

روش‌های تشخیص محل انسداد هیدرات در خشکی و دریا

ندا جعفریان^{۱*} (ارابه‌دهنده مقاله)، فرشاد ورامینیان^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی مهندسی شیمی، دانشگاه سمنان، سمنان
^۲ عضو هیأت علمی دانشکده مهندسی شیمی، نفت و گاز، دانشگاه سمنان، سمنان

چکیده

روش‌های جلوگیری از هیدرات معمولاً اساس شیمیایی یا حرارتی دارند، مانند عایق حرارتی، حذف آب یا تزریق ممانعت کننده‌های شیمیایی. با وجود تمامی این روش‌ها، خطر تشکیل هیدرات در خطوط لوله همواره وجود دارد. حضور یک سیستم هشدار دهنده زود هنگام زمان کافی برای اقدام مناسب جهت انجام عملیات جلوگیری از تشکیل هیدرات مانند تزریق ممانعت کننده‌ها و ... را فراهم می‌کند. تشخیص محل انسداد هیدرات نیز همواره به دلایل اقتصادی و محیطی بسیار مهم بوده است. در این مقاله ابتدا به بررسی سیستم‌های هشدار زود هنگام پرداخته شده است و روش‌های نوین در این زمینه مطرح شده است. سپس روش‌های تشخیص محل انسداد هیدرات در دریا و خشکی مورد بررسی قرار گرفته است. روش‌هایی مانند بازتاب سنجی صوتی، دوربین حرارتی، چگالی سنج پرتو گاما با حسگر دما، اندازه‌گیری افزایش قطر، کاهش یا چرخه فشار خط و ... روش صوتی روشی مؤثر به منظور تشخیص آسیب لوله مانند انسداد و یا سوراخ، در زمانی کوتاه است. این ابزار با تزریق یک سیگنال صوتی کوچک به داخل خطوط لوله حاوی سیال کار می‌کند. این سیگنال به‌طور جزئی جایی که تغییری در مقاومت ظاهری صوتی ایجاد شود مانند برخورد با یک فلنج، یا صفحه آریفیس برمی‌گردد. زمانی که یک سیگنال صوتی مشابه به داخل خط لوله فرستاده می‌شود، باید سیگنال بازگشتی که با استفاده از میکروفون اندازه‌گیری می‌شود، نسبت به دفعه قبل تقریباً ثابت بماند. در غیر این صورت دیواره لوله آسیب دیده یا انسداد در خطوط لوله رخ داده است. با تحلیل ویژگی‌های سیگنال‌های ضبط شده، می‌توان محل انسداد هیدرات را نیز تعیین نمود.

کلمات کلیدی

سیستم هشدار زود هنگام، انسداد خطوط لوله، بازتاب سنجی صوتی، سیگنال، هیدرات گازی.

نکات برجسته پژوهش

- مطالعه اکثر روش‌های موجود و نوین تشخیص انسداد توده هیدرات در دریا و خشکی و همچنین سیگنال-

های هشدار دهنده زود هنگام

۱- مقدمه

سیستم‌های خطوط لوله در جامعه مدرن از خصوصیات ضروری و فراگیر هستند، که برای رساندن خدماتی مانند آب آشامیدنی، مواد پتروشیمیایی و سایر سیالات به کار گرفته می‌شوند. حفاظت از سلامتی لوله یا به‌طور خاص تشخیص نشتی، انسداد و خوردگی همیشه به دلایل اقتصادی و محیطی بسیار مهم بوده‌اند.

تشخیص انسداد در خطوط لوله، برای سال‌های بسیاری زمینه فعال تحقیقاتی بوده و روش‌های بسیاری نیز پیشنهاد شده است، که عبارتند از: موازنه حجمی، تحلیل افت فشار، تحلیل گذر معکوس، روش‌های تشخیص صوتی، ترموگرافیک، رادار و تکنیک‌های ردیابی گاز [۱].

خطوط لوله انتقال گاز بسیار طولانی‌اند بنابراین تشخیص محل انسداد بدون دقت صورت می‌گیرد. در خطوط زیر دریا به‌علت دسترسی محدود نیز همین گونه است [۱].

اطمینان از جریان در تأسیسات زیر دریا و خشکی، معضلی است که در دو دهه اخیر به آن پرداخته شده است. معضلات رایج اطمینان از جریان عبارتند از:

- هیدرات‌های گازی:

امکان تشکیل هیدرات‌های گازی تحت شرایط فشار بالا یا دمای پایین در طی جریان عادی یا در طی راه-اندازی خط، وجود دارد. توده هیدرات‌های گازی به سرعت تشکیل می‌شود (تنها در عرض چند ساعت). شرایط تعادل هیدرات‌های گازی در سیستم‌های گاز و نفت با دقت ۱۷- درجه سلسیوس قابل تخمین است. مقدار مورد نیاز ممانعت‌کننده‌های ترمودینامیکی نیز قابل پیش‌بینی است. تشخیص زمان و محل‌هایی که پتانسیل رخ داد هیدرات وجود دارد، دشوار است. تکنولوژی جدیدی مانند ممانعت‌کننده‌های هیدرات با دوز پایین و سیستم‌های فعال حرارتی با حرارت محیط یا الکتریکی پیشنهاد شده‌اند و در دریا و خشکی استفاده می‌شوند. این تکنولوژی‌ها هزینه جلوگیری و حذف هیدرات را کاهش می‌دهند. با این حال تشخیص محل انسداد هیدرات بسیار مهم و یک معضل جدی است [۲].

- رسوبات پارافینی:

تجمع رسوبات پارافینی منجر به ایجاد توده‌هایی مانند واکس می‌شود، که مانع حرکت توپک‌ها در لوله و چسبیدن آن‌ها می‌شود. روش‌هایی برای جلوگیری از تشکیل واکس وجود دارد از جمله: عایق‌بندی، توپک-رانی و ممانعت‌کننده شیمیایی [۲].

در این مقاله ابتدا هشدارهای زود هنگام تشکیل هیدرات و سپس روش‌های تشخیص محل انسداد هیدرات مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

۲- سیگنال‌های هشدار دهنده زود هنگام^۱

شاخصی که بهترین هشدار دهنده تشکیل هیدرات را مشخص کند، وجود ندارد. روش‌های بسیاری به‌عنوان هشدار زود هنگام به‌منظور ارائه به کاربرها پیشنهاد شده است، تا زمان کافی برای اقدام مناسب جهت توقف تشکیل هیدرات یا انجام روش‌های تجزیه هیدرات وجود داشته باشد. این روش‌ها عبارتند از:

۲.۱. سیستم قوی و در حال توسعه هشدار زود هنگام تشکیل هیدرات^۲

اساس این روش تغییر در ترکیب فاز گاز به‌دلیل تشکیل هیدرات است.

¹ Early Warning Signals

² Developing a Robust Hydrate Early Warning System

در اغلب مخازن واقعی سیالات، هیدرات گازی نوع II پایدارترین ساختار هیدرات است. بنابراین تشکیل هیدرات گازی منجر به کاهش غلظت هیدرات نوع II در فاز گازی است. ترکیب گاز در هیدرات و فاز گازی به طور قابل توجهی با تشکیل هیدرات، تغییر می کند. مخلوط گازی از متان، اتان، پروپان و ایزوبوتان را مورد مطالعه قرار داده اند. مطابق نتایج آن ها، مقدار متان در فاز گازی در مقایسه با ترکیب اولیه افزایش اما غلظت اتان، پروپان و ایزوبوتان به طور قابل توجهی کاهش می یابد. سو^۳ و همکاران، ترکیب و ساختار هیدرات گاز طبیعی را با استفاده از طیف نما C NMR مطالعه کرده اند. ترکیب گاز بازاریابی شده از هیدرات در دماهای مختلف تشکیل، نشان داد که غلظت متان بسیار کمتر از ترکیب خوراک و غلظت ترکیبات سنگین تر به طور قابل ملاحظه ای افزایش می یابد [۳].

در ادامه دو دستگاه مورد استفاده در این روش توضیح داده شده است.

دستگاه امواج فراصوت

دستگاه یک سلول فشار بالا مجهز به یک سیستم آزمایش فراصوت است، همان طور که در شکل شماره ۱ نشان داده

شده است:



شکل ۱: دستگاه امواج فراصوت [۳]

سلول به یک جفت مبدل فراصوتی برای اندازه گیری ویژگی های صوت مجهز شده است و نیز دارای دو پنجره برای مشاهده است. حجم آن ۱۷۵۰ میلی لیتر است. سلول با یک ژاکت خنک کننده احاطه شده است که برای رسیدن به درجه حرارت مورد نیاز به حمام ترموستات متصل شده است [۳].

دستگاه اندازه گیری خواص گاز

دستگاه اندازه گیری سرعت صوت تنها قادر به نشان دادن تغییر در کل ترکیب است. بنابراین به منظور سنجش و تعیین میزان تغییر در تک تک اجزاء، یک دستگاه تجاری برای نظارت بر غلظت اجزای مختلف گازی مورد استفاده قرار گرفته است. براساس اندازه گیری سرعت صوت و هدایت حرارتی، دستگاه غلظت معادل متان، پروپان، دی اکسید کربن و نیتروژن را اندازه می گیرد. از یک ظرف ۹ لیتری به منظور اطمینان از این که هیچ تغییر قابل توجهی در ترکیب و فشار در طی

نمونه برداری گاز صورت نمی‌گیرد، استفاده شده است. همچنین این ظرف به یک پیستون برای جبران افت فشار احتمالی در طی انتشار گاز توسط کاهش حجم سلول، مجهز شده است [۳].

۲.۲. بازگشت توپک

هیدرات‌ها حتی در فشار اتمسفریک نیز در محل دریافت توپک پایدار هستند [۴].

۳.۲. تغییرات در مقدار و ترکیب مایع موجود در جدا کننده

اگر میزان ورود آب به جدا کننده کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا کند، ممکن است هیدرات در خط تشکیل شده باشد. جرتسن^۴ نشان داد که تغییر در ترکیب گاز از نشانه‌های اولیه تشکیل هیدرات است [۴].

۴.۲. افزایش افت فشار

چنانچه قطر لوله توسط تشکیل هیدرات در دیواره خط گاز کاهش یابد، افت فشار ΔP افزایش و نرخ جریان کاهش می‌یابد [۴].

۵.۲. تشخیص صوتی

تنها ابزار مناسب برای تشخیص کریستال هیدرات در خطوط لوله زیر دریا است. در تست‌های آزمایشگاهی محدودی، هیدرات شناسایی شده است [۴].

۳- تشخیص محل انسداد هیدرات در خشکی / سکو

روش‌های معمول تشخیص انسداد هیدرات در خشکی عبارت‌اند از:

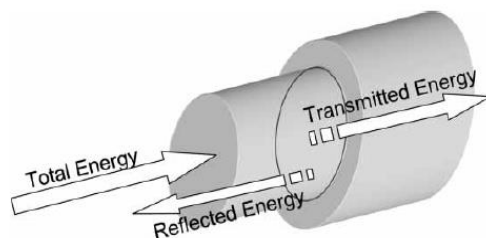
۱.۳. بازتاب سنجی صوتی^۵

اخیراً ابزار صوتی به‌عنوان روشی برای تشخیص انسداد و نشتی خطوط لوله‌ها استفاده می‌شوند. تکنیک‌های قوانین صوتی به دستگاه شنود و ارتباط دهنده نویز اشاره دارند. این ابزار با تزریق یک سیگنال صوتی کوچک به داخل خطوط لوله حاوی سیال کار می‌کند. این سیگنال به‌طور جزئی جایی که تغییری در مقاومت ظاهری صوتی ایجاد شود مانند برخورد با یک فلنج، شاخه T، صفحه آریفیس، شیرها و رسوب واکس یا جایی که آسیبی وجود داشته باشد، مانند سوراخی در دیواره خطوط لوله، برمی‌گردد. زمانی که یک سیگنال صوتی مشابه به‌داخل خط لوله فرستاده می‌شود، باید سیگنال بازگشتی که با استفاده از میکروفون اندازه‌گیری می‌شود، نسبت به دفعه قبل تقریباً ثابت بماند. چنانچه سیگنال بازگشتی کاهش یافته باشد به این معنا است که دیواره لوله آسیب دیده یا انسداد در خطوط لوله رخ داده است، بنابراین بازتاب جدیدی ایجاد می‌شود، به این ترتیب مقایسه سیگنال‌های ثبت شده، روشی دقیق و ساده برای تشخیص برخی خصوصیات در خطوط لوله را فراهم می‌کند [۱].

برای توضیح این موضوع، شکل شماره ۲ یک افزایش قطر در خط لوله شامل سیال ساکن را نشان می‌دهد. اگر امواج صوتی از چپ به خط لوله تزریق شود به‌صورت جزئی در رابط مشترک منعکس می‌شود.

⁴ Gjertsen

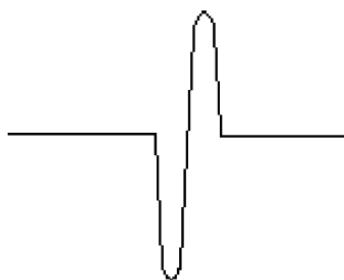
⁵ Acoustic reflectometry



شکل ۲: انتقال صوت در مفصل لوله [۱]

برای امواج مسطح ضعیف شده از نوع مورد نظر در این جا، امواج در سرعت های محلی صدا منتشر می شوند، که بسته به شرایط محلی مایع متفاوت خواهند بود. انعکاس امواج در هر جایی که تغییری در سطح مقطع لوله وجود داشته باشد، رخ خواهد داد. در سیستم های خط لوله صنعتی، هر جا که یک شیر یا انسداد وجود دارد، این اتفاق رخ خواهد داد. نتایج تجربی ارائه شده بر اساس انتقال سیگنال صوتی به سیال درون لوله توسط یک بلندگو (مولد پالس صوتی) است. برای اندازه گیری انتقال و بازتاب امواج منتشر شده در طول لوله از میکروفون استفاده شده است. قبل از وجود هر گونه نقص در لوله، موج صوتی از هر ناپیوستگی در خط لوله منعکس خواهد شد. به عنوان مثال جایی - که در آن یک شیر یا صفحه آریفیس وجود دارد. در صورت عدم وجود نقص در لوله چنانچه امواج صوتی مشابه به لوله منتقل شود باید اندازه گیری انجام شده توسط میکروفون بدون تغییر باقی بماند. اگر پس از این کار سیگنال ضبط شده توسط میکروفون تفاوت قابل توجهی داشته باشد، نشان خواهد داد که ناپیوستگی در لوله وجود دارد و ممکن است توسط یک سوراخ یا انسداد ایجاد شده باشد [۱].

مقدار فرکانس ایده آل از سیگنال صوتی تزریق شده به داخل لوله مورد بررسی قرار گرفته است. یک تناوب کوتاه پالس مربعی با عرض ۰/۰۰۲ ثانیه استفاده شده است. این پالس از طریق بلندگو و میکروفون ترجمه می شود، همانند سیگنال ضبط شده توسط میکروفون که مشابه تصویری است که در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.



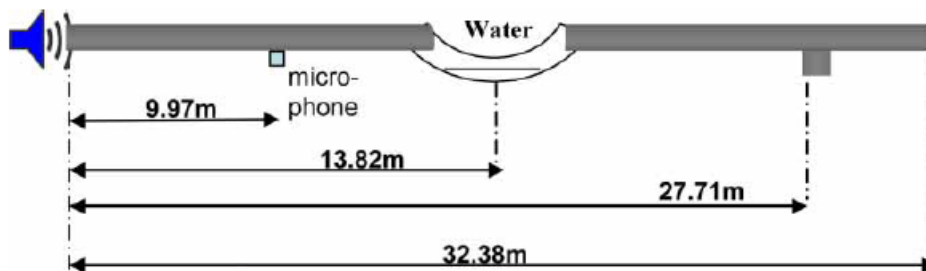
شکل ۳: سیگنال صوتی ضبط شده در لوله [۱]

۱.۱.۳. تشخیص رسوب آب

یک معضل خاص در خطوط لوله گاز طبیعی تشکیل توده هیدرات است. هیدرات های گازی به سرعت در خطوط لوله تشکیل می شوند و ممکن است منجر به انسداد کامل خط لوله در چند ساعت شوند. این انسداد می تواند منجر به صرف هزینه بالا برای حذف و یا منجر به توقف تولید شود.

تحت شرایط مناسب، توده هیدرات در یک خط لوله در جایی که در آن رسوبات آب وجود دارد، تشکیل خواهد شد. برای تکنیک صوتی مهم است، که توانایی تشخیص و موقعیت‌یابی رسوبات آبی و به دنبال آن ایجاد هیدرات را داشته باشد. با تشخیص زود هنگام ایجاد هیدرات، اقدام پیشگیرانه مانند تزریق بازدارنده به داخل لوله قبل از انسداد کامل، به کار گرفته می‌شود [۱].

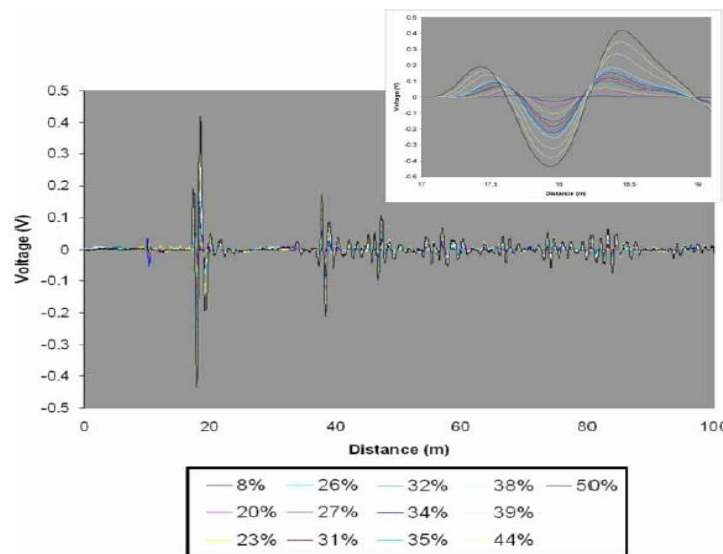
برای آزمودن توانایی این سیستم در شناسایی رسوبات کم آب، طرح خط لوله نشان داده شده در شکل شماره ۴، استفاده شده است.



شکل ۴: ستاپ آزمایشگاهی برای آزمایش رسوب آب [۱]

یک بلندگو به یکی از دو انتهای لوله PVC به قطر داخلی ۴۲ میلی متر متصل است و انتهای دیگر لوله باز است. در فاصله ۱۳/۵۲ متر از بلندگو، لوله انعطاف‌پذیری به طول ۰/۶ متر با قطر داخلی ۵۰ میلی متر قرار دارد. یک قطعه T شکل نیز نزدیک انتهای لوله قرار دارد.

همان‌طور که قبلاً گفته شد، یک موج صوتی به سیال از طریق بلندگو، قبل از این‌که آبی درون لوله قابل انعطاف باشد، تزریق می‌شود. امواج از طریق میکروفونی که در فاصله حدوداً ۱۰ متری از بلندگو قرار دارد، اندازه‌گیری می‌شوند. اختلاف بین این سیگنال و سیگنال‌های اندازه‌گیری شده وقتی که مقادیر مختلفی از آب به لوله قابل انعطاف تزریق می‌شود، در شکل شماره ۵ نشان داده شده است. درصد در این شکل، به درصدی از قطر خط لوله که توسط آب در نقطه مرکزی رسوب آب، اشغال شده است، اشاره دارد [۱].

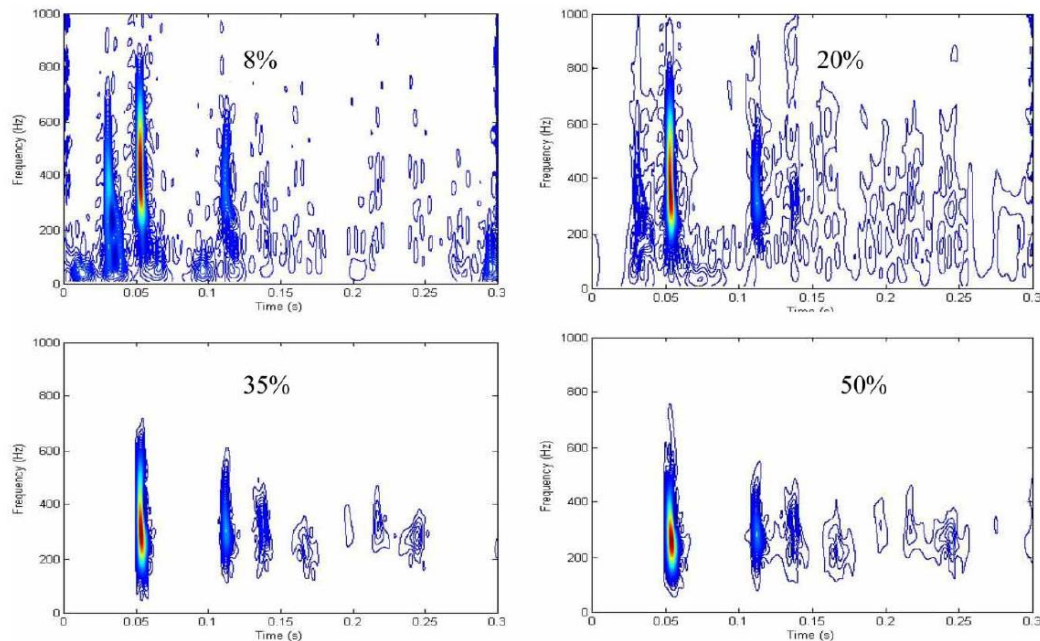


شکل ۵: تفاوت در سیگنال برای مقادیر مختلف آب [۱]

این شکل نشان می‌دهد که این روش به دقت رسوب آب را شناسایی کرده است و سیگنال صوتی منعکس شده توسط آب مسافتی در حدود ۱۸ متر را قبل از رسیدن به میکروفون طی کرده است و رسوب آب ایجاد شده در فاصله‌ای در حدود ۱۴ متر از بلندگو قرار دارد.

این شکل نشان می‌دهد که با افزایش اندازه رسوب آب، دامنه سیگنال منعکس شده هم افزایش می‌یابد و پس از ثبت بازتاب برای بار اول دامنه سیگنال کاهش می‌یابد، به این معنی که انتظار می‌رود طول رسوب آب افزایش یابد. اطلاعات بیشتر را می‌توان از سیگنال‌های منعکس شده از طریق تکنیک‌های تجزیه و تحلیل زمان - فرکانس استخراج کرد [۱].
روش زمان - فرکانس، ابزار قدرتمندی در تحلیل سیگنال‌های گذرا است. روش‌های تحلیل زمان - فرکانس بسیاری پیشنهاد شده‌اند، روش توزیع ویگنر - ویل^۶ یکی از محبوب‌ترین روش‌ها است. این مفهوم برای اولین بار توسط ویگنر معرفی شد و بعدها دوباره توسط ویل ارائه گردید. ویگنر - ویل تبدیل فوریه تابع خود همبستگی سیگنال با توجه به متغیر تأخیر است. شکل شماره ۶، نتایج حاصله از تجزیه تحلیل زمان - فرکانس با استفاده از روش توزیع ویگنر - ویل را برای زمانی که رسوبات ۸، ۲۰، ۳۵ و ۵۰ درصد از قطر خط لوله را پر کرده است، نشان می‌دهد [۱].

⁶ Wigner-Ville



شکل ۶: آنالیز زمان - فرکانس سیگنال ناشی از انسداد [۱]

نمودارها در شکل شماره ۶ مقدار نسبی فرکانس سیگنال صوتی را در طول زمان نشان می‌دهند. نقطه‌های قرمز مقدار اولیه فرکانس در سیگنال است. سیگنال‌های منعکس شده از رسوبات کوچک‌تر دارای دامنه کم‌تری هستند و در نتیجه نمودارها برای درصد رسوب ۸ و ۲۰، یک آشکارساز نویز دارند [۱].

از ویژگی‌های مهم این نمودار در شکل شماره ۶، این است که همان‌طور که اندازه رسوب افزایش می‌یابد، مقدار فرکانس اولیه سیگنال بازگشتی کاهش می‌یابد. برای مثال، مقدار فرکانس اولیه از رسوب ۸ درصد، در حدود ۴۵۰ هرتز است. در حالی که برای رسوب ۵۰ درصد، این فرکانس به حدوداً ۲۵۰ هرتز کاهش می‌یابد. این کاهش را می‌توان با تجزیه و تحلیل بخش گسترده شکل شماره ۵ توضیح داد. این طرح محل قله‌های اول و دوم را نشان می‌دهد که ابتدا و انتهای رسوب آب را مشخص می‌کنند و با افزایش اندازه رسوب مقادیر متفاوتی دارند.

با توجه به نتایج حاصله مشخص می‌شود که ساختار و اندازه رسوب آب یا سایر انسدادهای دیگر را می‌توان از طریق تجزیه و تحلیل سیگنال‌های منعکس شده در زمان و دامنه فرکانس مشخص کرد.

این امر به‌ویژه برای تشخیص توده هیدرات در خطوط لوله گاز طبیعی که هر مقداری از انسداد می‌تواند از اهمیت حیاتی برخوردار باشد، مهم است [۱].

۲.۳. دوربین حرارتی

یک دستگاه قابل حمل است که انتقال طیف مادون قرمز را به‌عنوان شاخص درجه حرارت سیستم، اندازه می‌گیرد. به دلیل این‌که امواج مادون قرمز توسط آب جذب می‌شوند، این روش تنها در خشکی قابل اجرا است.

تولید رسوب هیدرات سبب انبساط گاز می‌شود. دماسنج‌های قابل حمل، برای شناسایی توده و نقاط دارای پتانسیل بالای هیدرات استفاده می‌شوند. درجه حرارت‌های پایین با این دماسنج‌ها قابل اندازه‌گیری است.

دوربین حرارتی امکان اندازه‌گیری تغییرات درجه حرارت سیستم را فراهم می‌کند. دوربین حرارتی به پوشش لوله، تغییر ضخامت دیواره لوله و زبری بسیار حساس است [۴].

۳.۳. چگالی سنج پرتو گاما با حسگر دما

چگالی سنج پرتو گاما با حسگر دما از آمیتر و سنسور در مقابل دیواره خارجی لوله استفاده می‌کند. انتقال اشعه گاما به سنسور، تابعی از چگالی محتویات لوله است.

اختلاف چگالی در آب و هیدرات بسیار کم است. چگالی سنج اشعه گاما به تنهایی قادر به نشان دادن تفاوت این دو در بهترین حالت اندازه‌گیری اشعه گاما، نیست.

همراه با درجه حرارت جریان پایین دست چگالی سنج، تشکیل هیدرات قابل تشخیص است. هیدرات‌ها با دمای پایین (اثر ژول - تامسون) و افزایش چگالی، جایی که در آن درجه حرارت آب مشابه گاز است، نشان داده می‌شوند. جرمی با چگالی بالا و دمای پایین در خط لوله به احتمال زیاد همان هیدرات است. حجم با چگالی بالا بدون افت دما، نشان‌دهنده آب است [۴].

۳.۴. تشخیص با نظارت فشار جریان

این روش از انتشار موج فشار برای تشخیص جزئی توده‌ها و از یک حرکت سریع شیر برای تولید یک ضربه قوچ یا شوک موجی داخل خط لوله و سپس ثبت بازتاب تولید شده توسط هر توده استفاده می‌کند. همچنین این روش قابلیت شناسایی توده هیدرات در فواصل دور دست تا بیش از ۱۰۰ کیلومتر را دارد. اگر چه سرعت صوت و تداخل نویز ممکن است بر دقت تعیین محل اثر بگذارد و احتمال خطا را بالا ببرد. این روش محدودیت‌هایی دارد. این روش به خاموشی خط لوله برای مدت کوتاهی نیاز دارد به دلیل این که موج فشار منجر به ضربه قوچ جریان بالا دست شیر بسته و کواپتاسیون جریان پایین دست شیر می‌شود، که ممکن است باعث آسیب دیدن خط لوله و ساختار پشتیبانی شود. به دلیل آسیب بالقوه به خط لوله، این روش توسط برخی از کاربران خط لوله ممنوع شده است [۵].

۳.۵. اندازه‌گیری افزایش قطر

اندازه‌گیری تغییرات افزایش قطر خط لوله می‌تواند، محل انسداد را مشخص کند و طول توده هیدرات را با دقت بسیار بالا بررسی کند. افزایش و کاهش فشار خط لوله، باعث می‌شود که در صورت عدم وجود انسداد، افزایش قطر خط لوله قابل اندازه‌گیری باشد. اگر افزایش قطر تشخیص داده نشود، به این معنی است که یک توده بین منبع و محل اندازه‌گیری قرار گرفته است. با استفاده از این روش در هر دو طرف انسداد، ممکن است طول توده اندازه‌گیری شود. این روش به‌طور معمول نیاز به استفاده از یک ابزار عملیاتی از راه دور (ROV^۷) دارد و محل تقریبی توده باید از قبل مشخص باشد. ضعف عمده این روش عدم امکان استفاده از آن در خطوط لوله غیر قابل دسترس است، برای مثال اگر خطوط لوله زیر زمین یا در یک ساختار بتنی باشد [۵].

۳.۶. روش‌های رادیوگرافیک

تشخیص رادیوگرافی روش تست غیر مخرب (NDT^۸) از بازرسی نقص خط لوله با استفاده از توانایی تابش امواج الکترومغناطیس با طول موج کوتاه برای نفوذ در مواد مختلف است. این روش دقیقی است و برای بازرسی در فواصل کوتاه استفاده می‌شود [۵].

به‌طور ایده‌آل، هر روش تشخیص انسداد باید سریع، دقیق و ارزان باشد و نباید با عملیات معمول خط لوله تداخلی داشته باشد.

۴- تشخیص محل انسداد هیدرات در تأسیسات دریا

روش‌های مشخص کردن محل توده هیدرات در محل‌های دور از خشکی به قرار زیر است:

⁷ Remotely Operated Vehicle

⁸ Non-Destructive Testing

۴.۱. پرکردن خط / به‌طور کامل به‌وسیله ممانعت کننده و یا با استفاده از دستگاه اپتیکی

مکانیکی

در مورد انسداد هیدرات در خطوط جریان دریایی پرکردن خط با ممانعت کننده، رایج است، به‌ویژه زمانی که انسداد به سکو نزدیک است. حجم ممانعت کننده تزریقی، اجازه می‌دهد که ناحیه انسداد نسبت به سکو، با توجه به سایز خط و اطلاعات مایع موجود در خطوط لوله، مشخص شود. در بیشتر موارد این روش بی اثر است [۴].

۴.۲. کاهش و یا چرخه فشار خط (جریان برگشتی فشار) [۴]

۴.۳. اندازه‌گیری فشار داخلی از طریق حسگرهای خارجی [۴]

۴.۴. اندازه‌گیری تغییرات افزایش قطر لوله

در این روش از وسیله‌ای استفاده می‌شود که افزایش قطر را در طول افزایش فشار خط لوله مشخص می‌کند. در صورتی که انسدادی در لوله وجود نداشته باشد، افزایش و کاهش فشار در خطوط لوله امکان اندازه‌گیری افزایش قطر در طول لوله را فراهم می‌کند. اگر افزایش تشخیص داده نشود یعنی شیئی بین منبع و محل اندازه‌گیری وجود دارد. برای تشخیص محل دقیق انسداد، این روش باید در هر دو سمت گرفتگی انجام شود. به این ترتیب طول توده نیز ممکن است به‌دست آید [۶].

۴.۵. روش‌های بررسی فشار

- کاهش فشار: این روش ساده‌ای است که از مزیت تخلخل هیدرات و نفوذپذیری گاز استفاده می‌کند و با کاهش فشار جریان پایین دستی و نظارت بر بازیابی فشار پایین دست و همچنین نرخ افزایش فشار بالا دست توده، باعث می‌شود که گاز از توده بگذرد.
- برگشت فشار: یکی از روش‌ها برای مکان‌یابی کامل انسداد خط لوله، اندازه‌گیری افزایش فشار مقدار گاز حبس شده که به سکو تزریق شده است، می‌باشد. نرخ افزایش فشار، متناسب با نرخ گاز ورودی، امکان تعیین طول لوله بین نقطه تزریق سکو و محل مسدود شده را می‌دهد.
- نوسانات فشار: زمان انتقال پالس فشار و پاسخ فرکانسی فشار، روش‌هایی است که برای موقعیت‌یابی توده هیدرات استفاده می‌شود. هر دو روش، شامل اندازه‌گیری زمان حرکت صدای موج و یا تغییرات فرکانس از سکو به محل انسداد است. هر چند این تجزیه تحلیل تا به امروز به دو دلیل زیر، موفق نبوده است:
 - پاسخ صوتی، تابع قوی از مقادیر نسبی گاز و مایع است که معمولاً مجهول‌اند و ممکن است بخشی از خط لوله را اشغال کرده باشند.
 - بازتاب پالس‌ها توسط دیواره‌ها، شیرها، خم‌ها و ... ضعیف می‌شوند [۴].

۵- نتیجه گیری

در این مقاله به بررسی سیستم‌های هشدار زود هنگام و روش‌های نوین مطرح شده در این زمینه پرداخته شد. اهمیت این سیستم‌ها در فراهم نمودن زمان کافی برای اقدام مناسب جهت توقف تشکیل هیدرات یا انجام روش‌های تجزیه هیدرات است. به این دلیل که روش‌های ازبین بردن هیدرات از نظر عملیاتی بسیار دشوار و همراه با صرف هزینه و وقت بسیار است. سپس روش‌های تشخیص محل انسداد هیدرات در دریا و خشکی مورد بررسی قرار گرفت. روش‌هایی مانند بازتاب سنجی صوتی، دوربین حرارتی، چگالی‌سنج پرتو گاما با حسگر دما، اندازه‌گیری افزایش قطر، کاهش یا چرخه فشار خط و ... به‌طور ایده‌آل، هر روش تشخیص انسداد باید سریع، دقیق و ارزان باشد و نباید با عملیات معمول خط لوله تداخل داشته باشد. دقت بالا، امکان استفاده در فواصل طولانی، عدم نیاز به خاموشی خط لوله، از جمله شاخصه‌هایی است که در انتخاب روش تشخیص انسداد هیدرات، مد نظر قرار می‌گیرد. روش بازتاب سنجی صوتی روشی نوین است و از آنجا که در خطوط لوله

خشکی و دریا و همچنین خطوط لوله با دسترسی محدود کاربرد دارد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از دیگر ویژگی‌های این روش عدم نیاز به خاموشی خط و تعیین دقیق محل توده هیدرات در خطوط طولانی است.

مراجع

- [1] Papadopoulou, K.A, Shamout, M.N, Lennox, B., Mackay, D., Taylor, A.R, Turner, J. T., Wang, X., "An evaluation of acoustic reflectometry for leakage and blockage detection", Proc. IMechE Vol. 222 Part C: J. Mechanical Engineering Science, 22 January 2008
- [2] Brower, D.V., "Real-time Flow Assurance Monitoring with Non-Intrusive Fiber Optic Technology", Offshore Technology Conference, May 2005.
- [3] Mazloum, S., Chapoy, A., Yang, J., Tohidi, B., "Developing a Robust Hydrate Early Warning System", Proceedings of the 7th International Conference on Gas Hydrates, July 2011.
- [4] "Flow Assurance - Special Focus on Hydrate Blockage", Petromin Pipe Liner, JAN-MAR 2011.
- [5] Wang, X., Short, G., Dawson, K., "Acoustic reflectometry for gas pipelines – monitoring features in gas pipelines using acoustek".
- [6] Wiczorek, S., "Leakage and Blockage Detection in Two-Phase Subsea Pipelines by Pressure Pulse Technology", Diploma Thesis, Norwegian University of Science and Technology, Department of Petroleum Engineering and Applied Geophysics, July 2003 Trondheim.