

ضریب انتشار جریان جت مستغرق غلیظ کم عمق و عمیق

رضا سجادی فر^{۱*} - جواد احدیان^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۱/۳۰

چکیده

در این پژوهش ضریب انتشار آلاینده چگال، تحت جت هیدرولیکی در سیال پیرامون آب زلال و در حالت محیط پذیرنده کم عمق و عمیق به صورت آزمایشگاهی بررسی گردید. پارامترهای مورد بررسی شامل، دبی تزریق، غلظت سیال آلاینده، قطر و همچنین زاویه همگرایی نازل جت و محیط پذیرنده کم عمق و عمیق می باشد. آزمایش‌های این تحقیق در یک فلوم آزمایشگاهی برنامه‌ریزی و انجام گردید. نتایج آزمایش‌ها نشان داد، که ضریب انتشار تابعی از غلظت آلاینده و عمق محیط پذیرنده می باشد؛ به طوری که با افزایش غلظت، در محیط پذیرنده عمیق ضریب انتشار افزایش می‌یابد؛ از طرفی در محیط پذیرنده عمیق مشخص شد که افزایش عدد فرود چگال تا حدود ۳۰ باعث کاهش ضریب انتشار می‌گردد و سپس ضریب به مقدار ثابت حدود ۰/۱ میل می‌نماید. همچنین نتایج نشان داد که در محیط پذیرنده کم عمق، مرزهای حرکتی به صورت غیرخطی با معادله‌ی درجه‌ی دوم توسعه می‌یابند. در این حالت حداکثر ضریب انتشار برابر با ۰/۲۸ و حداقل آن برابر با ۰/۰۹۵ بدست آمد. مقایسه نتایج در محیط کم عمق نشان داد که در یک عمق نسبی ثابت، با افزایش عدد فرود چگال از حدود ۵۲ به ۱۲۰ مقدار ضریب انتشار تا ۲/۷ برابر کاهش می‌یابد. این در حالی است که برای یک عدد فرود چگال ثابت، به طور متوسط با افزایش عمق نسبی از ۵ به ۱۵ مقدار ضریب انتشار در حدود ۱۶/۵ درصد افزایش می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده چگال، دبی جریان، عدد فرود

مقدمه

آن را کاهش می‌دهد (۲ و ۳). جریان خروجی جت مستغرق توسط سیال آلاینده، باعث ایجاد منحنی‌های پایین افتادگی در جریان پذیرنده می‌گردد. در این گونه جریان‌ها، مشخص نمودن طول منحنی مذکور که وابستگی زیادی به غلظت و زاویه حمله جت دارد، به لحاظ دیدگاه‌های مختلف حائز اهمیت است (۴). دیویدسون و وانگ (۸) به بررسی و اندازه‌گیری شرایط هیدرولیکی جت، با جریان همسوی به شدت کم پرداخته، و مدل انتگرالی برای پیش بینی خصوصیات جریان را ارائه داده‌اند. آزمایش‌های انجام گرفته توسط ایشان برای اندازه‌گیری تراژکتوری با عدد فرود چگال ۵ و سرعت سیال پذیرنده ۸ میلی‌متر بر ثانیه بود. در نهایت وی بیان نمود مدل انتگرالی معرفی شده، برای سرعت‌های صفر و ۸/۷ میلی‌متر بر ثانیه پیش‌بینی مناسبی از روند جریان داراست. سیبولینا و همکاران (۷) به بررسی جت‌های چگال تزریق شونده به سیال ساکن پرداخت. این محققین با استفاده از نرم افزار اکسل مدلی برای پیش‌بینی تراژکتوری ارائه نمودند. گانگور و روبرت (۱۰) جت‌های چگال عمودی تزریق شونده، به سیال در حال حرکت را بررسی نمودند. این محققین عدد فرود چگال را بین ۱۹ تا ۲۴ در شرایط زیر بحرانی محیط پذیرنده در نظر گرفتند. بر اساس یافته‌های آنان، مشخص گردید که طول معیار پارامتر بسیار مهمی در

وجود کارخانه‌های آب شیرین کن در نزدیکی سواحل، تخلیه آب نمک در سطح دریا و تجمع مواد شیمیایی حاصل از فرآیند تصفیه، در مناطق کم عمق به دلیل اختلاط اولیه کم، نگرانی‌های زیست محیطی را به همراه خواهد داشت (۳). همچنین گسترش فعالیت‌های صنعتی، کشاورزی و توسعه‌ی شهر نشینی، باعث تولید حجم بالایی از انواع پساب‌های بهداشتی و صنعتی شده است. برخی از این پساب‌ها به دریاها و برخی دیگر، به رودخانه‌ها که محیط کم عمق هستند، تخلیه می‌شود. گاهی این آلاینده‌ها مستقیم، و گاهی ابتدا کمی تصفیه شده و سپس در فاصله زمانی کوتاهی، با آب رودخانه‌ها و دریاها مخلوط می‌شوند، تا با کاهش غلظت از اثرات آلودگی آن‌ها کاسته شود (۱). استفاده از جت هیدرولیکی از راه‌های سریع، برای رقیق نمودن آلودگی‌هایی است که به رودخانه‌ها یا دریاها وارد می‌شوند. این سامانه در زمان کوتاهی جریان آب و چگال را مخلوط نموده و اثرات مخرب

۱ و ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه سازه‌های آبی، دانشگاه شهید چمران اهواز
* نویسنده مسئول: (Email: R.sajadifar@yahoo.com)

$$f(\rho_a, \rho_j, \mu_j, u_0, u_m, D, x, g, h, y, b, b', \theta_c, \beta) = 0 \quad (1)$$

در معادله (۱)، ρ_a : جرم حجمی سیال پیرامون، ρ_j : جرم حجمی سیال جت، μ_j : لزجت مطلق اولیه سیال جت، u_0 : سرعت اولیه ورودی جت، u_m : سرعت خط مرکزی در مکان‌های مختلف از محل جت، D : قطر جت، x : فاصله طولی فلاکس جریان جت از محل جت، g : شتاب ثقل، b' : برابر نصف عرض انتشار در امتداد شاغولی، b : نصف عرض انتشار در راستای حرکت منحنی پایین افتادگی، θ_c : زاویه همگرایی نازل جت و β : ضریب انتشار جت، h : عمق آب محیط پذیرنده و y : عرض فلوم می‌باشد. شکل (۱) برخی از پارامترهای تعریف شده در این پژوهش را به نشان می‌دهد. با استفاده از تحلیل ابعادی بین پارامترهای فوق، روابط بدون بعد زیر برای این پدیده استخراج شد.

$$f\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_a}, \frac{\rho_d u_0 D}{\mu_j}, \frac{u_0}{\sqrt{gD}}, \frac{u_m}{u_0}, \theta_c, \beta, \frac{b}{x}, \frac{b'}{x}, \frac{b}{b'}, \frac{h}{D}, \frac{y}{D}\right) = 0 \quad (2)$$

در معادله (۲) پارامتر اول، دوم، سوم، چهارم به ترتیب معرف، اختلاف دانسیته نسبی بین سیال جت و سیال پذیرنده، عدد رینولدز ورودی، عدد فرود چگال جریان جت و نسبت سرعت خط مرکزی به سرعت اولیه می‌باشد. همچنین g' : شتاب ثقل موثر بوده که برابر حاصل ضرب شتاب ثقل در دانسیته‌ی نسبی $\left(\frac{\Delta\rho}{\rho_a}\right) g$ است.

پارامترهای ششم تا هشتم نیز بر اساس تعریف ضریب انتشار بوده، که پارامتر β نماینده هر سه می‌باشد. لازم به توضیح است که C_0 غلظت اولیه سیال جت بوده و که در این تحقیق ارتباط بین غلظت و دانسیته در جدالی مشخص گردید. لذا در تحلیل ابعادی پارامتر غلظت به عنوان یک متغیر مستقل در نظر گرفته نشد، و به جای آن دانسیته در روابط مورد استفاده قرار گرفت. برنامه‌ریزی آزمایش‌ها به گونه‌ای انجام شد که با توجه به شرایط واقعی جریان تخلیه شونده همواره در محدوده‌ی جریان آشفته قرار گیرد. بر اساس برنامه ریزی انجام شده حداقل عدد رینولدز در این تحقیق 4520 بدست آمد که نشان از آشفتگی جریان می‌باشد. از این رو در کلیه آزمایش‌ها از اثر عدد رینولدز صرف نظر شد. با توجه به رابطه (۲) از آنجایی که اختلاف دانسیته در عدد فرود چگال وارد می‌شود، و همچنین از آنجایی که پارامترهای $\frac{b'}{x}$ ، $\frac{b}{b'}$ ، $\frac{b}{x}$ در واقع تعریفی دیگر از ضریب انتشار هستند، لذا می‌توان در تحلیل ابعادی نهایی از آنها صرف نظر نمود. بنابراین می‌توان ضریب انتشار را تابعی از روابط بدون بعد زیر دانست:

$$\beta = f\left(\frac{u_0}{\sqrt{gD}}, \theta_c, \frac{h}{D}\right) \quad (3)$$

در رابطه (۳) نسبت h/D عمق نسبی در محیط پذیرنده کم عمق می‌باشد. بر اساس تحلیل‌های تئوری در محیط پذیرنده‌ی عمیق

توزیع جریان خروجی از جت است. لائو و استنفان (۱۴) به بررسی خواص پخشیدگی دوگانه نمکی، تحت تاثیر اختلاف دما و غلظت و اثر آن بر منحنی پایین افتادگی پرداخته‌اند. بررسی رفتار جت‌های مستغرق در جریان‌های لایه‌بندی شده از قبیل سواحل دریا و یا مخازن پشت سد‌ها به صورت تئوری و آزمایشگاهی توسط جیرکا (۱۱) و (۱۲) انجام شده است. تخلیه فاضلاب‌های خانگی و صنعتی به خلیج‌ها و نواحی ساحلی و همچنین انتشار آلاینده‌های ناشی از دود نیز از جمله جریان‌های لایه‌بندی شده است که در مسائل زیست محیطی از اهمیت قابل ملاحظه‌ای برخوردار می‌باشند. اولیور و همکاران (۱۵) مطالعات خود را با هدف حذف تاثیر مرزها در شناوری منفی جت‌ها گسترش دادند. آن‌ها با استفاده از سیستم لیزر-فلورسانس به تعیین پراکنش جریان، حداکثر و حداقل غلظت و منحنی تراژکتوری جریان برای طیف گسترده‌ای از اعداد فرود چگال و زاویه‌های همگرایی مختلف پرداختند. اولیور و همکاران (۱۶) به پیش‌بینی اختلاط در نزدیکی میدان تخلیه آب شیرین کن‌ها در محیط‌های ساکن پرداخت. آن‌ها از مدل انتگرال اصلاح شده برای پیش‌بینی شناوری منفی در نزدیکی میدان تخلیه استفاده کرد. این مدل براساس نیمرخ گوسین، در سطح بیرونی این جریان‌ها طراحی شد. از این طریق تاثیر شناوری ناشی از ناپایداری در قسمت داخلی جریان از طریق کاهش شار شناوری جریان اصلی به ثبت رسیده است. ضریب انتشار، β ، مربوط به پخشیدگی جریان جت بوده که می‌توان آن را بر اساس نیمرخ گوسین تعیین و محاسبه نمود. اندازه‌گیری‌های بردباری (۶) این مقدار را 0.13 ، کاتسونوس (۱۳) این مقدار را 0.116 ، محاسبه نمودند. بر اساس نتایج بدست آمده توسط محققینی از قبیل آلبرسون و همکاران (۵) و ویگناسکی و فیدلر (۱۸) آهنگ انتشار جت با 0.114 برآورد گردید. از طرفی فیشر و همکاران (۹) مقدار ضریب انتشار را در حدود 0.107 برآورد نمودند. اندازه‌گیری‌ها توسط پاپانیکولا و لیست (۱۷) نشان داد که مقادیر β در حدود 0.108 است.

با توجه به مروری بر منابع انجام شده بررسی تغییرات ضریب انتشار نسبت به پارامترهای هیدرولیکی و ذاتی جریان تخلیه شونده در محیط پذیرنده کم عمق کمتر مورد بحث قرار گرفته است. لذا در این پژوهش با تغییر پارامترهای مختلف از جمله غلظت، سرعت، عمق سیال پذیرنده و همچنین قطر جت به بررسی تاثیر این پارامترها بر پخشیدگی و ضریب انتشار در محیط پذیرنده کم عمق پرداخته شده است.

مواد و روش‌ها

الف) تحلیل ابعادی

پارامترهای مؤثر در حرکت سیال جت با محیط پذیرنده کم عمق و عمیق عبارتند از:

منحنی پایین افتادگی جریان جت نسبت به مسافت طی شده آن نمی باشد (۳). در شکل (۱) نحوه ی توزیع جریان جت در محیط پذیرنده ی کم عمق و عمیق نشان داده شده است.

ضرب انتشار شیب خط عرض بازشدگی منحنی پایین افتادگی جریان جت نسبت به مسافت طی شده آن می باشد. از طرفی در محیط پذیرنده ی کم عمق ضرب انتشار تابع خطی از عرض بازشدگی



(ب) محیط پذیرنده عمیق - مقطع حرکتی (الف) محیط پذیرنده کم عمق - پلان و مسیر حرکتی

شکل ۱- نمایش تراژکتوری جریان جت به همراه بعضی پارامترها

Environmental deep acceptor level of motion [a] Mq- less receptive environment plan and route of [b]
Fig.1- representation jet trajectory with some parameters

سیال فلوم اصلی می شود. جهت مشاهده ی پخشیدگی و محاسبه ضرب انتشار و ثبت مسیر حرکت، از ماده ی رنگی استفاده شد. با استفاده از EC متر دقیق دیجیتالی که دارای سنسور اندازه گیری دما نیز بود، EC و دمای لحظه ای آب نمک مخزن تزریق و آب فلوم اندازه گیری شد. سپس با ارتباط دادن EC به جرم حجمی، تغییرات جرم حجمی سیال تزریق شونده در طول مسیر حرکتی برداشت می شد. اندازه گیری های مربوط به حدود حرکتی سیال جت در سیال پذیرنده با استفاده از خط کش انجام می شد. در سیال کم عمق برای دقت بیشتر، با استفاده از یک صفحه ی پلکسی گلاس که روی آن شبکه بندی با دقت یک میلی متر انجام شده بود، ابتدا مسیر حرکتی به صورت تصویر شده روی آن ترسیم می شد و سپس اندازه گیری های مختصاتی روی آن انجام می گرفت. به طور کلی در محیط پذیرنده ی کم عمق برنامه ریزی آزمایش ها به گونه ای انجام شد که در سه عمق نسبی ۵، ۱۰ و ۱۵ آزمایش ها در منبع پذیرنده ی ساکن انجام شد. جدول (۱) محدوده متغیرهای اندازه گیری شده در تحقیق حاضر را نمایش می دهد.

(ب) تجهیزات آزمایشگاهی و روش انجام آزمایش ها

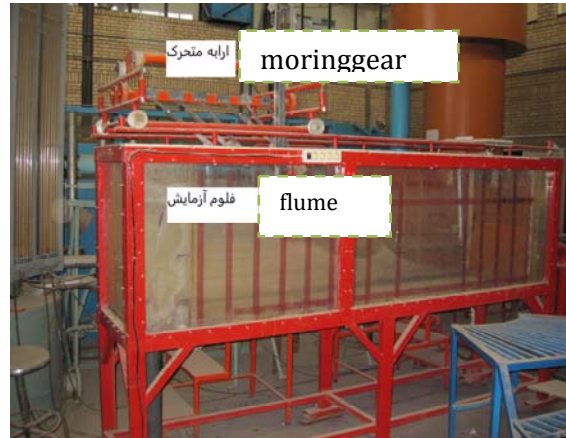
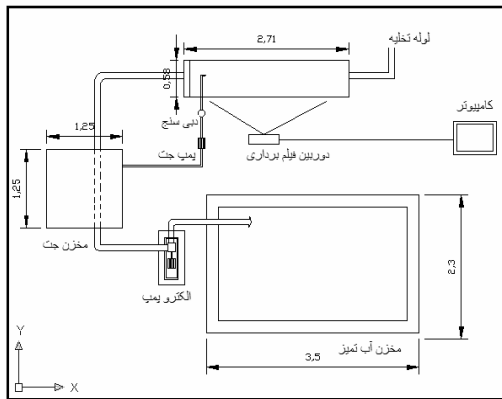
آزمایش ها بر روی فلومی در آزمایشگاه هیدرولیک دانشگاه شهید چمران اهواز صورت پذیرفت. ابعاد این فلوم شامل: ۳/۲ متر طول، ۰/۶ متر عرض و ۱/۰ متر ارتفاع (عمق) می باشد. بخش های مختلف این مدل فیزیکی شامل مخزن تامین آب و پمپ انتقال آب به فلوم، مخزن تزریق جت و پمپ اختلاط به منظور همگن نمودن سیال جت، فلوم و پمپ تزریق جت، لوله انتقال سیال از مخزن تزریق به جت، خروجی دبی سنج و تجهیزات مربوطه و نازل های تزریق جت می باشد. جهت اندازه گیری دبی خروجی از مخزن سیال جت، یک فلومتر دقیق الکترومغناطیس با دقت نسبی ۰/۲ درصد مقدار قرائت، بعد از خروجی مخزن تزریق شونده با شرایط استاندارد قرار گرفت. در این پژوهش سیال فلوم اصلی، آب شرب شهری و سیال تزریق شونده 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 ی تزریق در

جدول ۱- محدوده مشخصات اندازه گیری شده در تحقیق حاضر

Table 1-limitation of measured parameters of this study

عمیق	محیط پذیرنده	کم عمق	محیط پذیرنده
Depth	Acceptor ambient	Shallow	Acceptor ambient
دبی (L/s)	غلظت (g/L)	θ_c	دبی (L/s)
0.014-0.34	15-200	Fr _d	غلظت (g/L)
			h (cm)
			5,10,15

مدل آزمایشگاهی همراه با تجهیزات مربوطه در شکل (۲) نمایش داده شده



شکل ۲- مدل و تجهیزات آزمایشگاه

Fig. 2 Physical model and experimental apparatus

حرکتی به صورت مختصات محوری-شعاعی، (x, r) می‌باشد. در واقع حداکثر سرعت خط مرکزی می‌باشد. از طرفی بر اساس معادلات تئوری جت‌های متلاطم دایره‌ای انتشار جریان جت به صورت خطی بوده و از این رو عرض حرکت جریان، b ، به شکل زیر نوشته می‌شود:

$$b = \beta x \quad (5)$$

مقادیر b بر اساس نتایج اندازه‌گیریهای مختصاتی و همچنین برای صحت‌سنجی از نیمرخ سرعت و انطباق آن با تابع توزیع گوسین محاسبه و استخراج می‌شود. بر این اساس مطابق با اندازه‌گیری‌های مختصاتی انجام شده، برای تعدادی از آزمایش‌ها با استفاده از دستگاه سرعت سنج DOP2000 نیمرخ سرعت مسیر جریان برداشت گردید. با استفاده از این دستگاه می‌توان در راستای حرکت جریان جت، نیمرخ عمقی سرعت را برداشت نمود. بدین صورت که در راستای حرکت بیم دستگاه با تنظیم فواصل برداشت می‌توان سرعت نقطه‌ای را اندازه‌گیری نمود. در تحقیق حاضر میزان فواصل برداشت در حدود ۱ میلی‌متر در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که نیمرخ برداشت شده با تابع توزیعی گوسین و همچنین مسیر مختصاتی برداشت شده با خطای نسبی در حدود ۸/۹ درصد تطابق دارند. از این رو مقادیر عرض پخشیدگی جریان تخلیه‌شونده، با خطای قابل قبول با استفاده از مختصات محوری-شعاعی برداشت شده، استخراج گردید. شکل (۳) نمونه‌ای از نتایج اندازه‌گیری نیمرخ سرعت و انطباق آن‌ها با تابع گوسین را نمایش می‌دهد. لازم به توضیح است که ضریب انتشار با استفاده از همین عرض پخشیدگی و بر اساس رابطه (۵) استخراج می‌شود. به عبارتی در این تحقیق با محاسبه مقادیر b بر اساس سیستم مختصاتی با خطای قابل قبول نسبت به عرض نیمرخ گوسین، ضریب انتشار محاسبه گردید.

مطابق با شکل (۲) از نظر موقعیت مکانی، نازل جت در ابتدای فلوم نصب گردید. همچنین به لحاظ عمقی موقعیت جت به گونه‌ای بود که، همواره شرایط جت بصورت مستغرق رعایت گردد. برای دستیابی به این هدف، در محیط پذیرنده عمیق، موقعیت جت ثابت در نظر گرفته شد؛ به گونه‌ای که همواره ۱۵ سانتی‌متر آب روی آن وجود داشته باشد. لازم به توضیح است به دلیل توزیع فشار هیدرواستاتیکی میزان ارتفاع آب روی جت اثر گذار نخواهد بود. از طرفی در محیط پذیرنده کم عمق، با توجه به تغییر عمق نیز موقعیت جت چنان در نظر گرفته شد که سطح سیال پذیرنده در بالای تراز سطح نازل قرار گیرد.

نتایج و بحث

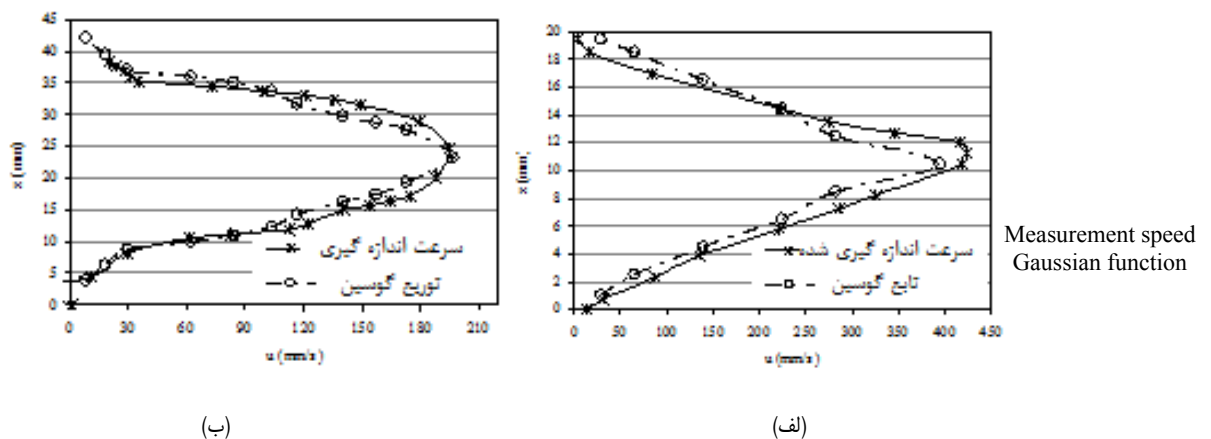
هدف از تحقیق حاضر محاسبه و مقایسه ضریب انتشار می‌باشد، که در دو بخش عمیق و کم عمق انجام شد. در هر بخش عوامل مؤثر بر ضریب انتشار بررسی گردید و نتایج با سایر محققین مقایسه شد.

الف) محیط پذیرنده عمیق

بر اساس روابط تئوری، در هر مقطع عرضی، توسعه جریان جت در سیال پذیرنده، با گرادین سرعت همراه بوده و تغییرات سرعت، با تابع توزیع نرمال گوسین مطابق دارد (۳) بر این اساس، مسیر حرکت جریان جت به صورت خطی افزایش می‌یابد. معادله توزیع سرعت گوسین در ناحیه توسعه یافته کامل که در آن $x \geq 6.2D$ است، به شرح زیر می‌باشد:

$$u = u_m e^{-\left(\frac{r}{b}\right)^2} \quad (4)$$

که در جریان جت سه بعدی دایره‌ای این تحقیق تغییرات مسیر



شکل ۳- مقایسه توزیع سرعت بر اساس تابع گوسین و مقادیر اندازه گیری (الف) $x=125\text{mm}$ (ب) $x=250\text{mm}$
Fig-3 Comparison of the measured velocity distribution and Gaussian function

می‌گراید. از طرفی با توجه به رابطه‌ی پیوستگی در مکان‌های مختلف از محل جت، با کاهش سرعت، عرض پخشیدگی افزایش می‌یابد. در خصوص مقایسه با تحقیق سایر محققین می‌توان به تحقیق کاسوینوس (۱۳)، بردباری (۶) اشاره نمود که ضرب انتشار را به ترتیب 0.116 و 0.113 محاسبه نمودند که با نتایج این تحقیق در غلظت 15 gr/l مطابقت دارد. جدول (۲) نمونه‌ای از نتایج تغییرات ضرب انتشار نسبت به قطر نازل و عدد فرود چگال در غلظت‌های 30 و 50 گرم بر لیتر را نمایش می‌دهد.

شکل (۲) نتایج نیمرخ سرعت اندازه‌گیری شده برای جت به قطر 8 میلی‌متر، غلظت 50 گرم بر لیتر و دبی چگال 0.052 لیتر بر ثانیه در دو مکان مختلف از محل جت را همراه با نتایج توزیع گوسین نشان می‌دهد. مطابق با شکل (۳) مشاهده می‌شود که بیشترین سرعت در خط مرکزی اتفاق خواهد افتاد و با فاصله گرفتن از خط مرکزی سرعت کاهش پیدا می‌کند. از طرفی در طول مسیر حرکتی نیز به دلیل ورود جریان پیرامون به محدوده‌ی جت سرعت حداکثر رو به کاهش

جدول ۲- نمونه‌ای از پارامترهای ضرب انتشار نسبت به قطر و فرود چگال

Table2- Example of spreading coefficient at the various diameter and Densimetric Froude Numbers

$C_0=15 \text{ g/L}$			$C_0=30 \text{ g/L}$			$C_0=50 \text{ g/L}$		
Fr_d	D mm	β	Fr_d	D mm	β	Fr_d	D mm	β
34.91	5	0.1771	12.75	5	0.1368	16.68	5	0.1593
57.36	5	0.116	44.72	5	0.1283	33.36	5	0.1531
89.87	5	0.1020	63.64	5	0.12	47.47	5	0.1511
119.71	5	0.1010	72.24	5	0.1194	61.59	5	0.15
18.49	8	0.1150	53.14	8	0.136	10.30	8	0.18
39.19	8	0.1144	27.5	8	0.13	21	8	0.17
57.68	8	0.1124	42.03	8	0.1280	30.11	8	0.167
82.82	8	0.1085	57.08	8	0.1190	41.60	8	0.15
10.97	15	0.1281	8.92	15	0.14	8.2	15	0.174
25.59	15	0.1211	19.32	15	0.139	14.26	15	0.1659
41.59	15	0.1199	32.19	15	0.129	24.33	15	0.51
54.24	15	0.1180	43.60	15	0.123	31.59	15	0.149

لیتر 0.135 برای غلظت 50 گرم بر لیتر 0.153 و برای غلظت 200 گرم بر لیتر 0.195 برآورد گردید. یعنی افزایش غلظت باعث می‌شود که انتشار جریان جت که به صورت عمود بر مسیر حرکتی جریان جت بررسی می‌شود، دارای گستره‌ی بیشتری شود. این موضوع به دلیل انتشار مولکولی و پخشیدگی مولکولی بین سیال جت و سیال پذیرنده

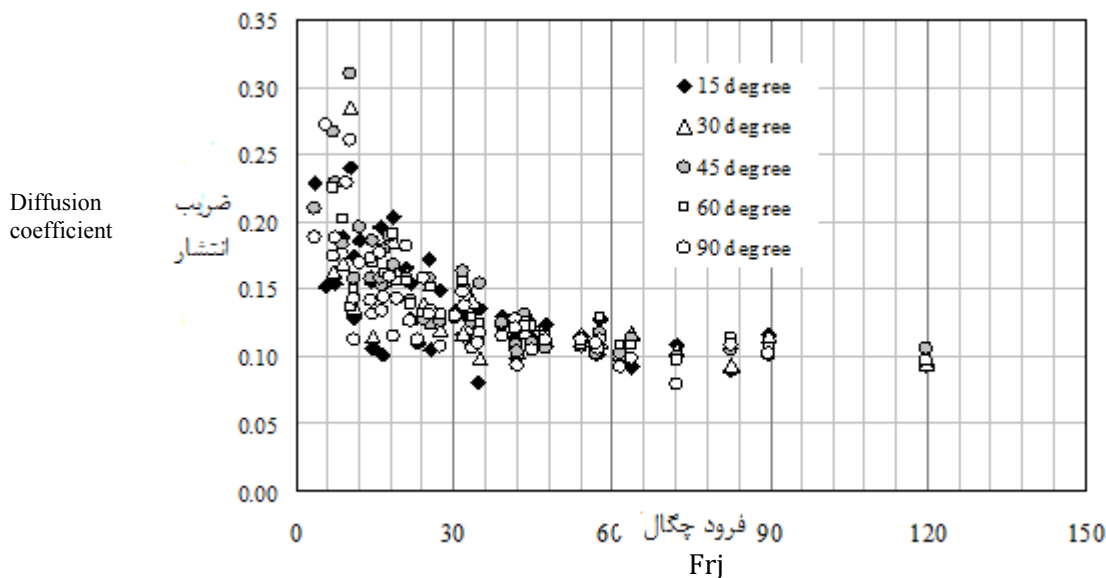
با مقایسه مقادیر جدول (۲) و همچنین بررسی دیگر نتایج، مشخص شد که، با افزایش عدد فرود چگال، ضرب انتشار کاهش می‌یابد. بر اساس نتایج بدست آمده، ضرب انتشار به طور متوسط از غلظت‌های کم به زیاد افزایش می‌یابد. این در حالی است که مقدار متوسط آن برای غلظت 15 گرم بر لیتر 0.121 برای غلظت 30 گرم بر

هسته‌ی مرکزی ثابت می‌باشد. از این ناحیه به بعد، جریان پیرامون به تدریج به درون ناحیه حرکتی جت نفوذ نموده و باعث کاهش سرعت خط مرکزی می‌شود. به عبارت دیگر از این ناحیه به بعد جریان پیرامون با جریان جت به تدریج به تعادل خواهد رسید. با این توصیف ضریب انتشار نمایش دهنده‌ی عکس طول هسته‌ی پتانسیل می‌باشد. در این راستا به دلیل این که عدد فرود چگال شامل حالت‌های مختلف قطر، دبی و غلظت اولیه می‌باشد، این پارامتر به عنوان نماینده‌ای از این متغیرها در نظر گرفته شد. پارامتر مورد بررسی، عدد فرود چگال می‌باشد. شکل (۳) برای کلیه داده‌های آزمایشگاهی تغییرات بدون بعد ضریب انتشار جت را نسبت به عدد فرود چگال در زوایای همگرایی مختلف برای نازل نمایش می‌دهد.

می‌باشد. از طرفی تعادل در نیروهای شناوری و مومنتم با افزایش غلظت به طول بیشتر نیاز داشته و این موضوع باعث افت انرژی بیشتر در سیال غلیظ‌تر و به تبع آن افزایش مرزهای حرکتی خواهد شد. به عبارت دیگر در غلظت‌های بالاتر در هر فاصله طولی مشخص و در شرایط مشابه دو آزمایش، پهنه‌ی جریان جت افزایش می‌یابد. بر اساس محاسبات تئوری در ناحیه در حال توسعه طول نسبی هسته‌ی پتانسیل عکس ضریب انتشار بوده که رابطه‌ی نهایی آن به صورت زیر استخراج می‌شود:

$$\frac{x_e}{D} = \beta^{-1} \quad (۶)$$

در این رابطه، پارامتر x_e : طول هسته‌ی پتانسیل جت بوده که در واقع مربوط به ناحیه در حال توسعه می‌باشد. در این ناحیه اختلاط جریان پیرامون با محیط پذیرنده حداقل بوده و بنابراین سرعت



شکل ۴- تغییرات ضریب انتشار در مقابل عدد فرود چگال در زوایای همگرایی مختلف

Fig. 4- variation of spreading coefficient versus Fr & θ_c

مقدار ضریب انتشار به غلظت و شرایط هیدرولیکی جت بسیار وابسته است، دلیل این موضوع وابستگی شدید به پارامتر شناوری است. در واقع پارامتر شناوری نسبت نیروهای شناوری به نیروهای مومنتم است، که در اثر افزایش سرعت ورودی جریان جت مقدار آن به شدت کاهش می‌یابد. از طرفی مؤلفه‌ی عمودی نیروی مومنتم با آهنگی برابر با نیروی شناوری در حال افزایش بوده و مؤلفه‌ی افقی آن، ثابت می‌ماند. بنابراین برای عدد فرود چگال بیش از ۳۰ کاهش پارامتر شناوری از یک سو و افزایش نیروی کل مومنتم از سوی دیگر باعث می‌شود که روند تغییرات ضریب انتشار به یک پارامتر حدی که در حدود ۰/۱ است میل نماید. شار شناوری اولیه و نیروی مومنتم، F و

همانطور که در شکل (۴) مشاهده می‌شود، با افزایش عدد فرود چگال به دلیل افزایش سرعت ورودی اولیه در یک طول ثابت، ضریب انتشار کاهش می‌یابد. تأثیر این کاهش تا عدد فرود ۳۰ ادامه داشته و پس از آن اثر عدد فرود چگال رو به کاهش می‌گراید. ضریب انتشار در این حالت به مقدار ثابت حدود ۰/۱ میل می‌نماید. این موضوع با توجه به تحقیقات گذشته که محققین مختلفی مقدار این ضریب را در همین حدود ۰/۱۰۸ پیشنهاد نموده بودند، همخوانی دارد. با افزایش عدد فرود از مقدار ۳۰ و بیشتر، نیروی مومنتم که عامل اصلی حرکت جریان جت می‌باشد به شدت نسبت به نیروی شناوری بیشتر شده و اثر آن را کاهش می‌دهد. تا قبل از مقدار ۳۰ برای عدد فرود چگال،

ب) محیط پذیرنده کم عمق

با توجه به اینکه بخشی از آزمایش‌های تحقیق حاضر استخراج ضریب انتشار در حالت محیط پذیرنده کم عمق است. در این بخش به بحث و بررسی پارامترهای مؤثر بر ضریب انتشار در محیط پذیرنده کم عمق پرداخته می‌شود. با توجه به اینکه قطر نازل در این سری آزمایش‌ها ۵ میلی‌متر بود، بر اساس شرایط حاکم بر جریان کم عمق، عمق جریان پیرامون ۵، ۱۰ و ۱۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بر اساس آزمایش‌های انجام شده در محیط کم عمق مشخص گردید که ضریب انتشار به صورت معادله‌ی درجه دوم نسبت به مسافت طی شده تغییر می‌نماید. شکل (۵) برای دبی تزریق برابر با ۰/۰۲۵ لیتر بر ثانیه و قطر جت ۵ میلی‌متر تغییرات مرزهای پخشیدگی جریان جت در محیط پذیرنده کم عمق را نمایش می‌دهد. مومنتم اولیه بیشتر، تولید می‌شود. با توجه به اینکه ضریب انتشار بعد از عدد فرود چگال ۳۰ به مقدار ثابتی میل می‌کند، می‌توان به این نتیجه رسید که قبل از این مقدار، ناحیه نزدیک جت^۱ و برای مقادیر بیشتر ناحیه دور از جت^۲ رخ می‌دهد. این مقدار برای قطرهای ۵، ۸ و ۱۵ میلی‌متر به ترتیب برابر ۱۴۱/۱۹، ۲۲۵/۹۰ و ۴۲۳/۵۷ میلی‌متر بدست می‌آید. همچنین با توجه به شکل (۴) تغییرات ضریب انتشار بر اساس عدد فرود چگال و زاویه همگرایی نازل آورده شده است. در این خصوص بررسی‌های انجام گرفته نسبت به وابستگی این ضریب با این دو پارامتر نشان می‌دهد که اثر عدد فرود چگال در زوایای همگرایی بیشتر است. جدول (۳) وابستگی ضریب انتشار به عدد فرود چگال را نشان می‌دهد. اعداد مندرج در جدول بر حسب درصد می‌باشند.

با توجه به این که عمق آب در محیط پذیرنده کم عمق متغیر است، عمق نسبی از ۵ تا ۱۵ متفاوت می‌باشد. بنابراین موقعیت ارتفاعی چنان در نظر گرفته شد که شرایط بصورت مستغرق رعایت گردد. شکل (۵) مسیر حرکتی جریان جت در محیط پذیرنده کم عمق را نمایش می‌دهد. در این شکل پارامتر X: فاصله از محل نازل جت و Y: عرض طی شده‌ی آن می‌باشد. به طور کلی جریان خارج شده از جت‌های مستغرق که در یک جریان پذیرنده از قبیل رودخانه و دریا تزریق می‌شود، شامل دو ناحیه است که معادلات حاکم بر آن‌ها متفاوت است. این دو ناحیه شامل ناحیه نزدیک جت و ناحیه دور از جت می‌باشد. هنگامی که دو سیال با دانسیته‌ی متفاوت با یکدیگر تداخل نمایند؛ جت شناور تشکیل می‌شود. در این پدیده نیروی مؤثر، ترکیبی از نیروهای شناوری و اندازه‌ی حرکت می‌باشد. حال چنانچه سیال تزریق شونده جت، از سیال پذیرنده سنگین‌تر باشد، جت دارای شناوری منفی و چنانچه سبک‌تر باشد، جت دارای شناوری مثبت خواهد بود. به دلیل این که عمق آب کم می‌باشد، مقدار نیروی

M، دو پارامتر از خصوصیات جریان تخلیه شونده در شرایط محیط پذیرنده عمیق بوده و بر اساس آن‌ها طول معیاری برای ناحیه نزدیک و دور جت به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$L_s = \frac{M_0^{0.75}}{F_0^{0.5}} \quad (7)$$

در این رابطه M_0 و F_0 به ترتیب شار مومنتم و شناوری جریان جت می‌باشد. طول معیار مقیاسی برای نواحی نزدیک و دور بوده و نشان می‌دهد که تا یک طول مشخص نیروی مومنتم و پس از آن شار شناوری بر حرکت جت مؤثر می‌باشند. در شکل (۴) محور Xها عدد فرود چگال بوده که در واقع نماینده‌ی از نیروی مومنتم به شار شناوری است که همان پارامتر L_s است. پارامتر طول معیار را می‌توان بر اساس رابطه (۷) نشان داد. از آنجایی که مقدار

$$M_0 = \frac{\pi}{4} D^2 u_0^2 \quad \text{و} \quad F_0 = \frac{\pi}{4} D^2 u_0 g'$$

در رابطه‌ی (۷) معیار طولی با فرمول ساده‌ی زیر بیان می‌شود.

$$L_s = \left(\frac{\pi}{4}\right)^{0.25} D.Fr_d \quad (8)$$

در رابطه‌ی (۸) L_s نمایانگر معیار طولی بوده که در واقع عدد فرود چگال نماینده‌ی این پارامتر است و محور Xها در شکل (۴) با اعمال یک ضریب ثابت به معیار طولی قابل تغییر است. در این تحقیق مشخص گردید که در محدوده عدد فرود چگال ۳۰ این موضوع به وقوع می‌پیوندد. 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 محدوده‌ی 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 جدول (۳) نشان می‌دهد که برای هر زاویه همگرایی، تغییرات عدد فرود چگال در یک بازه‌ی مشخص چه مقدار بر طول هسته پتانسیل (که متناسب با عکس ضریب انتشار است) اثرگذار می‌باشد. با افزایش عدد فرود چگال برای کلیه‌ی زوایای همگرایی، اثر آن بر طول هسته پتانسیل کاهش می‌یابد؛ حداکثر میزان این اثر ۱۹ درصد، و حداقل ۴ درصد می‌باشد. در خصوص مقایسه با تحقیق سایر محققین می‌توان به تحقیق ویگانسکی (۱۸)، کاسوینوس (۱۳)، بردباری (۶) و فیشر و همکاران (۹) اشاره نمود، که مقدار ضریب انتشار را به ترتیب ۰/۱۱۴، ۰/۱۱۶، ۰/۱۳ و ۰/۱۰۷ استخراج نمودند. آنها محیط پذیرنده را عمیق و سیال جت با سیال پیرامون به صورت یکسان و همگن در نظر گرفته شده است. این در حالی است که در تحقیق حاضر برای محیط پذیرنده عمیق در غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۲۰۰ گرم بر لیتر، میزان ضریب انتشار به ترتیب برابر ۰/۱۲۱، ۰/۱۳۵، ۰/۱۵۳ و ۰/۱۹۵ استخراج گردید.

آزمایش‌های این تحقیق در محیط کم‌عمق نشان داد که مرزهای حرکتی نه به صورت خطی بلکه به صورت غیرخطی با معادله‌ی درجه‌ی دوم توسعه می‌یابند. از این رو معادله‌ی در نظر گرفته شده برای مرزهای حرکتی جت به صورت زیر خواهد بود:

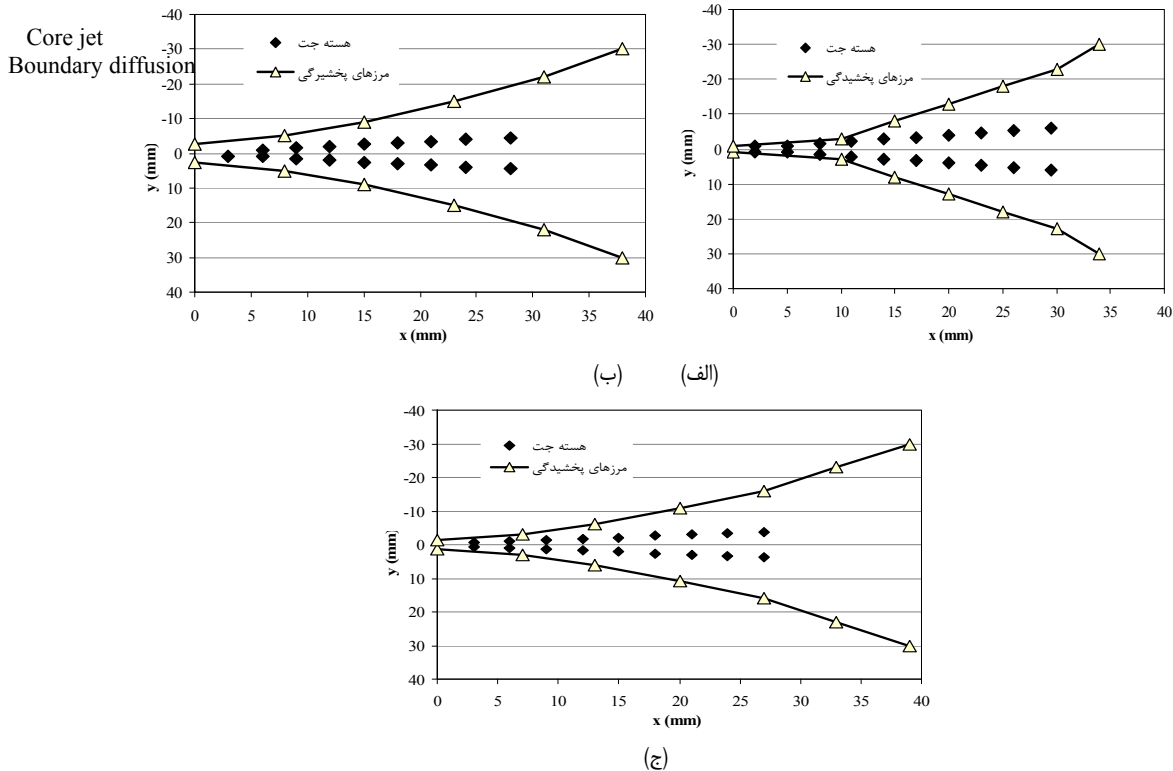
$$b = 0.5\beta \cdot x^2 + \frac{D}{2} \quad (۱۳)$$

شناوری منفی تحت تاثیر مرزهای صلب قرار گرفته و باعث تغییر در میزان طول طی شده‌ی جت می‌گردد. از طرفی مرزها باعث تشکیل دو ناحیه متفاوت در مسیر حرکتی جت می‌شود. در ناحیه اول که مربوط به هسته‌ی جت می‌باشد، شار ورودی جریان تزریق شونده تا طول مشخص به جلو خواهد رفت و از طرفی ورود جریان پیرامون به درون مرزهای حرکتی باعث پخشیدگی مرزهای آن می‌شود. ضریب انتشار در این حالت مربوط به بازشدگی مرزهای حرکتی می‌باشد.

جدول ۳- تحلیل حساسیت تابع ضریب انتشار به عدد فرود چگال

Table 3- Sensitivity analysis of the diffusion coefficient of the Froude number density

Fr _d	$\theta_c = 90^0$	$\theta_c = 60^0$	$\theta_c = 45^0$	$\theta_c = 15^0$
0-20	19	16	15	9
20-40	15.6	14	11.8	7.8
40-60	13.9	11.8	11	6.5
60-80	11	9	9	5.8
80-100	9	7	7	4.7
100-200	7	6	5	4

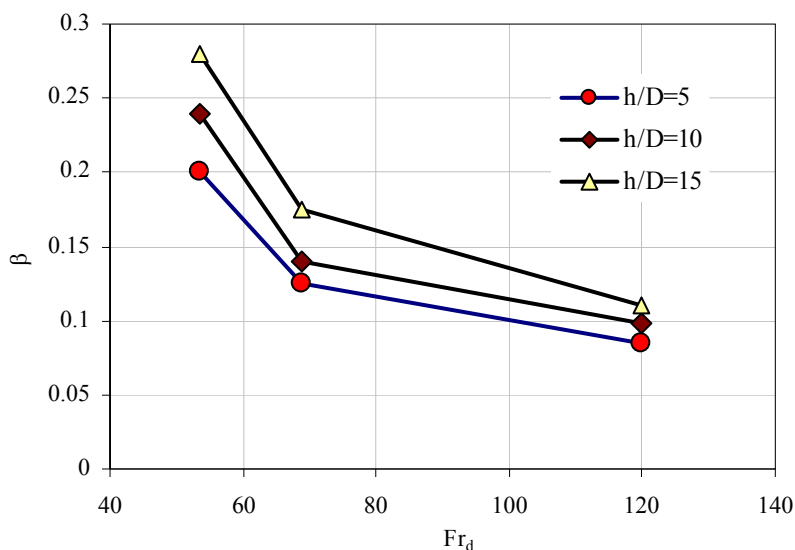


شکل ۵- تغییرات پخشیدگی و انتشار هسته جت، (الف) h/D=15 (ب) h/D=10 (ج) h/D=5

Fig 5- Boundaries of jet Flow and speared jet core

(۶) نشان دهنده تاثیر اعداد بی بعد بر ضریب انتشار در محیط پذیرنده‌ی کم عمق می‌باشد.

بر اساس این معادله ضرایب انتشار در آزمایش‌های مختلف استخراج گردید. نتایج نشان داد که با کاهش عمق، سیال سریعتر پخش شده و هسته جت مسیر کمتری را طی می‌کند؛ دلیل این پدیده اثر مرزها و همچنین برخورد سریع‌تر سیال چگال به کف محیط پذیرنده و سرعت بخشیدن به پخش شدن سیال چگال می‌باشد. شکل



شکل ۶- تغییرات ضریب انتشار در مقابل عدد فرود چگال در محیط پذیرنده کم عمق
Figure 6- Changes in diffusion coefficient versus Froude number density in shallow acceptor

بدست آمده از آزمایش‌های این تحقیق را می‌توان در بندهای زیر خلاصه نمود.

با توجه به آزمایش‌های انجام شده، مشخص گردید که، ضریب انتشار در محیط پذیرنده عمیق و کم عمق، با عدد فرود چگال نسبت عکس داشته، یعنی با افزایش عدد فرود چگال، ضریب انتشار کاهش می‌یابد؛ در محیط پذیرنده کم عمق، با افزایش عمق، ضریب انتشار افزایش می‌یابد، تا به مقدار ثابتی برسد. در هر دو محیط پذیرنده، با افزایش غلظت، ضریب انتشار افزایش می‌یابد. برای محیط پذیرنده عمیق در غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۲۰۰ گرم بر لیتر، میزان ضریب انتشار به ترتیب برابر ۰/۱۲۱، ۰/۱۳۵، ۰/۱۵۳ و ۰/۱۹۵ استخراج گردید.

وابستگی ضریب انتشار نسبت به عدد فرود چگال و زاویه‌ی همگرایی، نشان می‌دهد که اثر عدد فرود چگال در زوایای همگرایی بیشتر، فزونی می‌یابد.

در محیط پذیرنده عمیق با افزایش عدد فرود چگال تا ۱۲۰، میزان ضریب انتشار کاهش یافته به عدد حدود ۰/۱ میل می‌کند که تقریباً مشابه با نتایج سایر محققین در تحقیقات گذشته با سیال جت و پیرامون یکسان می‌باشد. در محیط پذیرنده کم عمق با افزایش عمق نسبی، مقدار ضریب انتشار افزایش می‌یابد. از نظر کمی با افزایش عمق نسبی از ۵ به ۱۵ در عدد فرود چگال ۱۲۰ مقدار ضریب انتشار از ۰/۰۹۵ به ۰/۱۲ افزایش می‌یابد.

در محیط پذیرنده کم عمق، با افزایش سرعت ورودی اولیه به دلیل افزایش عدد فرود چگال در یک طول ثابت پارامتر شناوری کاهش می‌یابد. از طرفی با افزایش سرعت ورودی میزان اصطکاک با

مطابق با شکل (۶) مشخص است که با افزایش عدد فرود چگال، ضریب انتشار کاهش می‌یابد. این کاهش به دلیل افزایش سرعت ورودی سیال جت و افت انرژی بیشتر در اثر اصطکاک بیشتر با مرزهای سیال جت می‌باشد. در شرایط هیدرولیکی ثابت؛ با افزایش عمق نسبی محیط پذیرنده ضریب انتشار افزایش می‌یابد. از نظر کمی در یک عمق نسبی ثابت برای منبع پذیرنده، با افزایش عدد فرود چگال از حدود ۵۲ به ۱۲۰ مقدار ضریب انتشار تا ۲/۷ برابر کاهش می‌یابد. این در حالی است که برای یک عدد فرود چگال ثابت، به طور متوسط با افزایش عمق نسبی از ۵ به ۱۵ مقدار ضریب انتشار در حدود ۱۶/۵ درصد افزایش می‌یابد. این در حالی است که مقدار درصد افزایش برای اعداد فرود چگال بیشتر، کمتر می‌باشد. همچنین مقیاس طولی بدون بعد (نسبت به قطر) برابر ۴۵/۱، ۶۵/۸ و ۱۱۷/۷۲ می‌باشد. در تحقیقات گذشته، محیط پذیرنده و سیال جت با سیال پیرامون را به صورت یکسان و همگن در نظر گرفته شد. این در حالی است که در تحقیق حاضر برای محیط پذیرنده عمیق در غلظت‌های ۱۵، ۳۰، ۵۰ و ۲۰۰ گرم بر لیتر، میزان ضریب انتشار به ترتیب برابر ۰/۱۲۱، ۰/۱۳۵، ۰/۱۵۳ و ۰/۱۹۵ استخراج گردید. همچنین در محیط پذیرنده کم عمق حداقل ضریب انتشار ۰/۰۹۵ و حداکثر آن ۰/۲۸ با رفتار غیر خطی محاسبه شد.

نتیجه گیری کلی

هدف اصلی تحقیق حاضر استخراج ضریب انتشار در حالت سیال جت غلیظ در محیط پذیرنده کم عمق و عمیق بود. به طور کلی نتایج

عدد فرود چگال از حدود ۵۲ به ۱۲۰ مقدار ضریب انتشار تا ۲/۷ برابر کاهش می‌یابد. این در حالی است که برای یک عدد فرود چگال ثابت، به طور متوسط با افزایش عمق نسبی از ۵ به ۱۵ مقدار ضریب انتشار در حدود ۱۶/۵ درصد افزایش می‌یابد. این در حالی است که مقدار درصد افزایش برای اعداد فرود چگال بیشتر، کمتر می‌باشد.

مرزهای صلب و به تبع آن میزان افت انرژی افزایش یافته و باعث اختلاط بیشتر جریان پیرامون با مرزهای حرکتی جت می‌شود. بر اساس نتایج بدست آمده برای کلیه آزمایش‌های انجام شده در محیط پذیرنده عمیق و کم عمق، با افزایش غلظت اولیه سیال جت، در یک فاصله طولی ثابت، ضریب انتشار افزایش پیدا می‌کند در محیط پذیرنده‌ی کم عمق در یک عمق نسبی ثابت، با افزایش

منابع

- 1- Abbsi, A., Saeedi, M., Hajizadeh Zaker, N., and Benevolent Gildeh, H. 2011. Flow characterization dilution in surface discharge of negatively buoyant flow in stagnant and non-stratified water bodies. *Journal of Water and Wastewater*. 22(80): 71-82. (In Persian with English abstract).
- 2- Ahadiyan, J., and Musavi-Jahromi, S.H. 2009. Evaluation of Effective Parameters on Buoyant Jets Development in the Stagnant Ambient Fluid. *Journal of water and soil*. 23(4): 179-192. (In Persian with English abstract).
- 3- Ahadiyan, J., and Musavi-Jahromi, S.H. 2009. Effects of jet hydraulic properties on geometry of trajectory in circular buoyant jets in the static ambient flow. *Journal of Applied Science*, 9(21): 3843-3849.
- 4- Ahadiyan, J., Mohammadi, F., and Bahrami, H. 2014. Effect of vertical angle and hydraulic properties on flow distribution of single dense jet using physical model. *Journal of Khoramshahr Marine Science and Technology*. 13(1): 51-60. (In Persian with English abstract).
- 5- Albertson, M.L., Dai, Y.B., Jensen, R.A., and Rouse, H. 1950. Diffusion of submerged jets, *Trans. ASCE*, 115: 639-644.
- 6- Bradbury, L.J.S. 1965. The structure of a self-preserving turbulent plane jet. *Journal of Fluid Mechanics*, ASCE, 23(1): 31-64.
- 7- Cipollina, A., Brucato, A., Grisafi, F., and Nicosia, S. 2005. Bench scale investigation of inclined dense jets. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 131(11): 1017-1022.
- 8- Davidson, M., and Wang, H. 2002. Strongly advected jet in a co-flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 128(8): 742-752.
- 9- Fischer, H.B., 1971. The dilution of an undersea sewage cloud by salt fingers. *Water Res.*, 5: 909-915.
- 10- Gungor, E., and Roberts, P. J. W. 2009. Experimental studies on vertical dense jets in a flowing current. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 135(11): 935-948.
- 11- Jirka G.H. 2004. Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part 1: Single round jet. *Environmental Fluid Mechanics*, 4(1): 1-56.
- 12- Jirka G.H. 2006. Integral model for turbulent buoyant jets in unbounded stratified flows. Part 2: Plane jet dynamics resulting from multiport diffuser jets. *Environmental Fluid Mechanics*, 6: 43-100.
- 13- Kotsovinos, N E. 1976. A note on the spreading rate and virtual origin of a plane turbulent jet. *Journal of Fluid Mechanics*, ASCE, 77: 305-311.
- 14- Law, A.W., and Stephon, G.M. 2004. Double Diffusive Effect on Desalination Discharge. *Journal of Hydraulic Engineering*, ASCE, 122(11): 450-457.
- 15- Oliver C.J., Davidson, M.J., and Nokes, R. I. 2012. Removing the boundary influence on negatively buoyant jets. *Environmental Fluid Mechanics*, 13:625-648.
- 16- Oliver C.J., Davidson, M.J., and Nokes, R. I. 2012. Predicting the near-field mixing of desalination discharges in a station environment. *Journal of Desalination*, 309: 148-155
- 17- Papanicolaou, P., and List, E.J. 1988. Investigations of round vertical turbulent buoyant jets. *Journal of Fluid Mechanics*, ASCE, 195: 341-391.
- 18- Wagnanski, I.J., and Fiedler, H. 1970. The two-dimensional mixing region. *Journal of Fluid Mechanics*, ASCE, 41: 327-361.



Spreading Coefficient of Buoyant Jet flow in the Shallow and Deep Ambient Current

R. Sajadifar^{1*} - J. Ahadiyan²

Received: 06-05-2015

Accepted: 18-04-2016

Introduction: In this research the spreading coefficient of dense flow under the jet hydraulic in the surrounding fluids of clean water and at the accepting environment with the low depth and high depth has been analyzed. The analyzed parameters are included of discharge injection, density of contaminating fluid, diameter and angle of the contraction of jet nozzle and shallow and deep water ambient fluid.

Materials and methods: These tests are being conducted in the flume laboratory. The results obtained from the tests show that the circulation coefficient is a function of contaminating density and the depth of the accepting environment, such that with increase in the density, the accepting environment depth coefficient will an increase and circulation and coefficient dispersal with the densities of 15, 30, 50, 200 g/lit, are 0/121, 0/135, 0/153, and 0/196 respectively. On the one hand, in the accepting environment depth it has been shown that increase in the Froude density number up to 30 causes decreases in the circulation and coefficient dispersal and then this coefficient will be used in the constant amount of 0/1.

Results and Discussion: Results showed that the profiles taken by the GOSEN distribution function and also coordinate the direction taken compliance with about 8/9% errors. Therefore the amount of dispersion of drained stream with accepted error and the use of accepted axial- radial coordinate have been extracted. The most speed has been taken place in the central line and getting further from the center reduces the speed. On the one hand, along the moving path the limits of Jet reduce which is surrounding conditions. On the other hand, considering the continuity coordination in different places from the jet, and reduction of speed, the dispersion width increases. And also according to the analysis conducted it is clear that speed profiles measured is consistent with Gussein distribution. Generally the flow of the sank jets, which are located at an accepting running flow such as rivers or seas, consisted of two areas, with different equations. These two areas are consisting of area (field) close to the jet and area (field) far from jet. When two fluids with different consistencies interfere with each other, it produces a floating jet. In this phenomenon the effective power consisted of composition of floating powers and the amount of movement. Now, if the injected fluid is heavier than the acceptant fluid, the jet will have a negative floating condition and if it is lighter, the jet will have positive floating condition. L_s are the space between an acceptance static fluid and a homogenous fluid and the amount of momentum is more than the floating charge. If the flow of acceptor fluid and jet are not in the same direction, it shows the jet penetration in the fluid, but if both are in the same direction, in this case L_s shows the limitation of the jet. The power and ability of the jet depend directly on the Frode density number. Since in the Frode number, higher density causes stronger jet with the initial momentum. Since the distribution of coefficient after the Frode density number densimetric 30 will be used at the constant amount, it can be said that the amount before this is the "jet near field and the amount more than this is jet far field. The amounts for diagonals 5, 8.15 mm are 141/9, 225/90, 423/57 mm respectably. Results show that in the acceptor environment with low depth, development of the moving borders is nonlinear with second degree equations. In this condition maximum disposal coefficient is equal to 0/28 and its minimum is 0/095. In a low depth environment it has been seen that in a relatively constant depth increase in the Frode density from 52 to 120 the amount of coefficient dispersal decreases up to 2/7 times. This is when for a constant Frode density, the average increase in the relative depth from 5 to 15 the amount of coefficient dispersal is about 16.5%. Increase in the Frode density number causes decrease in the coefficient dispersal. This decrease is due to increase in the speed of fluid entrance in the jet and more energy drop due to more friction with the fluid jet borders. In the other words, increase in the amount of momentum coefficient dispersal will be reduced. At the constant hydraulic conditions, with increase in the relative depth, acceptor environment coefficient dispersal increases which is due to decrease in the adhesion condition and decrease of the depth. Acceptor environment with low depth initial entering speed increases which is due to increase in the Frode density number in one constant length which causes decrease in the floating parameters. On the one hand, increase in the entering speed the amount of friction with the border and therefore the amount of energy drop increases and cause disturbance in the flow with the moving jet borders.

1, 2- Msc Student and Assistant Professor of Hydraulic Structures, Water Sciences Engineering Faculty, Shahid Chamrn University (SCU), Ahwaz

(*-Corresponding Author Email: R.sajadifar@yahoo.com)

Conclusion: In the low depth acceptor environment with a relative constant depth, the amount of percentage of increase in the density of Frode number decreases. Considering the tests conducted it has been shown that the coefficient of dispersal in the acceptor environment low and high depth are opposite to the Frode density number, which means that with an increase in the density of Frode number, the coefficient dispersal decreases. It is also shown that increase in the depth, causes increase in the coefficient dispersal until it reaches a constant amount. Dependency of coefficient dispersal in relation to Densimetric Frode number and convergence angle show increase in the effect of density of Frode number in the convergence angle.

Keywords Dense Pollutant, Flow, Froud number