

بررسی پارامترهای موثر بر تله اندازی لوله رسوبگیر گردابی با دبی خروجی کنترل شده و بدون کنترل (آزاد)

سامان نیک مهر^۱، جواد فرهودی^{۲*} و محمد حسین امید^۳

چکیده

کنترل رسوبات در ورودی آبیگر شبکه های انتقال و توزیع آب از اهمیت زیادی برخوردار است. رسوب ورودی به آبیگر در قسمت های مختلف آبراهه ها ته نشین شده و ظرفیت حمل جریان را کاهش می دهد که باعث افزایش هزینه های نگهداری و لایروبی سامانه می گردد. از این رو، طراحان همواره در پی روشی سریع و اقتصادی جهت کنترل رسوبات وارده به آبیگرها می باشند. یکی از روش های متداول برای کنترل رسوبات ورودی به آبیگر استفاده از لوله رسوبگیر گردابی می باشد که در سامانه های آبیگری مورد استفاده قرار می گیرد. در این تحقیق، به بررسی پارامترهای موثر بر تله اندازی لوله رسوبگیر گردابی نظیر سرعت مماسی، سرعت نزدیک شونده و افت انرژی، با دبی خروجی کنترل شده و بدون کنترل (آزاد) در کانال های آبیاری پرداخته شده است. تحقیقات با ۴ عرض نسبی شکاف ورودی رسوبات به قطر لوله (t/d) ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵ و ۰/۳ و تحت تاثیر ۴ نرخ دبی تخلیه کنترل شده ۲/۵٪، ۵٪، ۷/۵٪ و ۱۰٪ انجام پذیرفته است تا بتوان تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان را مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان دهنده آن است که زمانی که عرض نسبی شکاف ورودی رسوبات به قطر لوله برابر با ۰/۱۵ می باشد، پارامترهای موثر در تله اندازی رسوبات، در حالت کنترل شده و کنترل نشده، در شرایط بهینه می باشند.

واژه های کلیدی: کنترل رسوبات، ظرفیت حمل، لوله رسوبگیر گردابی، دبی تخلیه، راندمان تله اندازی

مقدمه

دلیل داشتن ابعاد کوچک نسبت به دیگر سازه ها، اقتصادی تر بوده و می تواند بطور دائم مورد بهره برداری قرار گیرد. این سازه اولین بار توسط پارشال (Parshall, 1951) معرفی شد. وی توصیه نمود که کمترین کارایی سازه موقعی اتفاق می افتد که عدد فرود^۵ جریان رسش^۶ به لوله برابر یک باشد. بلنچ (Belench, 1952) بیان کرد که این سازه در کانال های بزرگ کار برد بهتری خواهد داشت. احمد (Ahmed, 1958) به این نتیجه رسید که لوله گردابی راندمان بالاتری در خروج رسوبات داشته و در عدد فرود ۰/۸ به بیشترین راندمان خود می رسد. وی بر خلاف نظر پارشال نتیجه گرفت که بایستی قطر لوله گردابی تقریباً برابر با عمق جریان رسش باشد و لبه های شیار ورودی هم تراز با کف آبراهه اصلی باشند. رایبسون (Robinson, 1962) حداکثر طول لوله را برابر ۱۵ فوت پیشنهاد کرد. وی همانند احمد به این نتیجه رسید در شرایطی که شیار ورودی هم تراز با کف آبراهه اصلی می باشد راندمان لوله گردابی در حالت بهینه خواهد بود. هایوارد و سادرلند (Hayward and Sutherland, 1974) به بررسی آزمایشگاهی و صحرایی راندمان تله

ورود رسوبات به کانال های آبیاری از مهمترین مشکلات و مسائل موجود در آبیگری از رودخانه ها می باشد. عدم شناخت مسائل حمل و کنترل رسوب در آبیگرها باعث عدم کارایی و یا شکست آن شده و هزینه های زیادی را به بهره برداران تحمیل می نماید. رسوبات ورودی به آبیگرها موجب انتقال آنها به داخل تاسیسات شده و مشکلات زیادی را در نتیجه ته نشین شدن آنها در قسمت های مختلف به وجود می آورد که باعث تغییر مشخصات هیدرولیکی آبراهه و کاهش ظرفیت حمل آن می گردد. به همین خاطر کنترل رسوب وارده به آبیگرها از اهمیت زیادی برخوردار می باشد (Jafarzade, 1992). طراحان همواره در پی روشی سریع و اقتصادی جهت کنترل رسوبات وارده بر لوله رسوبگیر گردابی^۴ است. لوله رسوبگیر گردابی، لوله شکاف داری است که در کف کانال نصب شده و تحت تاثیر نیروی چرخشی در محور لوله و وزن ذرات عمل تخلیه را انجام می دهد. این سازه به

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و دانشیار سازه های آبی گروه آبیاری و آبادانی پردیس کشاورزی کرج- دانشگاه تهران
(Email: jafarhoudi@ ut.ac.ir) * - نویسنده مسئول:

4- Vortex tube

5- Fraud number
6- Approach flow

مناسب، نسبت دبی تخلیه بهینه سازه با استفاده از غلظت رسوبات پرداخته و نتیجه گرفت که لوله گردابی در نزدیکی قوس ها و نزدیک تاسیسات آبیگری دارای راندمان تله اندازی کمتری خواهند بود. موذن و شفاعی بجستان (Moazen and Shafai, 2003) طی انجام آزمایشاتی زاویه بهینه سازه با راستای جریان را برابر با ۶۰ درجه به دست آوردند.

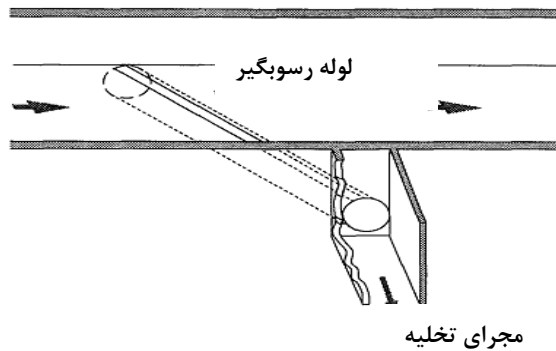
هدف از انجام این تحقیق بررسی عملکرد لوله رسوبگیر گردابی در شرایط دبی تخلیه کنترل شده و بدون کنترل (آزاد) با چهار نسبت t/d ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳ و تحت تاثیر ۴ نرخ دبی تخلیه ۲/۵٪، ۵٪، ۷/۵٪ و ۱۰٪ برای حالت کنترل شده، تا به بررسی پارامترهای هیدرولیکی موثر بر راندمان تله اندازی پرداخت. در شکل (۱) نمای ظاهری یک لوله رسوبگیر گردابی مشاهده می شود.

مواد و روش ها

تجهیزات آزمایشگاهی

آزمایشات در یک فلوم تحقیقاتی به عرض ۰/۵ متر، طول ۶ متر و ارتفاع ۱ متر انجام پذیرفت که در آن از یک لوله پلیکا به قطر ۵/۷۵ سانتیمتر جهت ساخت لوله رسوبگیر گردابی استفاده شده است. چهار نسبت t/d برابر با ۰/۱۵، ۰/۲، ۰/۲۵، ۰/۳ انتخاب گردید. با استفاده از یک شیر فلکه در انتهای لوله گردابی، دبی جریان تخلیه در ۴ نرخ ۲/۵٪، ۵٪، ۷/۵٪ و ۱۰٪ کنترل گردید. همچنین آزمایشات بدون کنترل دبی جریان تخلیه و شیر فلکه کاملاً باز تکرار گردید. در آزمایش‌های با شرایط کنترل شده، ابتدا برای دبی ثابت جریان در کانال ریش، با باز کردن شیر فلکه لوله گردابی، نرخ دبی خروجی تنظیم و پارامترهای هیدرولیکی جریان برای عدد فرود برقرار شده در کانال ریش اندازه گیری شدند. در شرایط آزاد (بدون کنترل دبی تخلیه) با دبی ثابت در کانال ریش، با تنظیم دریچه انتهائی کانال عمق جریان ریش به لوله (عدد فرود جریان) تثبیت و پارامترهای هیدرولیکی محاسبه و اندازه گیری شدند. دبی خروجی از لوله گردابی در یک مخزن مستطیلی مجهز به یک سرریز مثلی، تخلیه و اندازه گیری شد. با توجه به توصیه محققان قبلی (Atkinson, 1994b; moazen and Shafai, 2003) در طول آزمایشات زاویه قرار گیری لوله گردابی با راستای جریان ثابت و برابر ۶۰ درجه انتخاب گردید برداشت پروفیل سرعت در کانال و محاسبه سرعت برشی، با استفاده از لوله پیتو و عکس برداری صورت گرفت. ارتفاع فشارموثر در قسمت خروجی لوله گردابی با استفاده از یک مانومتر اندازه گیری گردید. نمای ظاهری فلوم و لوله گردابی در شکل (۲) ارائه شده است.

اندازی لوله گردابی پرداخته و به این نتیجه رسیدند که در شرایط بار بستر راندمان تله اندازی بیشتر می باشد. محمود (Mahmood, 1975) اولین کسی بود که یک مدل تحلیلی را برای پیش بینی راندمان تله اندازی لوله گردابی ارائه کرده و به تحلیل جریان در مجاورت لوله گردابی مبتنی بر معادله مومنتم پرداخته است. همچنین سانمو گاناتان (Sanmuganathan, 1976) با بیان متفاوتی به تحلیل راندمان تله اندازی این سازه پرداخته و نتیجه گرفت که غلظت جریان رسوب دار، اثر کمی بر ته نشینی ذرات رسوب در لوله دارد. لارسن و سانمو گاناتان (Lawrence and Sanmuganathan, 1981) گزارشی از کارکرد لوله گردابی در طرح آبیاری کرتسونو ارائه کرده و به این نتیجه رسیدند که انتخاب سرعت سقوط ذرات بیشتر از سرعت مماسی جریان ورودی به لوله، معیار محافظه کارانه ای جهت طراحی خواهد بود. سینگ (Singh, 1983) بر روی راندمان تله اندازی لوله گردابی که در کانال چاترا در نپال نصب گردیده بود مطالعاتی را انجام داده است و راندمان تله اندازی این سازه را قابل قبول دانست. آتکینسون (Atkinson, 1989) مطالعه ای را بروی موقعیت قرار گیری لوله گردابی و انسداد آن انجام داد و به این نتیجه رسید که موقعیت قرار گیری سازه نسبت به دهانه آبیگر بر روی راندمان تله اندازی و انسداد لوله تاثیر گذار است. همچنین موسسه‌ی تحقیقاتی والینگفورد دستور العملی را جهت طراحی رسوبگیر لوله گردابی در کانال‌های آبیاری جهت تخلیه بار رسوبی وارده به سامانه‌های انتقال را تهیه کرده است (Sanmuganathan and Lawrence, 1980; Atkinson, 1987; Atkinson, 1990; 1994a) manual Design, 1993; Russell, 1991). (Atkinson, با تحقیقاتی که بر روی زاویه قرار گیری لوله و عرض نسبی شکاف به قطر لوله انجام داد نشان داد که سرعت مماسی درون لوله هنگامی ماکزیمم خواهد بود که لوله با زاویه ۹۰ نسبت به مسیر جریان، یا نزدیک به آن، قرار گیرد. وی همچنین سه معیار افت انرژی، سرعت مماسی و یکنواختی ربایش را برای طراحی لوله گردابی تعریف کرد. بنا به توصیه وی بهترین طراحی در شرایطی خواهد بود که افت انرژی قابل قبول، سرعت مماسی و یکنواختی ربایش در حد بالا و عرض نسبی شکاف ورودی به قطر لوله (t/d) کمتر از ۰/۳ باشد. به نظر آتکینسون، (Atkinson, 1994b) اگرچه لوله گردابی یک راه حل جامع برای مشکلات رسوب گذاری در کانال ها نمی باشد ولی در مقایسه با سایر روش‌های کنترل رسوب، ارزان تر بوده و بخش اعظم رسوبات بستر را با صرف ۱۰ تا ۲۰ درصد دبی کانال جدا می نماید. بنا به توصیه وی این سازه را می توان همراه با سایر روش‌های کنترل رسوب در سامانه های انتقال به کار برد. آتکینسون (Atkinson, 1994b) با توسعه تحقیقات خود، به بررسی راندمان تله اندازی



(شکل ۱) - نمای شماتیک لوله رسوبگیر گردابی



(شکل ۲) - نمایی از فلوم آزمایشگاهی

آتکینسون (Atkinson, 1994b) با استفاده از اصل بقای انرژی بین کانال و ورودی لوله رابطه زیررانتیجه گرفت:

$$V_t = K V_n \quad (2)$$

که در آن: V_n : سرعت قائم در محور لوله گردابی، H : ارتفاع فشار استاتیک در لوله گردابی،

h : عمق آب در کانال

A : سطح مقطع لوله

u : سرعت متوسط جریان در محور لوله

x : فاصله از انتهای بسته

C_v : ضریب سرعت

C_c : ضریب انقباض

با توجه به منابع علمی هیدرولیک، می توان نوشت: (Atkinson, 1994b)

$$c_d = 0.47 \sqrt{1 - e^{-a/(0.75t)}} + 0.0016 \frac{a}{t} \quad (3)$$

به دلیل محدود بودن طول شکاف، می توان پارامترهای k و C_d را در طول شکاف ثابت فرض نموده و ضریب را C_d از رابطه زیر محاسبه نمود (Atkinson, 1994b):

سرعت مماسی جریان ورودی به لوله گردابی

سرعت مماسی جریان ورودی به لوله گردابی یکی از فاکتورهای مهم در طراحی محسوب می شود. این مولفه سرعت که در راستای محور لوله گردابی عمل می نماید، باید به گونه ای باشد که مانع ته نشین شدن رسوبات ورودی در لوله گردابی شده و آن را به سرعت به خارج لوله انتقال داده و مانع انسداد لوله و افزایش راندمان تله اندازی گردد.

جهت محاسبه سرعت مماسی در ورودی لوله گردابی هم راستا با محور آن میتوان از رابطه پیوستگی جریان به قرار زیر استفاده نمود (Atkinson, 1994b):

$$V_t = \frac{0.98 q k}{t c_d} \quad (1)$$

که در آن

V_t : سرعت مماسی جریان ورودی به لوله گردابی
 k : نسبت سرعت مماسی به سرعت قائم در ورودی شکاف لوله گردابی:

t : عرض شکاف لوله گردابی در کانال، C_d : ضریب شکاف ورودی لوله گردابی، q : نرخ جذب (ربایش) لوله گردابی

$$k = \frac{c_d t}{0.98} \left[\frac{\sqrt{1 - \left(\frac{t}{a}\right)^2}}{a} + \frac{1}{a} \right] \quad (10)$$

که در آن:

z : فاصله هر نقطه از کف

z_o : ارتفاعی از کف که در آن سرعت جریان صفر است.

همچنین با استفاده از مومنتم زاویه ای نسبت به محور لوله و با استفاده از رابطه پیوستگی میتوان ضریب k را محاسبه کرد:

$$\frac{d^2 w}{dy^2} - \beta^2 w = 0 \quad (11)$$

$$H_T = h + (v_b \sin \theta)^2 / 2g$$

افت انرژی

افت انرژی ورودی به لوله گردابی از دیگر پارامترهای طراحی سازه لوله رسوبگیر گردابی می باشد. جهت طراحی بهینه و افزایش راندمان تله اندازی، افت انرژی ورودی به لوله گردابی باید در حد قابل قبولی باشد. جهت محاسبه افت انرژی ورودی معمولاً از رابطه زیر استفاده می شود (Atkinson 1994):

$$w = u - v_b \cos \theta / 2; y = x/l;$$

$$\Delta H = H_T - H_o \quad (12)$$

که در آن

ΔH : افت انرژی ورودی

$$u = \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{z}{h} \right) + \frac{u_*}{k} \ln \left(\frac{h}{z_o} \right)$$

بحث و نتایج

دبی خروجی از لوله گردابی در حالت کنترل شده

تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان موثر بر راندمان تله اندازی رسوبات، با نرخ دبی خروجی کنترل شده لوله گردابی در شکل (۳) ارائه شده است. مشاهدات نشان می دهند که با افزایش نرخ دبی خروجی در چهار نسبت (t/d)، پارامترهای سرعت مماسی، سرعت ریش و سرعت برشی افزایش می یابند که باعث بالا رفتن راندمان تله اندازی لوله می شوند. همچنین با افزایش نرخ دبی خروجی، هد فشاری در خروجی لوله گردابی کاهش یافته و افت انرژی افزایش پیدا می کند. آزمایشات نشان می دهند که در شرایط نرخ دبی خروجی ثابت از لوله گردابی، افزایش نسبت (t/d) باعث کاهش سرعت مماسی، سرعت ریش و سرعت برشی می گردد به طوری که میزان این کاهش با افزایش نرخ دبی خروجی رابطه مستقیم دارد. بررسی نتایج دیاگرام های شکل (۳) بیانگر آن است که نسبت $t/d = 0.15$ مناسب ترین عرض نسبی شکاف به قطر لوله می باشد و باعث ایجاد بیشترین سرعت مماسی، ریش و برشی در کانال و نیروی چرخشی

$$u \cdot a + \frac{u_*}{k} a \ln \left(\frac{a}{h} \right) = \frac{Q_T}{L \sin \theta} \quad (4)$$

$$A \frac{du}{dx} = c_c c_v t v_n = \frac{c_c c_v t}{\sqrt{1+k^2}} \sqrt{2g(H_T - H)} \quad (5)$$

a : متوسط ارتفاع آب ورودی از کانال به لوله گردابی میباشد که

از روش سعی و خطا و همچنین کد نویسی در برنامه فرترن^۱ محاسبه گردیده است که از رابطه روبرو قابل محاسبه می باشد (Atkinson, 1994b):

که در آن:

u و u_* : به ترتیب سرعت متوسط و سرعت برشی در کانال

k : ضریب ون کارمن

Q_T : دبی خروجی از لوله گردابی

L : طول شکاف لوله گردابی

θ : زاویه لوله گردابی با راستای جریان در کانال بر حسب درجه.

اتکینسون با به کارگیری رابطه بین فشار و سرعت محوری لوله و همچنین مفهوم مومنتم محوری در راستای لوله و انجام یک رشته اعمال ریاضی، رابطه نهایی زیر را ارائه نمود (Atkinson, 1994b):

$$C_d = C_v \cdot C_c$$

$$\frac{du}{dx} (2u - v_b \cos \theta) = \frac{(1+k^2)A^2}{c_d^2 t^2} \frac{du}{dx} \frac{d^2 u}{dx^2} \quad (6)$$

که در آن:

V_b : سرعت ریش به لوله گردابی

از طرف دیگر با توجه به اینکه $du/dx \neq 0$ برای تمامی مقادیر x

برقرار می باشد می توان نتیجه گرفت (Atkinson, 1994b):

$$\beta = \sqrt{\frac{2}{1+k^2}} \frac{c_d t l}{A} \quad (7)$$

که در آن و می باشد. با استفاده از عوامل فوق و شرایط مرزی

حاکم، میتوان نرخ جذب (ریایش) لوله را به قرار زیر محاسبه نمود:

$$q = \frac{A \beta}{L \cosh \beta} \left[\sqrt{g(H_T - H_o)} \cosh \beta + \frac{V_b \cos \theta}{2} \right] \quad (8)$$

که در آن

H_T : انرژی درون کانال

H_o : هد فشاری در خروجی لوله

جهت محاسبه سرعت ریش به لوله گردابی در مجاورت کف

کانال، از فرمول زیر استفاده شده است (Atkinson, 1994b):

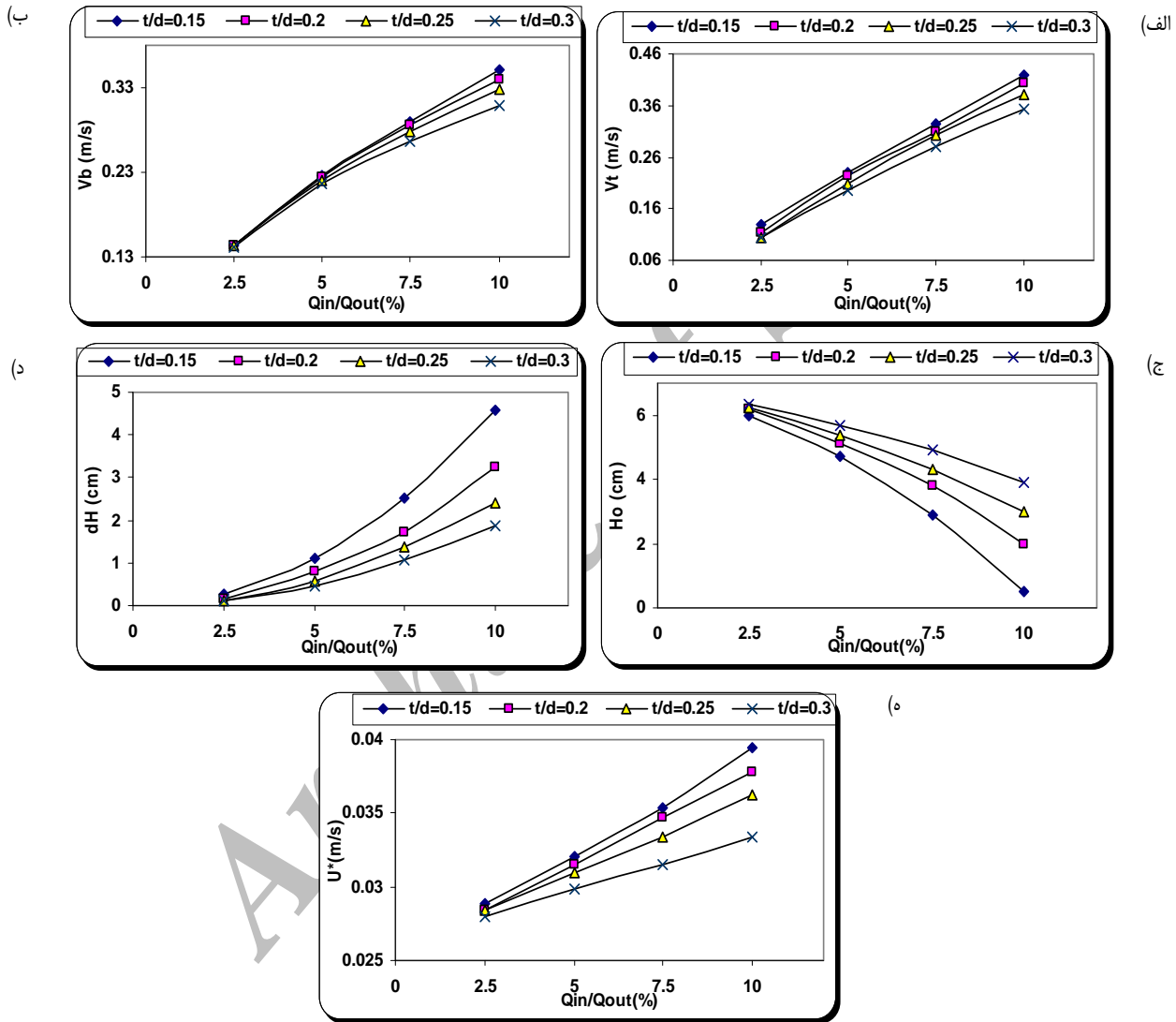
$$V_b = \frac{Q_T}{La} \quad (9)$$

جهت محاسبه ی سرعت برشی کانال از معادله زیر استفاده شده

است:

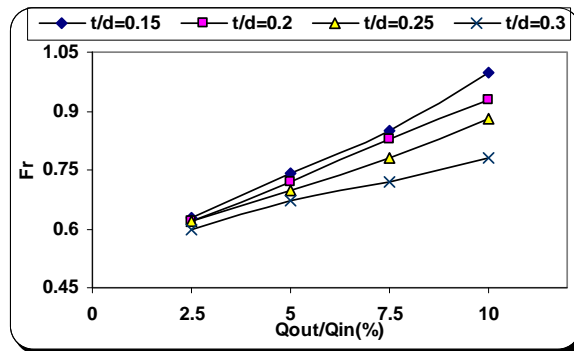
رسیده است. به طوری که با افزایش نرخ دبی، هد فشاری به سمت صفر و حتی فشار منفی میل می‌کند. در مورد افت انرژی به ازای نرخ دبی خروجی ثابت از لوله، با افزایش نسبت t/d افت انرژی ورودی به لوله گردابی کاهش یافته است. همچنین در نرخ خروجی‌های بیشتر، اختلاف در افت انرژی بین چهار نسبت t/d بیشتر شده است به طوری که در نرخ دبی خروجی ۱۰٪ این اختلاف به بیشترین مقدار خود رسیده است.

قوی در مرکز لوله می‌گردد که در نتیجه راندمان تله اندازی و سرعت تخلیه رسوبات لوله را افزایش می‌دهد. همچنین به ازای نرخ دبی خروجی ثابت از لوله گردابی، با افزایش (t/d) ، هد فشاری در خروجی لوله افزایش پیدا می‌کند که این امر را میتوان به تضعیف نیروی چرخشی در مرکز لوله با افزایش (t/d) نسبت داد بطوریکه هد فشاری در $t/d = 0.3$ بیشتر از سایر نسبت‌های t/d بوده است. مشاهدات بیانگر آنست که در هر چهار نسبت (t/d) ، هد فشاری با افزایش نرخ دبی کاهش یافته و در نرخ دبی خروجی ۱۰٪، به کمترین مقدار خود



(شکل ۳) - تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان موثر بر راندمان تله اندازی رسوبات، با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی به ازای t/d نسبت در شرایط کنترل شده

- الف) تغییرات سرعت مماسی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
- ب) تغییرات سرعت نزدیک شونده با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
- ج) تغییرات هد فشاری در خروجی لوله گردابی با نرخ دبی خروجی
- د) تغییرات افت انرژی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
- ه) تغییرات سرعت برشی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی



(شکل ۴) - تغییرات عدد فرود در کانال رسش با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی به ازای t/d نسبت در شرایط کنترل شده

کانال، با کاهش نسبت t/d هد فشاری کمتر و منفی تر می شود طوری که نسبت $t/d=0/15$ دارای کمترین هد فشاری بوده که متاثر از نیروی چرخشی قوی ایجاد شده در مرکز لوله گردابی و افزایش فشار منفی می باشد. شایان ذکر است که در این حالت به ازای هر چهار نسبت t/d ، تقریباً هد فشاری در خروجی لوله منفی بوده است. این در حالی است که به ازای عدد فرود ثابت در کانال، با افزایش نسبت t/d افت انرژی کاهش می یابد طوری که در نسبت $t/d=0/3$ دارای کمترین افت انرژی و در نسبت $t/d=0/15$ دارای بیشترین افت انرژی بوده است. در شکل (۶) مقدار دبی خارج شده از لوله گردابی به ازای اعداد فرود مختلف آورده شده است که در آن به ازای هر چهار نسبت (t/d) ، با افزایش فرود جریان، تلفات دبی کم شده است. همچنین به ازای عدد فرود ثابت، با افزایش نسبت (t/d) ، تلفات دبی از لوله گردابی بیشتر می شود به طوری که در نسبت $0/15$ به کمترین و در نسبت $0/3$ به بیشترین تلفات دبی در کانال می رسد.

نتیجه گیری

در شرایط دبی خروجی کنترل شده لوله گردابی، با افزایش نرخ دبی خروجی به ازای هر چهار نسبت (t/d) ، پارامترهای سرعت مماسی، سرعت رسش و سرعت برشی افزایش پیدا کرده و باعث افزایش راندمان تله اندازی می شود که متاثر از ایجاد نیروی چرخشی قوی در مرکز لوله می باشد که رسوبات وارد شده به لوله گردابی را به سرعت به خارج از لوله فلاشینگ و مانع انسداد لوله گردابی، به خصوص در انتهای بسته آن می شود. از طرفی دیگر، افزایش نرخ دبی خروجی در این حالت، باعث افزایش افت انرژی می شود و بایستی در طراحی ها لحاظ گردد. در حالت کنترل نشده و آزاد، دبی خروجی از لوله با افزایش عدد فرود جریان رسش کاهش می یابد که این امر باعث افزایش سرعت مماسی، سرعت رسش و سرعت برشی و نیز کاهش هد فشاری می شود. در این حالت راندمان تله اندازی افزایش یافته و باعث تسریع خروج رسوبات از لوله و عدم انسداد لوله گردابی

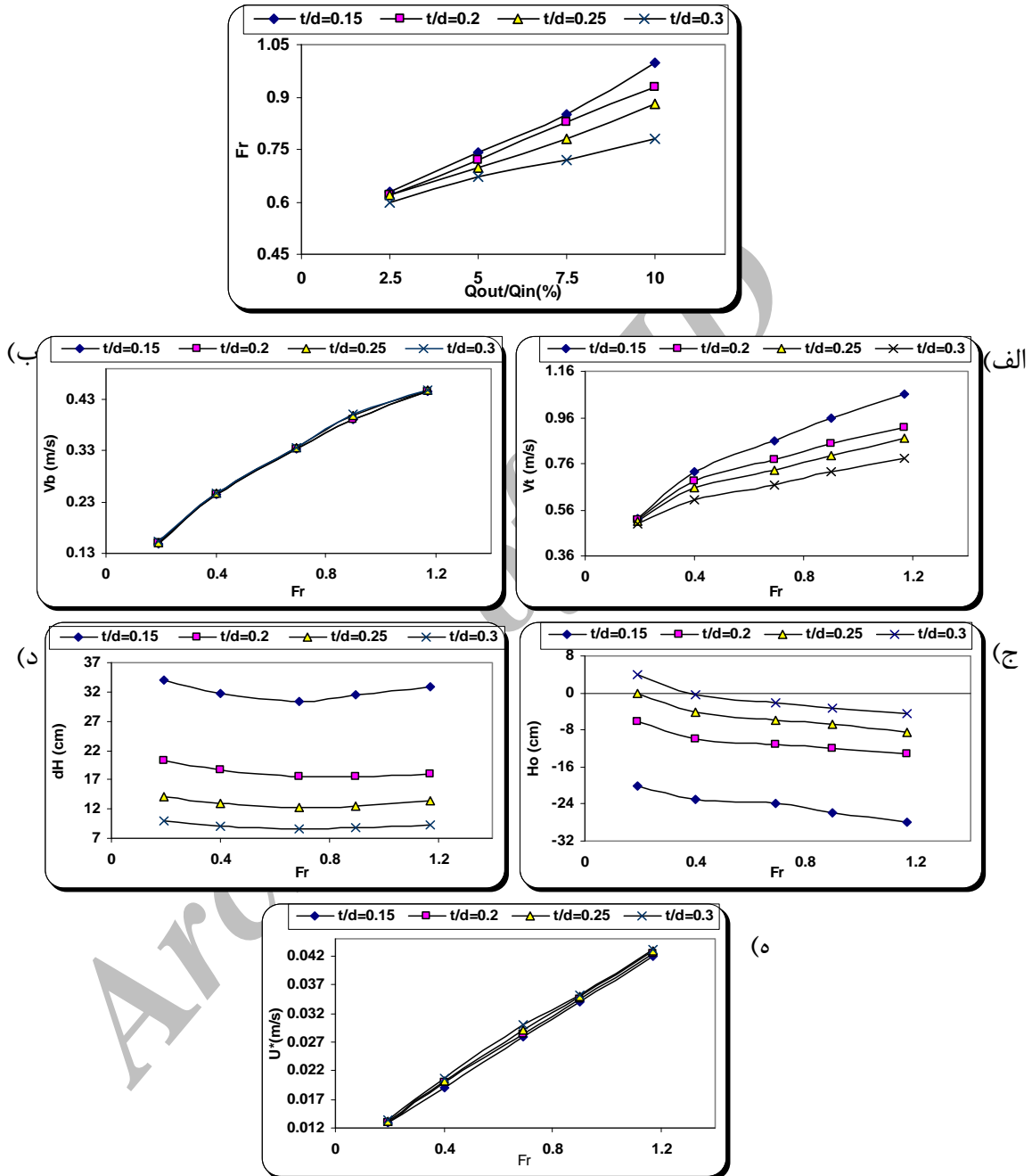
همچنین در شکل (۴) تغییرات نرخ دبی خروجی از لوله با عدد فرود جریان در شرایط دبی خروجی کنترل شده از لوله آورده شده است به طوری که با افزایش دبی خروجی از لوله عدد فرود در کانال رسش افزایش یافته است. همچنین به ازای دبی خروجی ثابت، با افزایش نسبت (t/d) عدد فرود در کانال رسش به دلیل ایجاد نیروی چرخشی قویتر در مرکز لوله افزایش یافته است.

دبی خروجی از لوله گردابی در حالت آزاد و کنترل نشده

در این حالت شیر فلکه کاملاً باز بوده و به ازای دبی ثابت در کانال، با تغییر عمق جریان توسط دریچه ای در پایین دست، برای اعداد فرود مختلف، پارامترهای موثر بر تله اندازی رسوبات شامل سرعت مماسی، سرعت رسش، هد فشاری، افت انرژی و سرعت برشی به ازای چهار نسبت (t/d) ، محاسبه گردیده اند. همچنان که در شکل (۵) دیده می شود که با افزایش عدد فرود جریان و به ازای هر چهار نسبت (t/d) ، سرعت مماس و سرعت رسش در کانال اصلی بیشتر شده است این در حالی است که با افزایش عدد فرود، هد فشاری کم تر شده و در اعداد فرود بالاتر هر چهار نسبت t/d ، دارای مقادیر منفی می گردد که ناشی از ایجاد جریان چرخشی قوی در مرکز لوله و ایجاد خلا و فشار منفی در خروجی لوله گردابی بر اثر عدد فرود جریان می باشد. این در حالی است که با افزایش عدد فرود ابتدا افت انرژی کاهش و سپس افزایش یافته است به طوری که با افزایش عدد فرود تا $0/6$ به ازای هر چهار نسبت t/d ، افت انرژی کاهش یافته و با افزایش عدد فرود از $0/6$ به بالا افت انرژی به دلیل ایجاد نیروی چرخشی قوی در مرکز لوله مجدداً افزایش پیدا می کند. با افزایش عدد فرود سرعت برشی افزایش پیدا کرده است. همچنین به ازای عدد فرود ثابت جریان، با افزایش عرض نسبی شکاف به قطر لوله، سرعت مماسی کاهش پیدا می کند طوری که نسبت $t/d=0/3$ دارای کمترین سرعت مماسی بوده است. همچنین به ازای عدد فرود ثابت و نسبت t/d های مختلف، تغییر محسوسی در سرعت رسش و سرعت برشی در کانال رخ نمی دهد. لازم به ذکر است که به ازای عدد فرود ثابت در

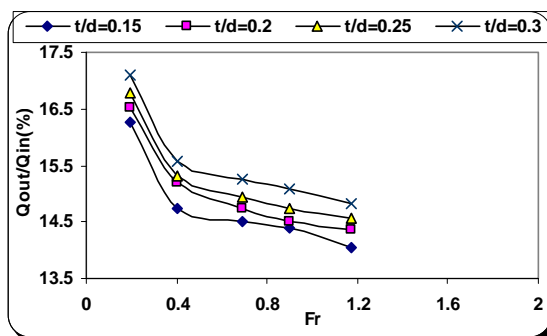
موثر بر راندمان تله اندازی مربوط به شرایط کنترل نشده بیشتر از شرایط کنترل شده خواهد بود اما لازم به توضیح است که در شرایط کنترل نشده تلفات دبی بالاتر بوده و از نظر اقتصادی قابل توجیه نخواهد بود.

توسط رسوبات میگذرد. به طور کلی در هر دو حالت دبی خروجی کنترل شده و کنترل نشده، نسبت $t/d=0.15$ باعث افزایش بیشتر پارامترهای موثر بر راندمان تله اندازی لوله گردابی در مقایسه با سایر نسبت‌های t/d دیگر می‌گردد که به ازای همین نسبت (t/d) ، مقادیر



(شکل ۵) - تغییرات پارامترهای هیدرولیکی جریان موثر بر راندمان تله اندازی رسوبات، با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی به ازای t/d نسبت در شرایط کنترل نشده

- (الف) تغییرات سرعت مماسی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
 (ب) تغییرات سرعت نزدیک شونده با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
 (ج) تغییرات هد فشاری در خروجی لوله گردابی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
 (د) تغییرات افت انرژی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی
 (ه) تغییرات سرعت برشی با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی



(شکل ۶) - تغییرات فرود جریان با نرخ دبی خروجی از لوله گردابی در شرایط کنترل نشده

Torlesse Stream Vortex-Tube Sediment Trap" J. Hydrology., 13 (1), 41-53,

Jafarzade ,E. (1992). " Method of sediment control in irrigation networks" , First edition, Farhang publication.

Lawrence, P., and Sanmuganathan, K. (1981). "Field verification of vortex tube design method." Proc., South East Asian Regional Symp. on Problems of Soil Erosion and Sediment, Asian Inst. of Techn., Bangkok, Thailand.

Mahmood, K. (1975). "Flow through vortex tube sediment ejectors." Proc., Speciality Conf.n Irrig. and Drain. in an Age of Competition for Resour., ASCE, New York, N.Y.

Moazen, E., Shafaibajestan, M. (2003). " Determining of the hydraulic condition of flow in Vortex Tube" , Ms Thesis. University of Shahid Chamran. [14]

Parshall, R. L. (1951). "Model and prototype studies of sand traps." Proc., ASCE, 77, Separate No. 67.

[15] Robinson, A. R. (1962). "Vortex tube sand trap." Trans., ASCE, Vol. 127, Part III, 391-433.

Robinson, A. R. (1962). "Vortex tube sand trap." Trans., ASCE, Vol. 127, Part III, 391-433.

Russell, J. C. A. (1991). "The optimum location for a canal sediment extractor." Rep. OD/TN 55, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Sanmuganathan, K. (1976). "Design of vortex tube silt extractors." Rep. OD 6, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Sanmuganathan, K., and Lawrence, P. (1980). "Design of vortex tube silt extractors."Proc., Int. Conf. on Water Resource. Development, Asian Inst. of Techn., Bangkok, Thailand.

Singh, P. N. (1983). "Chatra Canal, Nepal--vortex tube field measurements." Rep. OD 55, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

لذا می‌بایستی بین راندمان بهینه تله اندازی لوله گردابی و دبی خروجی از آن تعادل قابل قبولی برقرار گردد به طوری که بتوان به راندمان تله اندازی قابل قبولی با حداقل تلفات دبی از لوله گردابی رسید. باتوجه به این مطلب حالت کنترل شده دبی خروجی لوله گردابی از لحاظ عملی قابل توجه تر خواهد بود.

مراجع

Ahmed, M. (1958). "Final recommendation from experiments of silt ejector of DG Kahn canal" Hydraulic Research, IAHR.

Atkinson, E. (1987). "Field verification of a performance prediction method for canal sediment extractors. Rep. OD 90, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Atkinson, E. (1989). "Predicting the performance of sediment control devices at intakes." Rep. OD/TN 41, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Atkinson, E. (1990). "The vortex tube sediment extractor; a flow analysis and its design implications." Rep. OD/TN 51, HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Atkinson, E. (1994b). "Vortex-tube sediment extractors. II: design." J. Hydr. Engrg., ASCE, 120(10), 1126-1138,

Atkinson, E. (1994a) "VORTEX-TUBE SEDIMENT EXTRACTORS.I: TRAPPING EFFICIENCY" J. Hydr. Engrg., ASCE, 120(10), 1110-1125,

Blench, T. (1952). "Discussion of 'Model and Prototype studies of sand traps,' by, R. L. Parshall." Trans., ASCE, 117, 213.

"Design manual for canal sediment extractors." (1993). HR Wallingford, Oxford shire, U.K.

Hayward J.A., and Sutherland A.J., (1974). " The

تاریخ دریافت: ۸۸/۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۸۸/۹/۱۸

Effective parameters on trap efficiency of vortex tube with controlled and uncontrolled outlet discharges

S. Nikmehr¹, J. Farhoudi^{2*}, M. Hossein Omid³

Abstract

Sediment controls in the inlet of network channels are very important. Usually inlet sediment settles in basin that causes to increase capacity of flow transportation. Also it causes increase in maintenance costs of networks. Thus, designers usually try to make fast and economical methods in order to control of sediments. One of the common methods for control of inlet sediments is using the Vortex tube which uses in network channels. This research is based on determination parameters which are effective on trap efficiency of Vortex Tube with two cases of controlled and uncontrolled outlet discharge. Researches have been done with four t/d ratios 0.15, 0.2, 0.25, 0.3 and four outlet discharge ratios 2.5%, 5%, 7.5%, 10%. Results show that when t/d ratio is equal to 0.15, all of the parameters which effect on trap efficiency is in optimum condition for both controlled and uncontrolled outlet.

Keywords: Sediment control, Transportation capacity, Vortex Tube, Outlet discharge, Trap efficiency

Archive of SID

1,2,3- Contribution From Tehran University, Karaj agricultural campus
(* - Corresponding author Email: jafarhoudi@ ut.ac.ir)