

مدل‌سازی عددی و بررسی اثرات ارتفاع تیغه‌ی ورودی و محل ورود سیال در بازده حوضچه‌های رسوب‌گذار اولیه

علی تمایل (دانشجوی کارشناسی ارشد)
بهار فیروزآبادی (استادیار)
دانشکده‌ی مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی شریف

ناحیه‌های چرخنده معمولاً در حوضچه‌های رسوب‌گذار به وجود می‌آیند. این پدیده باعث ایجاد اتصال کوتاه، افزایش نواحی مرده، بالا بردن میزان اختلاط و ممانعت از ایجاد بستری آرام برای رسوب‌گذاری می‌شود. موارد یاد شده به کاهش بازده حوضچه می‌انجامند. همواره سعی بر این است که با روش‌های ممکن فضاهای مرده کاهش داده شود تا بازده حوضچه افزایش یابد. یکی از راه‌های بررسی و مقایسه‌ی بازده حوضچه‌ها رسم منحنی FTC^1 آنها است. در این نوشتار ضمن معرفی کلی روش ترسیم منحنی FTC با استفاده از مدل اغتشاشی $RNG K - \epsilon$ در تعیین میدان جریان و غلظت، اثرات محل ورود سیال به حوضچه بر بازده بررسی شد. همچنین به طریق مشابه تأثیرات وجود یا عدم وجود تیغه‌ی ورودی، و همچنین ارتفاع تیغه‌ی ورودی در حوضچه‌های اولیه مورد مطالعه قرار گرفتند. در مدل مورد مطالعه وجود تیغه ورودی مشمر ثمر نبوده و باعث کاهش بازده حوضچه می‌شود.

مقدمه

تعیین بازده حوضچه روش‌های مختلفی ارائه شده است که یکی از آن‌ها استفاده از منحنی FTC است. انجام آزمایش‌های تجربی، بسیار پیچیده و هزینه‌بر است، اما با پیشرفت روزافزون امکانات رایانه‌ی و نیز پیشرفت مدل‌سازی‌های عددی، امروزه دینامیک سیالات محاسباتی به صورت ابزار کارآمدی در اختیار محققین قرار گرفته است.

نخستین تحقیقات در مورد حوضچه‌ها به کارهای دابینز^[۱] و کمپ^[۲] بازمی‌گردد که علی‌رغم آگاهی از وجود نواحی بازچرخش و آشفتگی در جریان، مدل‌سازی مناسبی در این مورد صورت نگرفته است. اما جدی‌ترین تحقیقات به وسیله‌ی لارسن در سال ۱۹۷۷ انجام شد^[۳] که آزمایشات تجربی او به عنوان منبعی معتبر مورد استفاده‌ی بیشتر محققین بعد از او قرار گرفته است. در سال ۱۹۸۴ محققان در مدل‌سازی عددی از مدل لزجت آشفتگی ثابت بهره گرفتند^[۴]، و در سال ۱۹۸۵ از مدل دو معادله‌ی $k - \epsilon$ خطی (استاندارد) برای مدل‌سازی اغتشاشات بهره بردند.^[۵] همچنین آنها از روش بالادست در گسسته‌سازی معادلات استفاده کردند. در سال‌های ۱۹۹۰ و ۱۹۹۱ نیز ضمن استفاده از مدل $k - \epsilon$ از روش QUICK برای گسسته‌سازی معادلات استفاده کردند^[۶] و مشخص شد که مدل استاندارد $k - \epsilon$ برای تعیین منحنی FTC مناسب نبوده و قابل اعتماد نیست. در سال ۲۰۰۱ نیز محققان ضمن استفاده از مدل استاندارد $k - \epsilon$ و منحنی FTC به بهینه‌سازی حوضچه‌ی در آتن پرداختند.^[۷] در سال ۲۰۰۳ نیز تأثیر مدل اغتشاش $k - \epsilon$ غیرخطی بر پیش‌بینی منحنی FTC

رسوب‌گذاری با استفاده از نیروی گراش یکی از روش‌های مرسوم در تصفیه‌ی آب و فاضلاب است که به‌کمک آن ذرات معلق را از آب جدا می‌کنند. هزینه‌ی که برای ساخت حوضچه‌های رسوب‌گذار انجام می‌گیرد حدود $\frac{1}{3}$ هزینه‌ی ساخت یک تصفیه‌خانه‌ی آب است. بنابراین انجام تحقیقات در مورد مدل‌سازی و سپس بهینه‌سازی عملکرد حوضچه‌ها امری طبیعی و لازم است.

در روش‌های طراحی متداول از فرضیات بسیار ساده‌کننده‌ی استفاده می‌شود. در این طراحی‌ها عموماً جریان و سرعت ذرات یکنواخت فرض می‌شود و طراحی براساس زمان ماندگاری ذرات^۲ انجام می‌شود. با توجه به مشاهدات و آزمایشات به عمل آمده، مشخص شده است که بسیاری از این ساده‌سازی‌ها، غیرواقعی بوده و با خطای زیادی همراه خواهد بود.

بازده حوضچه‌های رسوب‌گذار به خصوصیات جریان سیال و همچنین خواص مواد معلق در آب بستگی دارد. در حوضچه‌های اولیه که غلظت مواد معلق در ورودی آن از $20 \cdot \frac{mg}{L}$ کم‌تر است^[۱]، اثرات شناوری و تأثیرات ذرات جامد بر جریان سیال می‌تواند صرف‌نظر کرد و بازده حوضچه کاملاً وابسته به هیدرودینامیک حوضچه دانست. به‌منظور رسوب‌گذاری مناسب لازم است بستری آرام برای جریان سیال در حوضچه فراهم شود. ایجاد نواحی مرده‌ی ناشی از بازچرخش^۳ جریان و پدیده‌ی اتصال کوتاه مانع ایجاد این بستر خواهد شد. برای

معادلات حاکم

میدان جریان به صورت دائم، دوبعدی، غیرشناور و غیر قابل تراکم است. معادله‌ی پیوستگی و معادله‌ی گشتاور در دستگاه مختصات دکارتی در راستاهای x و y به ترتیب عبارت است از:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (2)$$

$$u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} \left(v \frac{\partial v}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial x} \right) \quad (3)$$

از فشار هیدروستاتیکی صرف نظر شده است و فشار به وسیله‌ی معادلات محاسبه می‌شود. با توجه به کم بودن غلظت مواد معلق، از اثرات شناوری ناشی از اختلاف چگالی در آب صرف نظر شده است. برای مدل‌سازی اغتشاش، از مدل $RNG K - \epsilon$ استفاده شده که معادلات مربوطه عبارت‌اند از:

$$\rho \frac{Dk}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M \quad (4)$$

$$\rho \frac{D\epsilon}{Dt} = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[\alpha_k \mu_{eff} \frac{\partial \epsilon}{\partial x_i} \right] + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} (G_k + C_{2\epsilon} G_b) - C_{2\epsilon} \rho \frac{\epsilon^2}{k} - R \quad (5)$$

که در آن G_b تولید آشفستگی به علت نیروهای شناوری، و Y_M معرف تراکم‌پذیری است، همچنین G_k چنین تعریف می‌شود:

$$G_k = -\rho \overline{u'_i u'_j} \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \quad (6)$$

ثابت‌های مدل $C_{1\epsilon} = 1.42$ ، $C_{2\epsilon} = 1.68$ هستند. در این مدل، لزجت آشفستگی از حل معادله‌ی دیفرانسیل معمولی (معادله‌ی ۷) به دست می‌آید:

$$d \left(\frac{\rho^2 k}{\sqrt{\epsilon} \mu} \right) = 1.72 \frac{\hat{v}}{\sqrt{\hat{v}^2 - 1 + C_v}} d\hat{v} \quad (7)$$

که در آن $\hat{v} = \frac{\mu_{eff}}{\mu}$ ، $C_v \approx 100$. در اعداد رینولدز بالا، لزجت آشفستگی مشابه مدل استاندارد به شکل رابطه‌ی ۸ نوشته می‌شود:

$$\mu_t = \rho C \mu \frac{k^2}{\epsilon} \quad (8)$$

مورد بررسی قرار گرفت. [۱۰] و بالاخره در سال ۲۰۰۴ ضمن بررسی هیدرودینامیک حوضچه‌های اولیه، به مقایسه مدل استاندارد $k - \epsilon$ با مدل $RNG K - \epsilon$ در حوضچه‌ها مقایسه شد [۱۱]؛ گرچه تفاوت قابل توجهی در پیش‌بینی هیدرودینامیک جریان حاصل نشد، عملکرد مدل تصحیح‌شده‌ی $RNG K - \epsilon$ در محاسبه FTC مناسب‌تر به نظر می‌رسد.

FTC و بازده هیدرولیکی

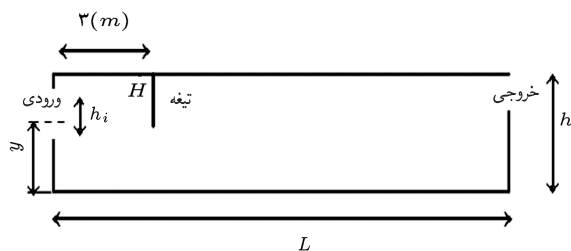
طراحی حوضچه‌های رسوب‌گذار با استفاده از زمان ماندگاری ذرات (DT) در حوضچه انجام می‌پذیرد. زمان ماندگاری نظریه‌ی به صورت $T_{TH} = \frac{V}{Q_D}$ تعریف می‌شود که در آن Q_D دبی حجمی مخزن و V حجم مخزن است. بازده هیدرولیکی نیز با همین زمان متناسب است. زمان ماندگاری واقعی (T_{Re}) از T_{TH} کوچک‌تر است که این به دلیل انحراف جریان درون حوضچه از جریان یکنواخت (PF) است. به منظور داوری در باره‌ی بازده حوضچه از منحنی FTC استفاده می‌شود. مواد رنگی یا فلورسنت هم‌چگالی با آب در مقطع ورودی طی مدت زمان مشخصی تزریق می‌شود و با مشاهده‌ی غلظت این مواد در مقطع خروجی بر حسب زمان، نموداری به دست می‌آید که به نمودار FTC معروف است.

برای مقایسه‌ی بهتر، غلظت ماده‌ی تزریقی در خروجی (C) بر غلظت متوسط حوضچه (C_0) تقسیم می‌شود؛ همچنین زمان (t) با تقسیم بر T_{TH} نرمال و بدون بعد شده است. دو نوع نمودار، یکی نمودار FTC نرمال شده و دیگری نمودار انباشتگی FTC مورد استفاده‌اند. خواصی از نمودار FTC که معیاری برای بررسی بازده هیدرولیکی قابل بررسی‌اند به چند دسته تقسیم می‌شوند:

۱. معیارهایی برای بررسی پدیده‌ی اتصال کوتاه در حوضچه، نظیر t_0 و t_{10} (اندیس نشان‌دهنده‌ی درصدی از ذرات است که به مقطع خروجی رسیده است) و همچنین سطح زیر نمودار FTC از $t = 0$ تا $t = 1$ قابل توجه‌اند.

۲. معیارهایی برای بررسی اختلاط^۱ که این معیارها از پهنای منحنی FTC اندازه‌گیری می‌شوند و عبارت‌اند از اختلاف $t_{25} - t_{75}$ و $t_{10} - t_{90}$ و نسبت t_{90}/t_{10} ؛ و همچنین اختلاف بین دو زمان که غلظت خروجی، ۵۰٪ مقدار بیشینه‌ی آن است.

۳. معیارهایی برای بررسی بازده، که برای این منظور می‌توان به t_{50} و t_{max} ، یعنی زمانی که بیشترین غلظت از خروجی عبور می‌کند، توجه داشت. [۹]



شکل ۱. هندسه و ابعاد حوضچه‌ی مورد بررسی $L = 4\text{m}$, $h = 2.7\text{m}$ و $h_i = 1.35\text{m}$.

بحث در نتایج

حوضچه‌ی مورد بحث به دو منظور مورد بررسی قرار گرفته است: یکی بررسی محل مناسب ورودی و دیگری بررسی ارتفاع مناسب تیغه در حوضچه‌ی اصلی که ورودی آن از بالا است. در کلیه‌ی موارد دبی ورودی ثابت بوده و عدد رینولدز برحسب عمق حوضچه برابر 62000 در نظر گرفته شده است. به منظور اطمینان از استقلال جواب‌های به دست آمده از شبکه‌ی محاسباتی مورد استفاده، مسئله در شبکه‌های با ابعاد متفاوت حل شده و در نهایت، نتایج از شبکه‌ی 80×200 حاصل شده است. جهت بررسی صحت نتایج، مقایسه‌ی نتایج مدل‌سازی حاضر با نتایج تجربی و عددی موجود در مرجع ۹ در شکل ۲ آورده شده است. دلیل اختلاف بین نتایج تجربی و عددی توسط استامو و همکاران [۹] شرح داده شده است. به اعتقاد وی مهم‌ترین دلایل ممکن است ساده‌سازی هندسه حوضچه در مدل‌سازی و نیز فقدان دقت وسایل اندازه‌گیری سرعت باشد.

در شکل‌های ۳ تا ۵ خطوط جریان برای محل‌های مختلف ورودی سیال رسم شده است. نکته‌ی قابل توجه این است که با توجه به ثابت بودن اندازه‌ی دریچه‌ی ورودی، سرعت ورودی در کلیه‌ی حالت‌ها برابر بوده است. همچنین به منظور وضوح بیشتر فقط نواحی چرخنده رسم شده‌اند. در حالت ورودی از بالا ($\frac{y}{h} = 0.75$) یک ناحیه‌ی بازچرخش در پایین ورودی ایجاد شده که طول آن حدود $9/3$ متر است و فضایی حدود 10% حجم کل حوضچه را اشغال می‌کند.

در ورودی با $\frac{y}{h} = 0.5$ دو ناحیه‌ی چرخنده، یکی در بالا و دیگری در پایین، با طول بیشینه‌ی $4/2$ متر وجود دارد که کلاً حدود 5% حجم حوضچه را تلف می‌کند. در ورودی با $\frac{y}{h} = 0.25$ یک ناحیه‌ی بازچرخش به طول $8/1$ متر وجود دارد که حدود 9% حجم کل را به خود اختصاص می‌دهد.

با توجه به این موارد، چنین به نظر می‌آید که ورودی از وسط، به دلیل حجم تلف شده‌ی کم‌تر، باید عملکرد بهتری داشته باشد و پس از آن، ورودی از پایین به علت این‌که سیال طول بیشتری را طی می‌کند تا از حوضچه خارج شود، بهتر از ورودی از بالا است. این موضوع در ادامه، با

که در آن ضریب ثابت C_μ معادل 0.845 است. مدل $RNG\ K-\epsilon$ برای جریان‌های مغشوش با رینولدز پایین نظیر مسئله‌ی مورد بررسی ما مناسب‌تر است. [۱۰] برای محاسبه و رسم منحنی FTC معادله‌ی غلظت به صورت معادله‌ی ۹ مورد استفاده قرار گرفته است.

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial uC}{\partial x} + \frac{\partial vC}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\nu_t}{\sigma_c} \frac{\partial C}{\partial y} \right) \quad (9)$$

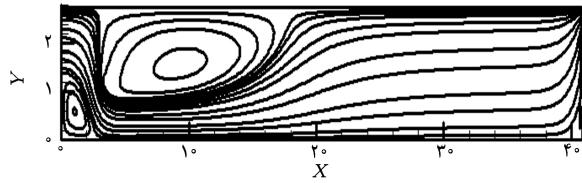
که در آن σ_c عدد اشمیت بوده و با توجه به این‌که تأثیر چندانی بر نتایج ندارد برابر ۱ در نظر گرفته شده است. [۱] برای رسم منحنی FTC با توجه به استقلال معادلات جریان از معادله‌ی غلظت، ابتدا میدان جریان به صورت دائم حل شده و سپس معادله‌ی غلظت به صورت زمان‌مند و با مقادیر سرعت به دست آمده از مرحله‌ی قبل حل شده است.

برای انجام محاسبات از روش حجم محدود، و نیز برای کاهش خطای عددی ناشی از مجزاسازی معادلات و کاهش پخش عددی [۱] از روش QUICK استفاده شده است. با توجه به عدم وابستگی میدان جریان به میدان غلظت، هیدرودینامیک جریان با استفاده از نرم‌افزار Fluent [۱۲] حل شده و از نتایج آن برای حل معادله‌ی غلظت که توسط یک برنامه رایانه‌ی تهیه شده، استفاده شده است. شرایط مرزی چنین در نظر گرفته شده است:

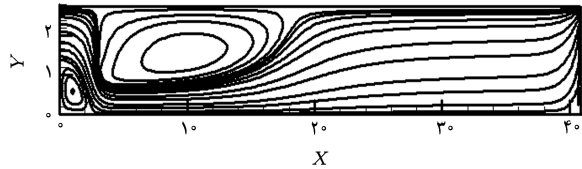
در ورودی، توزیع سرعت و غلظت به صورت یکنواخت در نظر گرفته شده‌اند. مقادیر سرعت در خروجی با استفاده از درون‌یابی از داخل میدان به دست می‌آیند. شرط عدم لغزش روی کلیه‌ی دیواره‌ها و تیغه اعمال شده است. سطح آزاد به صورت یک سروپوش در نظر گرفته شده و در این مرز از شرط تقارن بهره گرفته شده است. برای رسم منحنی FTC، برای مدت 10^6 ثانیه مواد رنگی در ورودی به صورت یکنواخت تریق شده است. مجموعاً 621kg ماده‌ی رنگی طی این زمان تریق شده است. همچنین در دیواره‌ها از شرط گرادینان غلظت صفر استفاده شده است.

هندسه مورد بررسی

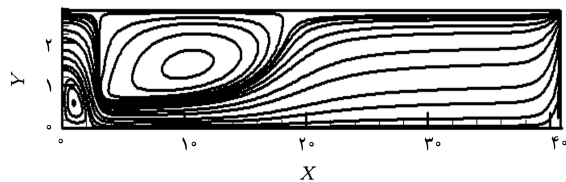
هندسه‌ی مورد استفاده در این تحقیق از لحاظ ابعاد و شکل کلی، شکل ساده‌ی شده‌ی حوضچه‌ی سارنیا، انتاریو در کانادا است که قبلاً توسط بسیاری از محققین به عنوان هندسه‌ی مورد بررسی انتخاب شده است. [۹] ورودی این حوضچه از بالا است و یک تیغه‌ی ورودی دارد. در این بررسی ابتدا تیغه‌ی ورودی حذف شده و سپس با ثابت بودن سطح مقطع ورودی، اثرات ارتفاع محل ورودی سیال بر بازده و میدان جریان بررسی شده است. در قسمت بعدی، تیغه‌ی ورودی در محل مورد نظر اضافه و ارتفاع آن تغییر داده شده است. البته برای سادگی، تیغه تا سطح حوضچه در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱).



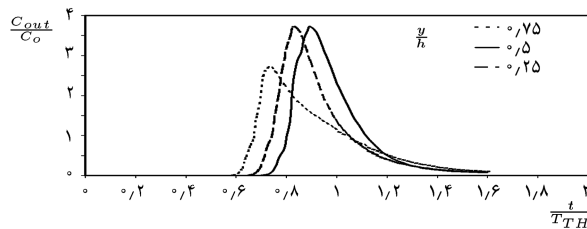
شکل ۷. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با تیغه با $\frac{H}{h} = 0.5$.



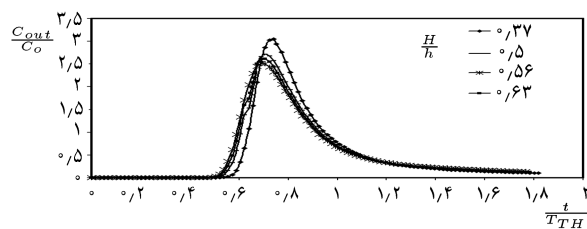
شکل ۸. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه با تیغه با $\frac{H}{h} = 0.56$.



شکل ۹. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با تیغه با $\frac{H}{h} = 0.63$.

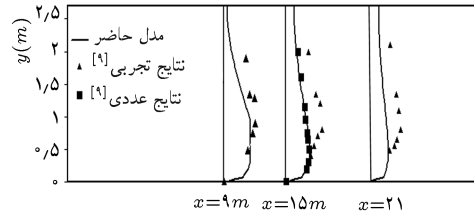


شکل ۱۰. مقایسه‌ی منحنی‌های FTC در حوضچه‌ی بدون تیغه با محل‌های مختلف ورودی.

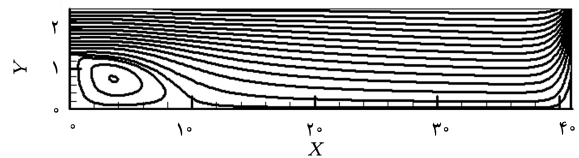


شکل ۱۱. مقایسه منحنی‌های FTC در حوضچه با ارتفاع‌های مختلف تیغه.

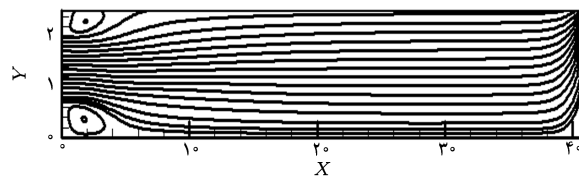
با توجه به این شکل‌ها چنین به نظر می‌رسد که وجود این شکل تیغه کمکی به افزایش بازده نمی‌کند. در شکل‌های ۱۰ و ۱۱ نمودارهای FTC مربوط به بررسی اثر ورودی و اثر ارتفاع تیغه ارائه شده است. همان‌طور که توضیح داده شد به منظور بررسی صحیح‌تر، این نمودارها برحسب T_{TH} و C_0 به‌هم‌نگار شده‌اند. لازم به ذکر است که در این حوضچه $T_{TH} = 1782.6$ Sec است. در جدول ۱ زمان‌های مهم و قابل بحث در نمودار FTC برای



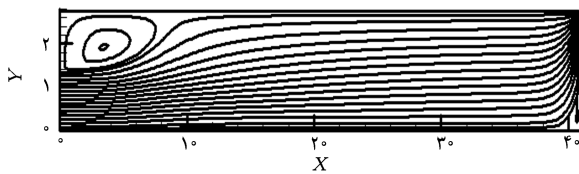
شکل ۱۲. مقایسه توزیع سرعت نتایج مدل‌سازی حاضر و نتایج تجربی و عددی استامو و همکاران [۹].



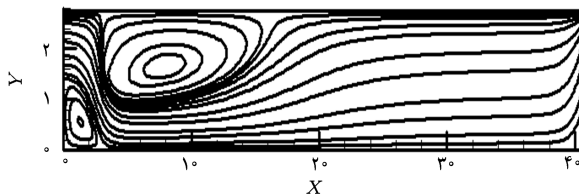
شکل ۱۳. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با ورودی در $\frac{y}{h} = 0.75$.



شکل ۱۴. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با ورودی در $\frac{y}{h} = 0.5$.



شکل ۱۵. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با ورودی در $\frac{y}{h} = 0.25$.



شکل ۱۶. خطوط جریان و نواحی بازچرخش در حوضچه‌ی با تیغه با $\frac{H}{h} = 0.37$.

استفاده از نمودار FTC نیز بررسی خواهد شد. در شکل‌های ۶ تا ۹ نمودار خطوط جریان برای حالتی که ورودی از بالا است ولی در مقابل ورودی، از یک تیغه استفاده شده -- نظیر حوضچه‌ی سارنیا، انتاریو -- رسم شده است. نکته‌ی قابل توجه وجود دو ناحیه‌ی چرخنده، یکی در زیر ورودی و دیگری در پشت تیغه است که با افزایش ارتفاع تیغه حجم ناحیه‌ی اول کاهش یافته و بر حجم ناحیه‌ی دوم افزوده می‌شود. حجم فضای مرده در این شکل‌ها بین ۱۵ تا ۲۲ درصد کل مخزن تغییر می‌کند.

خطوط جریان نیز قابل استنباط است. جدول ۲ زمان‌های کلیدی نمودار FTC را برای حالتی ارائه می‌کند که تیغه‌ی ورودی وجود دارد. با بیشتر شدن ارتفاع تیغه ورودی پدیده‌ی اتصال کوتاه شدیدتر، و نیز درهم‌آمیختگی بیشتر می‌شود. علت این امر کاهش سطح مقطع جریان زیر تیغه است که باعث افزایش سرعت در آن ناحیه می‌شود. در مقایسه با حالت بدون تیغه، وجود تیغه نه تنها تأثیر مثبتی ندارد، بلکه خواص منفی میدان جریان را تشدید می‌کند.

نتیجه‌گیری

جریان در حوضچه‌ی اولیه به منظور بررسی تأثیر محل ورودی و همچنین اثر وجود تیغه‌ی ورودی و ارتفاع آن بر بازده هیدرولیکی حوضچه بررسی شده است. در این بررسی ضمن توجه به میدان جریان و ویژگی‌های آن از روش رسم منحنی FTC برای مقایسه‌ی بازده هیدرولیکی حوضچه‌ها استفاده شده است. در حوضچه‌ی مورد بحث که یک حوضچه‌ی اولیه‌ی مستطیل شکل است، وجود ورودی از وسط بازده آن را بالاتر می‌برد. همچنین در ورودی از وسط به دلیل حجم تلف شده کم‌تر، احتمال اتصال کوتاه کم‌تر، و بازدهی بیشتر، عملکرد بهتری دارد. وجود تیغه با شکل بحث شده در این پژوهش اثر معکوسی در بازده داشته و کمکی به بهینه کردن میدان جریان در حوضچه نمی‌کند.

جدول ۱. پارامترهای مؤثر در تحلیل منحنی FTC در حوضچه‌ی بدون تیغه با محل‌های مختلف ورودی.

| t_{50} | t_{max} | t_{90}/t_{10} | $t_{90} - t_{10}$ | $t_{75} - t_{25}$ | t_{10} | t_0 | |
|----------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|----------|-------|----------------------|
| ۰٫۸۸ | ۰٫۷۵ | ۲٫۰۳ | ۰٫۷۲ | ۰٫۳۲ | ۰٫۷ | ۰٫۵۶ | $\frac{y}{h} = ۰٫۷۵$ |
| ۰٫۹۵ | ۰٫۹۱ | ۱٫۵۱ | ۰٫۴۳ | ۰٫۱۷ | ۰٫۸۴ | ۰٫۶۸ | $\frac{y}{h} = ۰٫۵$ |
| ۰٫۸۹ | ۰٫۸۵ | ۱٫۶۵ | ۰٫۵۱ | ۰٫۲ | ۰٫۷۸ | ۰٫۶۱ | $\frac{y}{h} = ۰٫۲۵$ |

جدول ۲. پارامترهای مؤثر در تحلیل منحنی FTC در حوضچه‌ی با تیغه.

| t_{50} | t_{max} | t_{90}/t_{10} | $t_{90} - t_{10}$ | $t_{75} - t_{25}$ | t_{10} | t_0 | |
|----------|-----------|-----------------|-------------------|-------------------|----------|-------|----------------------|
| ۰٫۸۳ | ۰٫۷۵ | ۲٫۳۶ | ۰٫۹۳ | ۰٫۳۱ | ۰٫۶۸ | ۰٫۵۰ | $\frac{H}{h} = ۰٫۳۷$ |
| ۰٫۸۲ | ۰٫۷۳ | ۲٫۵۳ | ۱٫۰۱ | ۰٫۳۵ | ۰٫۶۶ | ۰٫۴۷ | $\frac{H}{h} = ۰٫۵$ |
| ۰٫۸۲ | ۰٫۷۲ | ۲٫۵۹ | ۱٫۰۳ | ۰٫۳۷ | ۰٫۶۵ | ۰٫۴۵ | $\frac{H}{h} = ۰٫۵۶$ |
| ۰٫۸۱ | ۰٫۷۱ | ۲٫۶۴ | ۱٫۰۵ | ۰٫۳۹ | ۰٫۶۴ | ۰٫۴۴ | $\frac{H}{h} = ۰٫۶۳$ |

ورودی‌های مختلف ارائه شده است. پایین بودن مقادیر t_{10} و t_0 نشان‌دهنده‌ی وجود و شدت پدیده‌ی اتصال کوتاه هستند. بالاتر بودن مقادیر $t_{75} - t_{25}$ و $t_{90} - t_{10}$ و t_{90}/t_{10} نشان‌دهنده‌ی درهم‌آمیختگی بیشتر جریان درون حوضچه و عدم امکان به وجود آمدن بستر مناسب برای رسوب‌گذاری است. بیشتر بودن مقادیر t_{max} و t_{50} نشان‌دهنده‌ی بازده هیدرولیکی بالاتر حوضچه است.

با توجه به جدول ۱ ورودی با $\frac{y}{h} = ۰٫۵$ بهتر از دو حالت دیگر است و ورودی از کف در درجه‌ی دوم قرار می‌گیرد. این نتیجه از شکل

پانویس

1. flow through curve
2. detention time
3. recirculation
4. mixing

منابع

1. Stamou, A.L., Adams, E.W. and Rodi, W., "Numerical modeling of flow and settling in primary rectangular clarifiers", *J. of Hydraulic Research*, **27**, pp. 665-682 (1990).
2. Dobbins, W.E., "Effects of Turbulence on sedimentation", *Transactions, ASCE*, **109**(2218), pp. 629-656 (1944).
3. Camp, T.R., "Sedimentation and the design of settling tanks", *Transactions, ASCE*, **3**, PP. 895-936 (1946).
4. Larsen, P. and Gotthardson, S., "Om sedimenteringsgassangers hydraulik", *Bulletin erie A. Nr. Inst. For Tekniks Vattenresurslare, Lund, Sweden* (1977).
5. Imam, E. and Mc Corquodale, J.A., "Numerical modeling of sedimentation tanks", *Proc. ASCE*, **109**(HY 12), pp. 1740-1754 (1983).
6. Celik, I., Rodi, W. and Stamou, A.I., "Prediction of hydrodynamic Characteristics of Rectangular settling tanks", *Int. Symposium of Refined Flow Modeling and Turbulence Measurements, Iowa USA* (2003).

7. Adams, E.W., Rodi, W., "Modeling flow and mixing in sedimentation tanks", *J. of Hydraulic Engineering*, **116**(7), pp. 895-913 (1990).
8. Rodi, W. "Example of turbulence models for incompressible flows", *AIAA J.*, **20**(872), (1982).
9. Stamou, A., Katsiris, I., Georgiadis, S., Kanellopoulou, S., Tzoumerkas, F. and Xenos, D., "Improving the efficiency of existing water process tanks using flow through curves (FTCs) and mathematical models", Int. Conf. on Environmental Science and Technology, Greece (2001).
10. Ashjari, M. A. and Firoozabadi, B., "Prediction of Hydraulic Efficiency of Settling Tanks Using the Non-Linear $k - \epsilon$ Turbulence Model", ISME conference, Mashad, Iran (2003).
11. Tamayol, A., Nazari, M., Firoozabadi, B. and Nabovati, A., "Effects of turbulent models and baffle position on Hydrodynamics of settling tanks", Int. Mech. Eng. Con., Kuwait (2004).
12. Fluent 5.2.3 User Manual, Fluent Inc.