛ از این رو برای کاهش این اختلال از جت سطحی استفاده می‌شود (۵ و ۱۳). به دلیل در ارتباط بودن انسان با سواحل، مانند سواحل تفریحی، جت علاوه بر رقیق‌سازی جریان خروجی، سبب انتقال سیال چگال به مسافت‌های دورتر از سواحل مورد نظر خواهد شد، بدین ترتیب رفتار پخشیدگی مواد تزریق شونده در محیط پذیرنده اهمیت ویژه‌ای دارد (۶). جونز و همکاران (۸) جریان‌های تخلیه شونده به سطح آب را مورد آزمایش قرار داد و نهایتاً جدولی را برای طبقه‌بندی جریان و پیش بینی شکل تراژکتوری و پخشیدگی ارائه داده اند؛ همچنین نشان دادند که اختلاط جت دو بعدی با اعداد رینالدز پایین در فاصله‌ای مشخص خاتمه یافته و به سمت پایین دست امتداد می‌یابد. جیرکا (۷)، جت ورودی در آب‌های کم عمق را آنالیز کرده و بیان می‌کند که تمام خصوصیات مربوط به غلظت و پخشیدگی جت‌ها، در محیط پذیرنده کم عمق، متأثر از عمق جریان می‌باشد. تحقیقات کاترسون و همکاران (۳) بر مبنای ترسیب ناشی از پساب جریان خروجی از جت‌های دایره‌ای مستغرق را که به صورت افقی در منبع آب پذیرنده تخلیه می‌گردید را پایه گذاری کردند. آنها رفتار متوسط رسوب گذاری ناشی از جریان جت مستغرق را به صورت آزمایشگاهی بررسی نمودند؛ براساس نتایج پژوهش این محققین رسوب گذاری ناشی از جریان جت به سه پارامتر اساسی نیروی مومتم، شناوری فلاکس جریان جت و خصوصیات سرعت سقوط ذرات رسوبی موجود در پساب و همچنین سرعت جریان پذیرنده وابستگی شدید دارد. تانگ و همکاران (۱۵) بیان می‌کنند که پساب‌های چگال، نقشی اساسی در تعیین مبنای ناحیه اختلاط دارند، که اختلاط اولیه در فاصله نزدیک به خروجی جت و اختلاط ثانویه در نواحی دور از خروجی جت اتفاق خواهد افتاد. لی و همکاران (۱۱) به بررسی

جریان، از شبیه‌سازی عددی پخشیدگی با استفاده از یک مدل گوسی-گردابه‌ای پرداختند. بیسالوشا و همکاران (۲) به بررسی ناحیه نزدیک شونده در جریان جت چگال منفی را مورد بررسی قرار دادند. این محققین جریان خروجی از جت مایل را مورد بررسی قرار داده و با سیستم پردازش تصویر توزیع سرعت را در ناحیه نزدیک جت بررسی نمودند. نتایج آنها نشان داد که ناحیه نزدیک و دور جت بر یکدیگر تأثیر به‌سزایی داشته و تحلیل پخشیدگی جت تنها براساس ناحیه نزدیک جت نمی‌توان تشریح شود. تانگ و همکاران (۱۵) بیان می‌کنند که عمق و نوع کف محیط پذیرنده اهمیت بسیار مهمی در پخشیدگی و طول مسیر طی شده جت ایفا می‌کنند، زیرا در نزدیکی کف، مسیر جریان جت تحت تأثیر کف محیط پذیرنده می‌باشد. اولیور و همکاران (۱۲) به پیش‌بینی اختلاط در نزدیکی میدان تخلیه آب‌شیرین کن‌ها در محیط‌های ساکن پرداختند، آنها از مدل انتگرال اصلاح شده برای پیش‌بینی شناوری منفی در نزدیکی میدان تخلیه استفاده کردند. این مدل براساس پروفیل گوسین، در سطح بیرونی این جریان‌ها طراحی شد. از این طریق تأثیر شناوری ناشی از ناپایداری در قسمت داخلی جریان از طریق کاهش شار شناوری جریان اصلی به ثبت رسیده است. اسلام (۱۰) به شبیه‌سازی عددی جت دایره‌ای در محیط پذیرنده کم عمق پرداختند و مطالعات خود را به چهار بخش تقسیم کردند. ۱- اثر نسبی قطر جت به عمق محیط پذیرنده، ۲- اثر رینالدز ورودی، ۳- توسعه و پیش‌روی جریان، ۴- اثر طول محیط پذیرنده در مجموع تأثیر عمق محیط پذیرنده. دستغیب و همکاران (۴) به پیش‌بینی مشخصات هیدرولیکی جت شناور دایره‌ای با استفاده از شبکه‌های مصنوعی ANN و ANFIS پرداختند. داده‌های آزمایشگاهی با نتایج تحلیلی ANN و ANFIS مقایسه گردید. نتایج نشان داد که شبکه مصنوعی ANFIS نتایج بهتری نسبت به ANN ارائه می‌دهد. خیرخواه‌گیلده و همکاران (۹) به بررسی دیواره جت‌های شناور تحت شرایط مستغرق پرداخته‌اند و تأثیر میانگین عدد رینولدز و ناوراستوکس در مدل‌های متلاطم را



شکل ۱. نمایش تراژکتوری جریان جت به همراه بعضی پارامترها

حجمی سیال جت، μ_j : لزجت مطلق اولیه سیال جت، u_0 : سرعت اولیه ورودی جت، D : قطر جت و در تمام آزمایش‌ها اندازه آن ثابت و برابر 10 mm می‌باشد، g : شتاب ثقل، C : غلظت اولیه سیال جت، H : عمق آب محیط پذیرنده، L : طول پیش‌رونده هسته جت، و y : عرض فلوم می‌باشد. براساس تحلیل ابعادی پارامترهای بدون بعد به شرح زیر می‌باشند:

$$f\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_a}, \frac{\rho_j u_0 D}{\mu_j}, \frac{u_0}{\sqrt{gD}}, \frac{H}{D}, \frac{L}{D}\right) = 0 \quad [2]$$

در معادله (۲) پارامترها به ترتیب از سمت چپ عبارتند از، دانسیته نسبی بین سیال جت و سیال پذیرنده، عدد رینولدز ورودی، عدد فرود چگال جریان جت، Fr_j ، عمق به قطر جت و طول پیش‌رونده هسته جت به قطر جت می‌باشد. همچنین g' : شتاب ثقل مؤثر بوده که برابر حاصل ضرب شتاب ثقل در دانسیته نسبی است. برنامه‌ریزی آزمایش‌ها به گونه‌ای انجام شد که با توجه به شرایط واقعی جریان تخلیه شونده همواره در محدوده جریان آشفته قرار گیرد. لذا در کلیه آزمایش‌ها از اثر عدد رینولدز صرف نظر شد. شکل (۱) برخی از پارامترهای تعریف شده در این پژوهش را به نشان می‌دهد.

شکل (۱) مربوط به پلان و مقطع جریان در محیط پذیرنده می‌باشد که برخی از پارامترهای حاکم در این شکل نمایش داده شده است.

مورد بررسی قرار داده‌اند. در مجموع تأثیر عمق محیط پذیرنده، غلظت و دبی سیال چگال در نحوه و نوع پراکنش و طول پیشروی هسته جت، مورد توجه قرار گرفته است، با توجه به آنچه که در بخش مروری بر منابع ذکر گردید، در پژوهش حاضر مقایسه آزمایشگاهی پخشیدگی و طول پیش‌رونده هسته جت، در جریان جت سطحی در محیط کم عمق به دلیل اهمیت زیاد و توجه کمتر محققین صورت پذیرفته است.

مواد و روش‌ها

همان‌گونه که اشاره شد، با توجه به هدف مورد نظر در این تحقیق اقدام به برنامه‌ریزی آزمایشگاهی گردید. بدین منظور ابتدا پارامترهای حاکم بر حرکت جریان جت سطحی به صورت بدون بعد ارائه می‌شود.

تحلیل ابعادی

با توجه به محل قرار گرفتن جت، که بر روی سطح آب می‌باشد، پارامترهای حاکم بر پدیده تخلیه جریان جت سطحی، به منظور دستیابی به روابط بدون بعد حاکم، اقدام به تحلیل ابعادی بین پارامترهای مؤثر شده است. پارامترهای مؤثر در حرکت سیال جت عبارتند از:

$$f(\rho_a, \rho_j, \mu_j, u_0, D, g, C, H, y, L) = 0 \quad [1]$$

در معادله (۱)، ρ_a : جرم حجمی سیال پیرامون، ρ_j : جرم



شکل ۲. فلوم آزمایشگاهی و نمونه‌ای از اجرای آزمایش‌ها

مدل آزمایشگاهی

در این مطالعه جهت بررسی تأثیر پارامترهای هندسی، هیدرولیکی بر مشخصات جبهه آلودگی اقدام به مدل‌سازی این پدیده در آزمایشگاه شد. مدل آزمایشگاهی مورد استفاده متشکل از فلوم آزمایشگاهی با دیواره‌های شفاف و از جنس پلکسی‌گلاس در ابعاد طولی ۳/۲ متر، عرضی ۰/۶ متر و ارتفاعی ۱ متر می‌باشد. بخش‌های مختلف این مدل فیزیکی شامل مخزن تامین آب و پمپ انتقال آب به فلوم، مخزن تزریق جت و پمپ اختلاط به منظور همگن نمودن سیال جت، فلوم و پمپ تزریق جت، لوله انتقال سیال از مخزن تزریق به جت، خروجی فلوم و تجهیزات مربوطه و نازل‌های تزریق جت می‌باشد. جهت اندازه‌گیری دبی خروجی از مخزن سیال جت، یک فلومتر الکترومغناطیس با دقت $\pm 2\%$ درصد، بعد از خروجی مخزن تزریق شونده با شرایط استاندارد قرار گرفت. در این پژوهش سیال فلوم اصلی، آب شرب شهری و سیال تزریق‌شونده به آن، سیالی با چگالی بالاتر (سیال آب نمک) بود که یک پمپ جداگانه متصل به مخزن تزریق، وظیفه اختلاط و چرخش سیال مخزن تزریق را بر عهده داشت. اختلاف چگالی در دو سیال و همچنین نیروی اعمال شده به سیال تزریق شونده سبب پخشیدگی ماده تزریق در سیال فلوم اصلی می‌شود. از ماده رنگی پرمنگنات جهت مشاهده پخشیدگی و طول پیشروی هسته جت استفاده گردید. در راستای اهداف تحقیق، فلوم آزمایش‌ها امکان برداشت مختصات جریان خروجی جت را دارا می‌باشد. استفاده از EC متر دقیق دیجیتالی پرتابل با دقت $\pm 1\%$ میکروزیمنس بر سانتی‌متر که دارای سنسور اندازه‌گیری دما نیز

بود، EC و دمای لحظه‌ای آب نمک مخزن تزریق و آب فلوم اندازه‌گیری شد. برای دقت بیشتر اندازه‌گیری‌های مربوط به حدود حرکتی سیال جت در محیط پذیرنده از یک صفحه پلکسی‌گلاس که روی آن مش‌بندی با دقت یک میلی‌متر انجام شده بود، ابتدا مسیر حرکتی به صورت تصویر شده روی آن ترسیم می‌شد و سپس اندازه‌گیری‌های مختصاتی روی آن انجام می‌گرفت. به طور کلی آزمایش‌ها به گونه‌ای انجام شد که در سه عمق محیط پذیرنده، سه غلظت و سه دبی جت انجام شد.

نتایج و بحث

همان‌گونه که در بخش تحلیل ابعادی اشاره گردید، این مقاله بر خصوصیات طول پیش‌رونده جبهه آلودگی هسته جت ناشی از تزریق جت سطحی در محیط کم عمق پایه‌گذاری شده است. در این قسمت به بحث و بررسی پارامترهای مؤثر بر طول پیش‌رونده هسته جت پرداخته می‌شود. آزمایش‌ها در سه عمق ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌متر، سه غلظت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ گرم بر لیتر، و سه دبی جت سطحی انجام شد، تا تأثیر عمق جریان در محیط پذیرنده و غلظت و دبی جت سطحی بر طول پیش‌رونده هسته جت مشخص گردد. جدول (۱) نمونه‌ای از نتایج تغییرات طول پیشروی هسته جت، نسبت به عدد فرود چگال مختلف در غلظت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ گرم بر لیتر را نمایش می‌دهد.

با مقایسه مقادیر جدول (۱) و همچنین بررسی دیگر نتایج، مشخص شد که با افزایش عدد فرود چگال، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. براساس نتایج به دست آمده، طول پیش‌رونده هسته جت از غلظت‌های کم به زیاد کاهش می‌یابد.

جدول ۱. نمونه‌ای از پارامترهای طول پیش‌رونده هسته جت، عمق، غلظت و فرود چگال

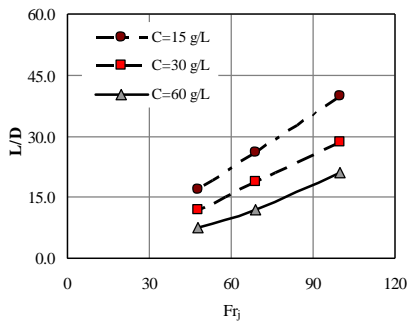
غلظت ۱۵ گرم بر لیتر			غلظت ۳۰ گرم بر لیتر			غلظت ۶۰ گرم بر لیتر		
			لیتر			لیتر		
Fr _i	L	H	Fr _i	L	H	Fr _i	L	H
۱۰۰	۵۰۰	۱۵۰	۱۰۰	۳۳۰	۱۵۰	۱۰۰	۲۴۰	۱۵۰
۱۰۰	۴۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۷۰	۱۰۰
۱۰۰	۳۷۵	۵۰	۱۰۰	۲۱۰	۵۰	۱۰۰	۱۲۰	۵۰
۶۹	۳۶۰	۱۵۰	۶۹	۲۱۰	۱۵۰	۶۹	۱۳۰	۱۵۰
۶۹	۲۸۵	۱۰۰	۶۹	۱۸۸	۱۰۰	۶۹	۱۲۰	۱۰۰
۶۹	۲۷۰	۵۰	۶۹	۱۶۵	۵۰	۶۹	۹۰	۵۰
۴۸	۲۴۰	۱۵۰	۴۸	۱۵	۱۵۰	۴۸	۹۰	۱۵۰
۴۸	۲۱۰	۱۰۰	۴۸	۱۲	۱۰۰	۴۸	۷۵	۱۰۰
۴۸	۱۸۰	۵۰	۴۸	۹/۸	۵۰	۴۸	۶۰	۵۰

به دلیل سرعت اولیه خود در مجاورت سطح طی نموده، سپس تحت تأثیر شناوری سیال خروجی به تدریج به سمت کف انحراف می‌یابد. پساب‌های سنگین خروجی از تخلیه کننده‌های سطحی که اختلاف چگال با سیال محیط پذیرنده دارند، از نوع جت‌های شناوری محسوب می‌گردند، پس از خروج با طی بخشی از مسیر در مجاورت سطح، به تدریج بیشتر به سمت اعماق محیط منحرف شده و در نهایت با رسیدن به بستر، در مجاورت آن آرامش می‌یابد. در این قسمت به بحث و بررسی و تأثیر طول پیشروی هسته جت به عمق محیط پذیرنده پرداخته شده است. شکل (۳) برای کلیه داده‌های آزمایشگاهی برای بررسی و تأثیر طول پیشروی هسته جت به عمق محیط پذیرنده در غلظت مختلف نمایش می‌دهد.

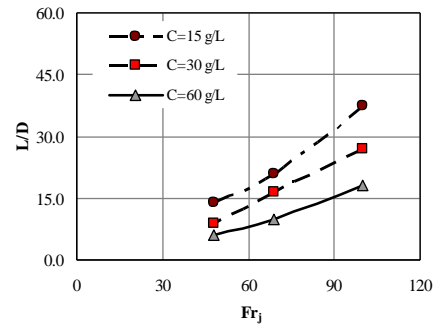
همان‌طور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، با افزایش عدد فرود چگال به دلیل افزایش سرعت و مومتم ورودی اولیه در یک طول ثابت، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. در یک غلظت و فرود ثابت با افزایش عمق، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد، دلیل این افزایش، کاهش کشش سطحی آب، با افزایش عمق محیط پذیرنده می‌باشد، همچنین با افزایش غلظت طول پیش‌رونده هسته جت به دلیل افزایش چگالی سیال جت، کاهش می‌یابد. در غلظت ۱۵، ۳۰ و ۶۰ گرم بر لیتر با دو

همچنین در یک غلظت و فرود چگال ثابت، با افزایش عمق، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. اختلاط طول پیش‌رونده هسته جت با جریان پیرامون محیط پذیرنده حداقل بوده، بنابراین سرعت هسته مرکزی ثابت می‌باشد. از این ناحیه به بعد، جریان پیرامون به تدریج به درون ناحیه حرکتی جت نفوذ نموده و باعث پیشروی خط مرکزی جت می‌شود. به عبارت دیگر از این ناحیه به بعد جریان پیرامون با جریان جت به تدریج به تعادل خواهد رسید. در این قسمت به بحث و بررسی و تأثیر اعداد بی بعد بر طول پیشروی هسته جت پرداخته شده است. پارامتر مورد بررسی، عدد فرود چگال می‌باشد. شکل (۳) برای کلیه داده‌های آزمایشگاهی تغییرات بدون بعد را نسبت به عدد فرود چگال در اعماق مختلف نمایش می‌دهد.

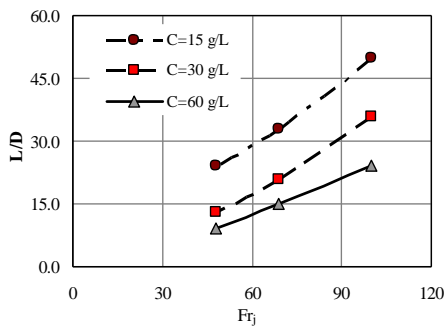
همان‌طور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود، با افزایش عدد فرود چگال به دلیل افزایش سرعت و مومتم ورودی اولیه در یک طول ثابت، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. همچنین با افزایش غلظت جت، طول پیش‌رونده هسته جت به دلیل چگال بودن سیال کاهش می‌یابد. جریان سطحی تخلیه شونده به علت اختلاف چگالی با سیال محیط، الگوی متفاوتی از حرکت جریان در محیط تحت عنوان رژیم جت شناور ایجاد خواهد نمود. در این حالت، جریان بخشی از مسیر پذیرنده را



(ب)

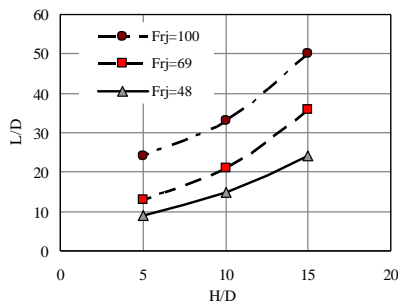


(الف)

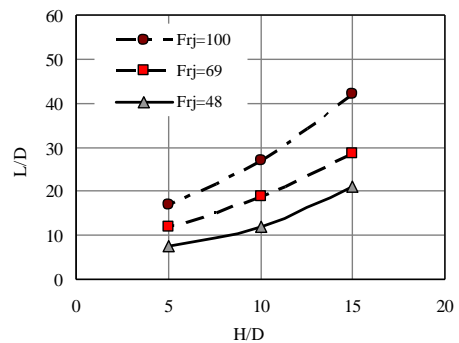


(ج)

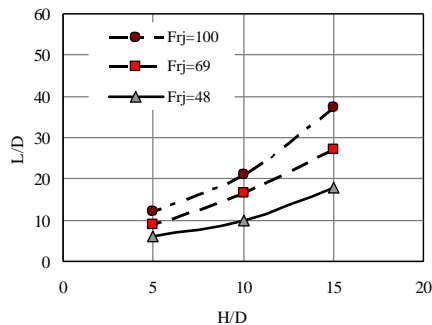
شکل ۳. تغییرات طول پیش‌رونده هسته جت (الف) $H/D=5$ ، (ب) $H/D=10$ و (ج) $H/D=15$



(ب)



(الف)



(ج)

شکل ۴. تغییرات طول پیش‌رونده هسته جت (الف) $C=15$ ، (ب) $C=30$ و (ج) $C=60$

(۱۰) در سال ۱۹۹۷ در بررسی جت‌های خروجی، نقش شار حجمی در مقابل شار مومتم و شار شناوری را قابل اغماض دانستند. بر این اساس، ایشان مشخصات جریان را در بررسی خروجی جت‌های وابسته به مقیاس طولی L_s عنوان نموده‌اند. چنانچه جریان سیال پذیرنده و جت، ناهمسو باشند، بیانگر میزان نفوذ جت در سیال می‌باشد. اما در شرایطی که هر دو جریان هم‌راستا باشند، L_s بیانگر طول محدوده جت می‌باشد. توان و قدرت جت مستقیماً به عدد فرود چگال وابسته است به طوری که، در عدد فرود چگال بالاتر، جریان جت قوی‌تری با مومتم اولیه بیشتر، تولید می‌شود. با توجه به این که قطر جت در تمام آزمایش‌ها ثابت و بدون تغییر بوده، می‌توان به این نتیجه رسید که نسبت مقیاس طولی به عدد فرود بستگی دارد. که ناحیه نزدیک جت و ناحیه دور از جت رخ می‌دهد. این مقدار برای فرودهای ۴۸، ۶۰ و ۱۰۰ به ترتیب برابر ۶۷/۷۷، ۹۷/۴۲، ۱۴۱/۱۹ سانتی‌متر به دست می‌آید. با توجه به شکل‌های فوق مشاهده شد، که با افزایش عمق محیط پذیرنده و عدد فرود جت، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد و با افزایش غلظت جت طول پیش‌رونده کاهش می‌یابد. برای مشخص نمودن رابطه ریاضی بین پارامترها از نرم‌افزار آماری SPSS بهره‌گرفته شد به گونه‌ای که روش‌های مختلف خطی و غیرخطی مورد آزمون آماری با پارامترهای وابسته قرار گرفت و نهایتاً مدل غیرخطی زیر برای پارامترها استخراج شد.

$$\frac{L}{D} = 1/692 Fr_j^{0.686} - 60/146 \left(\frac{H}{D}\right)^{-0.151} + 182/18 (\ln C)^{-1/442} \quad [6]$$

در نهایت رابطه (۶) به عنوان بهترین رابطه معرفی شد، زیرا علاوه بر R^2 نزدیک به ۱، کمترین میزان خطا را داراست در رابطه ۶، میزان R^2 برابر ۰/۹۴۱ به دست آمده است. آمار براساس ۸۰ درصد داده‌ها استخراج گردید و ۲۰ درصد داده‌ها جهت برآورد دقت و صحت سنجی روابط مورد استفاده قرار گرفتند. از طرفی در این تحقیق با استفاده از مدل‌های آماری بسط داده شده برای هر آزمایش مقادیر طول پیشروی محاسبه و در مقابل مقادیر اندازه‌گیری شده متناظر آنها ترسیم گردید. شکل (۵) تغییرات مقادیر اندازه‌گیری شده طول پیشروی در مقابل مقادیر

برابر شدن عمق محیط پذیرنده، طول پیش‌رونده هسته جت، به ترتیب ۳۴، ۳۷ و ۴۳ در صد افزایش می‌یابد؛ همچنین با سه برابر شدن عمق محیط پذیرنده طول پیش‌رونده هسته جت به ترتیب ۵۹، ۶۱ و ۶۸ درصد افزایش طول پیش‌رونده به وجود آمده است؛ به طور میانگین با دو برابر شدن عمق محیط پذیرنده، طول پیش‌رونده ۳۸ درصد، و با سه برابر شدن عمق محیط پذیرنده نسبت به حالت اولیه، طول پیش‌رونده هسته جت، ۶۲ درصد افزایش می‌یابد. پینسین و لیست (۱۶) و رایت (۱۱) در مطالعات خود با صرف نظر کردن از تأثیرات شکل تخلیه‌کننده، متغیرهای بالا را قالب دو مقیاس طولی تخلیه، L_Q و مقیاس طولی جت برای تعیین ناحیه نزدیک و دور جت، L_s با بعد طول تجمیع نموده‌اند. ایشان با استفاده از استدلال‌های فیزیکی و ابعادی، مقیاس‌های طولی مذکور را به منظور ناحیه‌بندی رژیم‌های مختلف جریان و تفکیک خصوصیت جت‌ها به صورت زیر پیشنهاد نمودند:

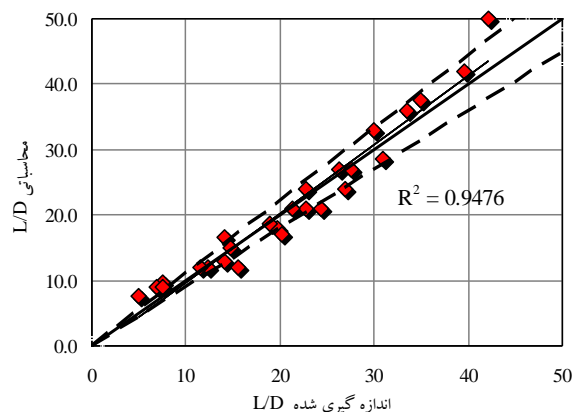
$$L_Q = \frac{Q}{M^{0.5}} \quad [3]$$

$$L_s = \frac{M^{0.75}}{F_j^{0.5}} \quad [4]$$

شار شناوری اولیه و مومتم، F_j و M ، هر دو پارامتر از خصوصیات جریان تخلیه شونده می‌باشند. از آنجایی که مقدار $M_0 = \frac{\pi}{4} D^2 u_0^2$ و $F_j = \frac{\pi}{4} D^2 u_0 g'$ می‌باشد، بنابراین با جایگذاری در رابطه (۴) مقیاس طولی با فرمول ساده زیر بیان می‌شود (۱۳):

$$L_s = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0.25} D F_j \quad [5]$$

که در این روابط، L_Q نشان دهنده اهمیت نسبی شار حجمی به شار مومتم جریان جت خروجی است. این پارامتر ناحیه‌ای از جریان که هندسه محیط پذیرنده، مشخصات جریان خروجی را تحت تأثیر قرار می‌دهد، مشخص می‌نماید. پارامتر L_s نیز که بیانگر اهمیت نسبی مومتم خروجی به شار شناوری جت خروجی است، نشان‌دهنده محدوده غالب بودن هریک از شارهای مذکور در جریان خروجی است. رابرتز و همکاران



شکل ۵. تغییرات مقادیر محاسبه‌ای در مقابل مقادیر اندازه‌گیری

محاسبه طول پیش رونده هسته جت، در محیط پذیرنده متحرک محاسبه گردد.

نتیجه‌گیری

از مجموع توضیحات مندرج در بندهای قبل که حاصل مطالعات و نتایج آزمایشگاهی پژوهش حاضر می‌باشد به صورت غیرمستقیم می‌توان به نکات اشاره داشت: با توجه به آزمایش‌های انجام شده، مشخص گردید که با افزایش غلظت سیال جت، طول پیش‌رونده هسته جت کاهش می‌یابد. با افزایش عدد فرود، نیروی مومتم افزایش می‌یابد، به همین دلیل با افزایش عدد فرود چگال، طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد. با افزایش عمق آب، نیروی کشش سطحی کاهش می‌یابد، به همین دلیل با افزایش عمق محیط پذیرنده طول پیش‌رونده هسته جت افزایش می‌یابد.

محاسبه‌ای آن با استفاده از رابطه (۶) را نمایش می‌دهد. شکل (۵) براساس ۲۰ درصد داده‌های اندازه‌گیری شده و محاسبه‌ای که در استخراج رابطه (۶) نقشی نداشته‌اند، استخراج گردیده است. ضریب رگرسیون نیز در این حالت نمایه‌ای از میزان دقت هر یک از مدل‌های آماری خواهد بود. مقدار ضریب رگرسیون در این حالت برابر با ۰/۹۴ به دست آمد که نشان از دقت مناسب مدل آماری است. مدل آماری خطی با دقت قابل قبولی قادر به پیش‌بینی پارامترهای مهم در حرکت جت سطحی چگال بوده و همان‌طوری که مشاهده می‌شود، اکثر داده‌های محاسبه‌ای در مقابل مقادیر پیش‌بینی بر روی خط ۴۵ درجه واقع شده‌اند.

پیشنهادات

محاسبه طول پیش‌رونده هسته جت، در جت‌های مستغرق و آزاد محاسبه گردد.

منابع مورد استفاده

1. Barata J. M. M. 1996. Fountain flows produced by multiple impinging jets in a cross flow. J. AIAA 34(12): 2523-2530.
2. Besalduch, L. A., M. G. Badas, S. Ferrari and G. Querzoli. 2014. On the near field behavior of inclined negatively buoyant jets. EPJ Conferences, Vol. 67, University of Cagliari, DICAAR (Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architetural). Cagliari. Italy.
3. Cuthberston Alan J. S., A. Peter and P. A. Davis. 2008. Deposition from particle-laden, round, turbulent, horizontal buoyant jets in stationary and following receiving fluids. J. of Hydraulic Engineering. ASCE. 134(4): 390-402.
4. Dastgheib, S., S. H. Musavi-Jahromi and A. Nowroozpour. 2013. Predicting hydraulic properties of circular buoyant

- jets in the static ambient flow using ANN and ANFIS. World Environmental and Water Resources Congress 2013. pp. 1880-1895.
5. Fric, T. F., A. Roshko. 1994. Vertical structure in the wake of a transverse jet. *J. of Fluid Mechanics ASCE* 279: 1-47.
 6. Fischer, H. B. 1981. *Mixing in inland and coastal waters*. Academic Press. California.
 7. Jirka, H. G. 1999. Life study of plane jet bounded in shallow water layer. *J. of Hydraulic Engineering, ASCE*. 125(8): 817-826.
 8. Jones, G., J. Nash, R. Doneker and G. Jirka. 2007. Buoyant surface discharges into water bodies. I: Flow classification and prediction methodology. *J. of Hydraulic Engineering. ASCE* 133(9): 1010-1020.
 9. Kheirkhah Gildeh, H., A. Mohammadian, I. Nistor and H. Qiblawey. 2014. Numerical modeling of turbulent buoyant wall jets in stationary ambient water. *J. of Hydraulic Engineering. ASCE* 140(6): 04014012.
 10. Islam, M. R., D. Z. Zhu. 2011. Flow upstream of two-dimensional intakes. *J. of Hydraulic Engineering, ASCE* 137(1): 129-134.
 11. Lee, J. and I. W. Seo. 2000. Numerical simulation of advected thermal using gaussian-vortex model. *J. of Engineering Mechanics. ASCE* 126(10): 1098-1106.
 12. Oliver, C. J., M. J. Davidson and R. I. Nokes. 2012. Predicting the near-field mixing of desalination discharges in a station environment. *J. of Desalination* 309: 148-155
 13. Roberts P. J. W., A. Ferrierer and G. Daviero. 1997. Mixing in inclined jet. *J. of Hydraulic Engineering. ASCE* 123(8): 693-699.
 14. Wright, S. J. 1977. Effects of ambient cross flow and density at ratification on the characteristic behavior of round turbulent buoyant jets, Report No. KH-R-36, W.M KECK Lab. of Hydraulic. and Water resort. California Inset.
 15. Tang, H., J. Paik, F. Sotiropoulos and T. Khangaonkar. 2008. Three-Dimensional numerical modeling of initial mixing of thermal discharges at real-life configurations. *J. of Hydraulic Engineering. ASCE* 134(9): 1210-1224.
 16. Pincince, A. B. and E.J. List. 1973. Disposal of brine into an estuary. *J. of Water Pollution Control Federation* 45(11): 2335-2344.

Progressive Length of the Surface Jet Core in Shallow Acceptor Ambient

R. Sajadi Far* and J. Ahadiyan¹

(Received: March 05-2015 ; Accepted : Dec. 26-2015)

Abstract

In this research dense fluid discharge was experimentally investigated under the surface jet in the shallow acceptor. The investigated parameters were depth of the acceptor ambient, flow rate and the concentration of surface jet. In order to investigate the relationship between these parameters, a-physical model experiments were performed in the hydraulic laboratory of Shahid Chamran University. The results showed that progressive length of the surface jet core is directly proportional to Froude number of fluid density, and is inversly proportional to fluid density concentration. Besides, the progressive length of the jet core increases with increasing the depth of the acceptor ambient. This length increase is due to the decrease of water surface tension. In average, increasing the depth of acceptor ambient twice, the progressive length will increase 38%, and its increasing three times, will increase progressive length of jet core 62%. Besides, in the relationship obtained for the progressive length of jet core R^2 is 0.94.

Keywords: Surface jet, Jet core progressive, Shallow acceptor.

1. Dept. of Hydraulic Structures, Faculty of Water Sci Eng., Shahid Chamrn Univ. (SCU), Ahwaz, Iran.

*: Corresponding Author, Email: r.sajadifar@yahoo.com