

یکی از مهمترین عوامل در طراحی سیستم فاضلاب یا لوله کشی، تعیین حد بالا و پایین سرعت جریان است. همانند سایر مشخصات لوله، دستورالعمل هایی برای سرعت لوله های HDPE وجود دارد که باید آنها را دنبال کنید. در مورد حداقل سرعت لازم است که جریانی را حفظ کنیم که مانع ایجاد رسوب و دیگر مشکلات مربوط به انسداد لوله شود و جهت این امر تعیین حداقل سرعت حائز اهمیت است. برای حداکثر سرعت، تعدادی از عوامل، از جمله اوج سرعت، فشار خط، و آسیب ساختاری مهم هستند. هدف از مطرح کردن این مقاله ارائه مدل عمومی با چند دستورالعمل مختلف است که راهنمایی در اندازه گیری سرعت جریان لوله HDPE برای طراحی سیستم شبکه تاسیسات باشد.



#### حداقل سرعت

در مکان های جغرافیایی با مکان نگراری ضعیف، مهم است که حداقل شیب را برای فراهم کردن سرعت های خود پاک کننده مثبت را حفظ کنیم. ADS N-12، با ارزش n برابر با " 0.012 " در Manning دارای یک سطح صاف برای به حداقل رساندن این دامنه های مربوطه و اثرات نامطلوب رسوب است. جدول ۱ حداقل دامنه های لوله مورد نیاز برای حفظ حداقل ۳ فوت در ثانیه بر اساس معادله Manning در جریان زیرقشری را نشان می دهد. برای جریان های فوق بحرانی، سرعت بسیار بالاتر است و بنابراین جای هیچ نگرانی نیست.

جدول ۱ مینیمم شیب مورد نیاز

| Diameter<br>(in) | Minimum<br>Slope (%) |
|------------------|----------------------|
| 12               | 0.37                 |
| 15               | 0.28                 |
| 18               | 0.22                 |
| 24               | 0.15                 |
| 30               | 0.11                 |
| 36               | 0.09                 |
| 42               | 0.07                 |
| 48               | 0.06                 |
| 60               | 0.05                 |

در مواردی که حداقل شیب های لوله نمی توانند بر آورده شوند، از روش های متناوب باید برای افزایش شیب داخلی یا سرعت استفاده شود. روش ها می توانند شامل استفاده از لوله های با قطر کمتر برای افزایش فشار و سرعت دهانه و یا بازنگری در جهت جلوگیری از افزایش دامنه های بیشتر در لوله باشد.

#### حداکثر سرعت

چندین عامل بر سرعت جریان در لوله تاثیر می گذارند، شامل شیب سیستم، صاف بودن نسبی داخلی و جریان فاضلاب های سطحی. یکی دیگر از عناصر کلیدی طراحی شبکه وجود یا عدم وجود مواد ساینده در مسیر می باشد.

#### ساینده ها

حضور ساینده در سرعت های بالای جریان سیال، طول عمر پیش بینی شده سیستم را تحت تاثیر قرار می دهد و باید در طول مرحله طراحی آن توسط مهندس ارزیابی شود. مطالعات متعددی در مورد این موضوع انجام شده است و بسیاری از آنها در ADS Technical Note 2.116، "مقاومت سایشی لوله کشی" خلاصه شده است. برای اطلاعات در مورد تجزیه و تحلیل چرخه عمر لوله ADS با جریان سایشی لطفا از این سند استفاده کنید.

#### جریان غیر ساینده

در بیشتر سیستم های شبکه فاضلاب و آبگذرهای جاده که کاربردشان بدون حضور ساینده است، حداکثر سرعت می تواند افزایش یابد. سه شرایط وجود دارد که باید برای تعیین حداکثر نیاز به سرعت مورد توجه قرار گیرد. اولین بر اساس فشار سرعت دهانه و اثرات آن بر روی خط داخلی است. این در درجه اول در شرایط جریان بحرانی یا جایی که جریان متناوب انتظار می رود، وجود دارد. فرمول زیر توسط دکتر A.P. Moser از Designed Pipe Design ارائه شده و می تواند برای تعیین مقاومت به تنش لوله ها با دیواره نازک (ضخامت کم) استفاده شود. با حل مشکل فشار کاری مجاز می توانیم حداکثر سرعت طراحی برای این شرایط را تعیین کنیم، حداکثر تنش مجاز بر روی خط باید به گونه ای در نظر گرفته شود که از سوراخ شدن (تخریب) لوله جلوگیری کند.

$$P_{design} = \frac{2 * t * \sigma}{ID}$$

بطوریکه  $P_{design}$  = فشار کاری مجاز (psi)

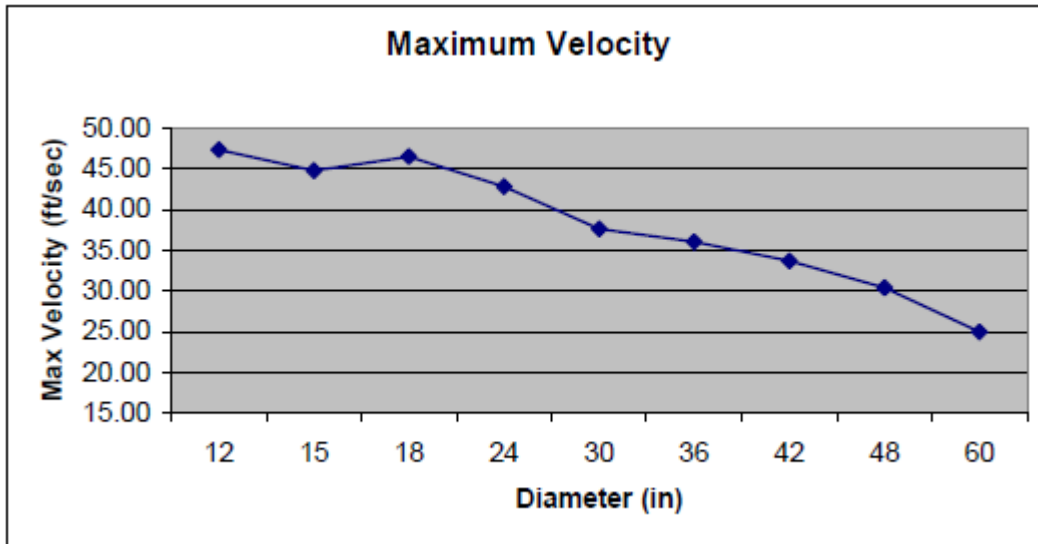
و  $t$  = ضخامت لایه لوله (in)

و  $\sigma$  = حداکثر فشار موقعیت

و  $ID$  = ضخامت درونی لوله

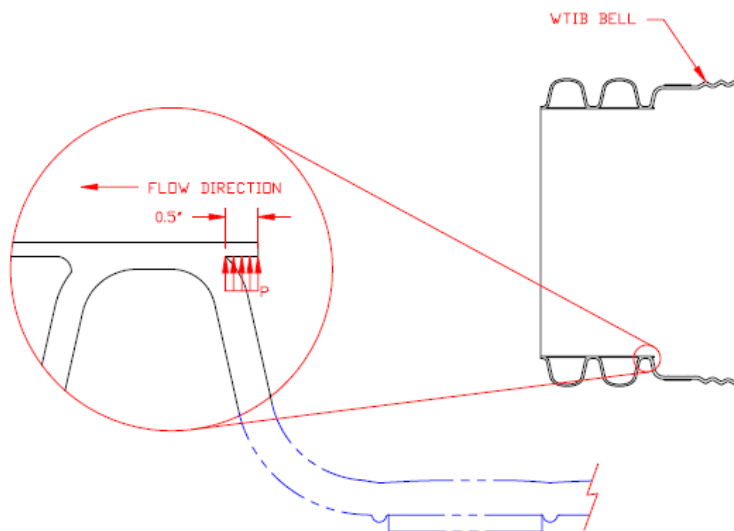
در حالی که ضخامت لایه (t) و قطر لوله مقادیر شناخته شده ای است، حداکثر مقدار استرس در محل، بر اساس مدت زمان عبور سیال با سرعت بالا است. به همین دلیل، بدون شناخت حداکثر مدت زمان سرعت زیاد، حداکثر سرعت تعیین نمی شود. برای مثال برای لوله های فاضلاب سطحی یا مجراهای آبگذر جاده ای که تنها در زمان بارندگی جریان متناوب دارند، می توانیم از یک سطح فشار مجاز استفاده کنیم. برای این مثال، ما حداکثر سرعت را بر اساس یک سطح تنش مداوم یک ماهه نشان دادیم. این بسیار محافظه کارانه است زیرا اکثر جریان های سرعتی که معمولا برای سیستم فاضلاب طراحی شده اند، کمتر از یک روز طول می کشند.

شکل ۲ بیشینه حد سرعت



شرط دوم اثرات سرعت آب و نیروی اعمال شده بر روی لایه ای داخلی در محل اتصال است. این اثرات عموماً در حالت شیب های تند به کار رفته در شرایط بحرانی که بسیار شایع است، تجربه شده اند. در این جریان، نیروی آبی که لبه داخلی شیار را تحت تأثیر قرار می دهد، باید برای برش و خمش لایه داخلی در نظر گرفته شود. به منظور تعیین اثرات و حساسیت شیار به این شرایط، باید برخی مفروضات با توجه به شرایط محل اتصال و موقعیت شیار درونی در نظر گرفته شود. برای این تجزیه و تحلیل، بدترین شرایط برای تأثیر شیار انتخاب شد. شکل ۲ شرایط مورد نظر را نشان می دهد. توجه داشته باشید که لبه شیار برابر با نیم اینچ ( $\frac{1}{2}$ ) در نظر گرفته شده است، که تقریباً ۴ برابر لبه ی نرمال موجود در لوله ADS N-12 است.

شکل ۳ جریان مستقیم و فشار رو لایه داخلی لوله



از لحاظ مکانیک ساختاری، مقاومت برشی یک جسم برابر نیروی اعمال شده بر روی منطقه است که مقاومت در برابر نیرو را دارد و در فرمول زیر نشان داده شده است:

$$V = \frac{F}{A}$$

بطوریکه:  $V$  = فشار برشی

$F$  = نیروی اعمال شده به لایه داخلی لوله

$A$  = منطقه ی مقاوم در برابر نیروی اعمال شده

نیروی اعمال شده به لایه داخلی لوله برابر با سرعت آب در لوله ضرب در وزن هر واحد آب است. اگر حداکثر نیروی برشی مجاز در لوله HDPE به قدرت کششی طولانی مدت ۱۰۰۰ psi تنظیم شود، حداکثر سرعت مجاز ناشی از مقاومت برشی در جدول زیر نشان داده شده است.

| Diameter<br>(inches) | Velocity<br>(feet per second) |
|----------------------|-------------------------------|
| 12                   | 162                           |
| 15                   | 180                           |
| 18                   | 235                           |
| 24                   | 272                           |
| 30                   | 272                           |
| 36                   | 309                           |
| 42                   | 323                           |
| 48                   | 323                           |
| 60                   | 323                           |

توجه داشته باشید که منطقه مورد استفاده به عنوان قسمت مقاوم در برابر برش، عمود بر شیار است که بسیار کمتر از آن است که باید باشد. می توان از اطلاعات ارائه شده پی برد که حتی هنگام استفاده از فشار کششی و منطقه ی مقاومت بسیار محافظه کارانه، سرعت مجاز بسیار حائز اهمیت است. بنابراین مسئله نیروهای برشی با توجه به سرعت شیار لوله ناچیز است.

نکته دیگر که توسط فشار سرعت بر روی شیار به وجود می آید، مقاومت گشتاور است. باز هم همانطور که در شکل نشان داده شده است فرض می شود که بار در لبه شیار قرار می گیرد که یک بازوی گشتاوری را در ناحیه ای ایجاد می کند که شیار و موج به هم می رسند. این منطقه را می توان به عنوان یک پرتو برای سادگی نگاه کرد. با استفاده از فرمول خمشی از مکانیک بر پایه خواص مواد:

$$\sigma = \frac{Mc}{I}$$

بطوریکه:  $\sigma$  = حداکثر مقاومت

$M$  = بازوی گشتاور

$C$  = فاصله تا مرکز

$I$  = گشتاور ماند

حداکثر زمانی که لوله HDPE می تواند مقاومت کند را می توان با تنظیم  $\sigma$  برابر با مقاومت کوتاه مدت ۳۰۰۰ psi تعیین کرد. گشتاور ماند و مرکز یک بخش را نیز به راحتی می توان یافت و منجر به یافتن حداکثر گشتاور مجاز برای هر قط لوله و ضخامت شیار می شود. در این مقاله، ضخامت شیار استفاده شده بر اساس داده های اندازه گیری شده و حداقل های منتشر نشده است. به همین دلیل حداقل های توصیه شده فقط برای لوله ADS N12 هستند. از آنجا که شیار در اطراف دور لوله تنظیم شده است، معادله گشتاوری به شرح زیر است:

$$M = \frac{w(L)^2}{24}$$

بطوریکه:  $M =$  گشتاور خمشی

$W =$  بار توزیع شده در سرتاسر شبکه

$L =$  طولی که بار بر روی " بازوی گشتاور " عمل می کند

با قرار دادن این فرمول در فرمول خمشی، معادله ی زیر را به دست می آوریم.

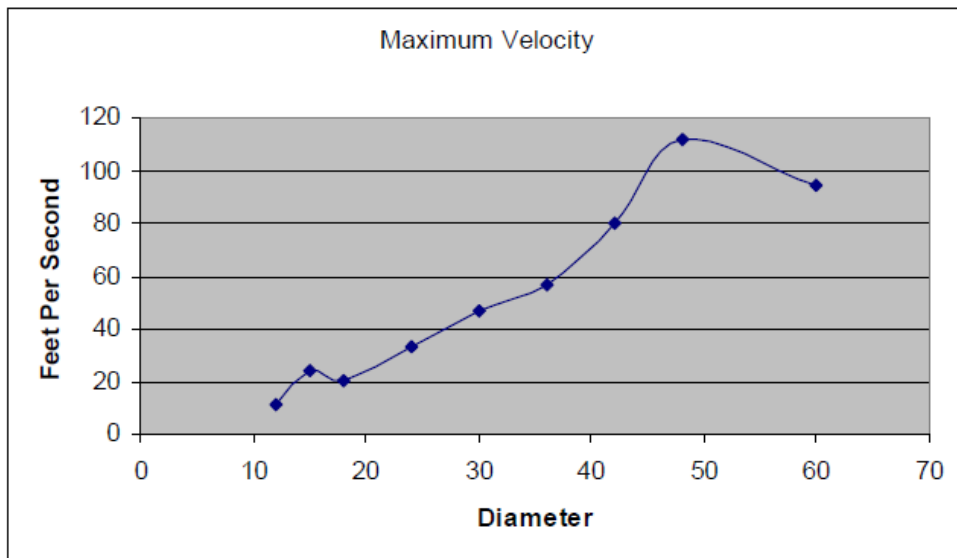
$$\sigma = \frac{wL^2c}{24I}$$

حل کردن  $W$  منجر می شود به:

$$W = \frac{24I\sigma}{L^2c}$$

این فرمول تقریبی است مبتنی بر یک جسم ثابت در هر دو انتها. ضرب کردن در طول شبکه، ما را قادر می سازد تا حداکثر نیرویی را که سرعت آب بر روی شیار قرار می دهد را تعیین کنیم. به منظور تعیین حداکثر سرعت، اندازه ی هر لوله و واکنش شیار داخلی آن که می تواند مقاومت کند اهمیت دارد. این سرعت با یک عامل ایمنی برای تعیین حداکثر سرعت مجاز برای لوله برای مقاومت در برابر خم شدن یا سایش شیار تعیین می شود. حداکثر سرعت برای این وضعیت در شکل ۳ نشان داده شده است.

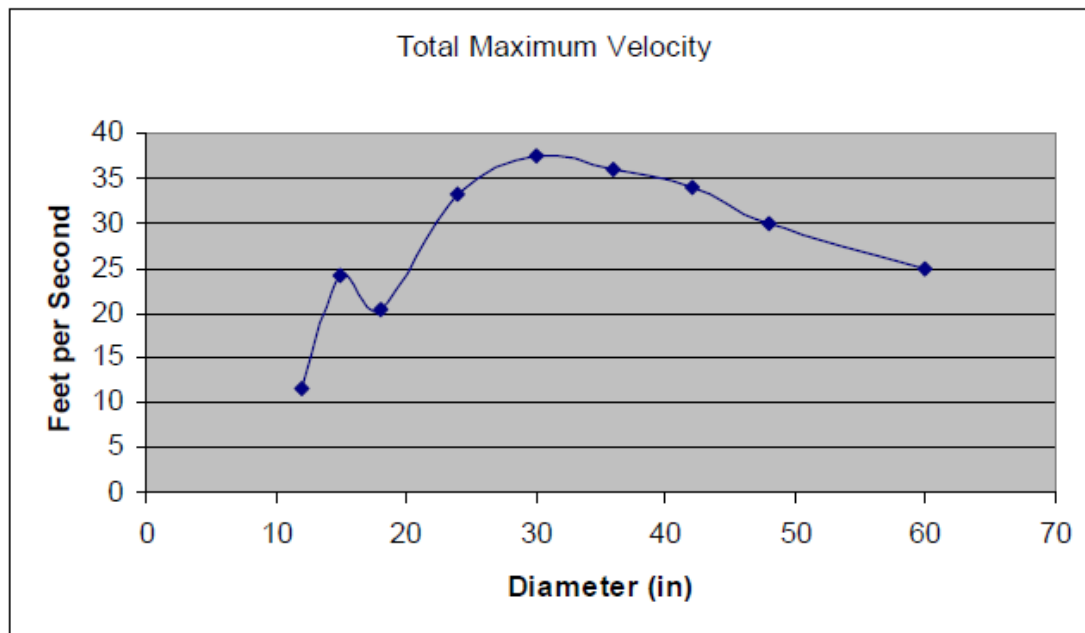
شکل ۴ حداکثر سرعت ناشی از خمش



بدیهی است که با افزایش قطر، حداکثر سرعت توسط محدودیت های مختلف کنترل می شود. در شرایط وجود نیروی جاذبه زمین بیشینه سرعت از خمش لایه ایجاد می شود که خود یک فاکتور کنترلی است. ADS توصیه می کند که حداکثر سرعت ۲۰ فوت در ثانیه مورد استفاده قرار گیرد. این مشکلات احتمالی اتصالات و سازه های واقع در خط زهکشی را کاهش می دهد. اگر ماکسیمم از این مقدار تجاوز کرد باید توسط مهندسیین طراحی سازه به دقت بررسی شود.

در شرایطی که جریان فشار متناوب وجود دارد، باید ترکیبی از حداکثر سرعت فشار و سرعت خمشی را برای تعیین عامل کنترل مورد بررسی قرار دهیم. در این شرایط به احتمال زیاد سرعت خمش برای قطرهای کوچکتر و سرعت فشاری برای قطرهای بالای ۲۴ اینچ کنترل میکنند که باید مینیمم دو عدد در نظر گرفته شود. شکل ۴ ترکیبی از دو نیرو را نشان می دهد.

شکل ۵ حداکثر سرعت برای خمش



#### ملاحظات طراحی

این تجزیه و تحلیل فقط تاثیر سرعت در لوله را در نظر می گیرد، نه مخزن دانه گیر، چاه ها، سرپناه ها، حوضچه ها، چاله ها، چاه ها، ورودی های دریچه لوله یا کانال های پایین. این مقاله تلاشی برای مقابله با اثرات نیروهای ناشی از تغییرات ناگهانی جهت یا الزامات بلوک های محوری یا سیستم مهارنگاری ندارد. طراحی مهندسی کامل باید شامل تطبیق برای این موارد نیز باشد.

راه حل دیگر در شرایطی که شیب ، ماکسیمم سرعت را فراهم نمی کند، جایگزین کردن ADS Single-Wall Pipe است، که در قطرهای بالای ۲۴ اینچ قابل دسترسی است. این یک محصول قابل انعطاف با سطح موجدار است که ضریب زبری بالاتری نسبت به ADS N-12 دارد و سرعت پایین تری در شرایط مشابه خواهد داشت. برای اطلاعات بیشتر در مورد ضریب زبری محصول ADS به مقاله ۲،۱۰۹ با عنوان "ظرفیت جریان" مراجعه کنید.

#### نتایج

با توجه به تجارب گذشته و مستندات فوق در مورد کاربرد سرعت بالا برای لوله های فاضلابی و آبراهها، در این متن نشان داده شد که استفاده از ماکسیمم سرعت با این اطلاعات می تواند با اطمینان استفاده شود. جریان هایی بالاتر از آنچه در این متن پیشنهاد شده باید قبل از اقدام با دقت توسط مهندسين تجزیه تحلیل شود. در مورد سرعت های بالاتر می توان مورد به مورد ارزیابی کرد تا مناسب بودن جریان پیش بینی تعیین گردد.