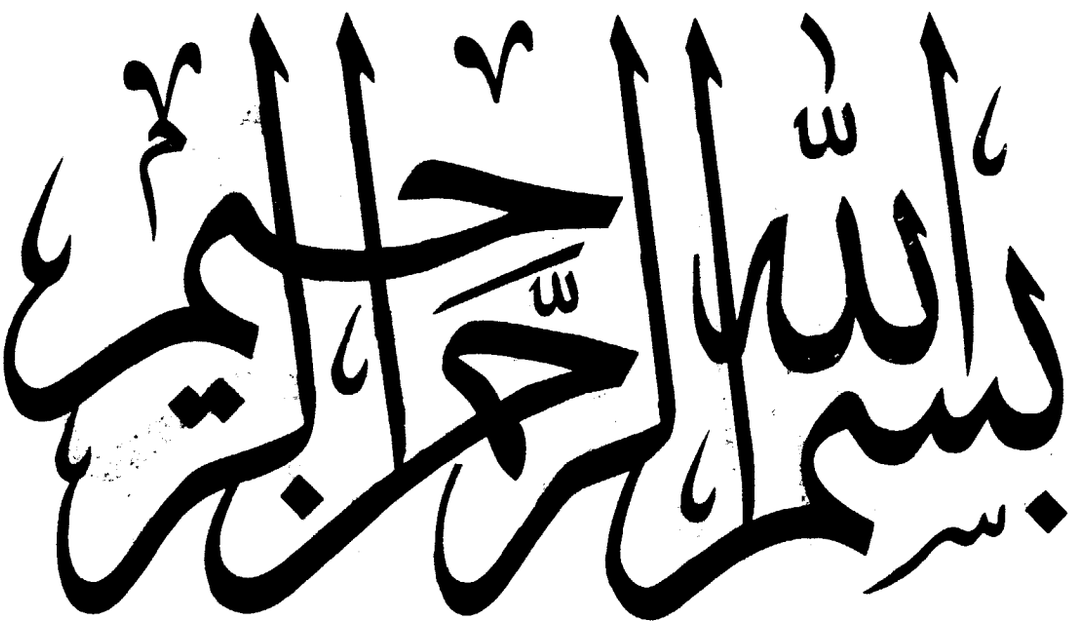

بسم الله الرحمن الرحيم

٩٠٧٠٢

دانشگاه علم و صنعت ایران

دانشکده مهندسی صنایع

بهینه‌سازی سیستم خط لوله نفت با رویکردهای برنامه‌ریزی هندسی و برنامه‌ریزی شبکه

محمد علی سعادت بخت

پایان‌نامه برای دریافت درجهٔ کارشناسی ارشد
در رشتهٔ مهندسی سیستمهای اقتصادی - اجتماعی

استاد راهنما :
دکتر ابراهیم تیموری

فروردین ۱۳۸۲

تقدیـــــم بـــه

مادر وپدرم،
بلقیس کردخلج و حبیب اله سعادت بخت؛

مادر وپدر همسرم،
معصومه میرمحمد حسین و نعمت اله کدخدائیان؛

و به ویژه همسرم،
فاطمه کدخدائیان؛ برای همه تشویقها و صبوریها.

چکیده

هزینه های سیستمهای بزرگ لوله کشی در صنایع نفت، گاز، آب، فاضلاب، فراورده های شیمیایی بسیار متنوع و گسترده هستند. برنامه ریزی و اجراء تمام فازهای پروژه های سیستمهایخط لوله حیاتی هستند. از این رو بهینه سازی سیستم خط لوله می تواند صرفه جو ییهای چشمگیر به همراه داشته باشد.

می خواهیم با رویکردهای برنامه ریزی غیر خطی به ویژه برنامه ریزی هندسی و نیز برنامه ریزی شبکه؛ قطر، ضخامت، گرید، وشبکه سیستم خط لوله نفت را بهینه سازی کنیم. برای این کار با استفاده از تئوریهای مکانیک شاره ها، پنج مدل مختلف ساخته ایم که برای حل آنها از تکنیکهای برنامه ریزیهای فوق کمک گرفته ایم .

واژه های کلیدی

برنامه ریزی شبکه، برنامه ریزی غیر خطی، برنامه ریزی هندسی، بهینه سازی، خط لوله، سایز، ضخامت، قطر، کمینه سازی، گرید، لوله کشی، نفت

سپاسگزاری

با تشکر از

استادان آقای دکتر تیموری(دانشکده صنایع) **برای تشویقهای ارزنده،**

آقای دکتراصغرپور(دانشکده صنایع) **و** آقای دکتر فرداد(دانشکده مکانیک) **برای** مشاوره های خوب. و آقای دکتر جولای قزوینی (دانشگاه تهران) **برای داوری** بزرگوارانه.

کارمندان وزارتخانه نفت آقای مهند س کوشا، آقای مهند س آل ابراهیم، آقای مهند س عیانی، و آقای مهندس اکبری.

مسئولان سایت کامپیوتر خانم رسایی، آقای استاد محمد،و آقای امامی(دانشکده صنایع) و خانم شیرازی(دانشکده مکانیک) **برای کمکهای فراوان.**

کتابداران خانم مهری و خانم مهرآیین (دانشکده صنایع).

تایپیستها خانم رحیمی، خانم فتحی، خانم رضازاده ، خانم نوین، خانم رجبی .

اعضاء خانواده همسرم وخانواده این جانب.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول –مسئله بهینه سازی سیستم خط لوله-	۱
کلیات سیستم خط لوله	
مقدمه	۱
۱-۱ مسئله بهینه سازی سیستم خط لوله	۱
۱-۱-۱ نکا ت تاریخی	۱
۱-۱-۲ اهمیت مسئله	۲
۱-۱-۲-۱ سرمایه‌گذاریها در خط لولهٔ نفت	۴
۱-۱-۳ تعریف مسئله	۵
۱-۲ کلیات سیستم خط لوله	۷
۱-۲-۱ مفاهیم اولیه	۷
۱-۲-۱-۱ سایز لوله	۷
۱-۲-۱-۲ ضخامت دیوارهٔ لوله	۸
۱-۲-۱-۳ رده‌بندی لوله کشی	۸
۱-۲-۱-٤ لوله‌کشی	۹
۱-۲-۲ کدها و استانداردهای لوله کشی	۹
۱-۲-۲-۱ رعایت کد	۱۰
۱-۲-۳ سیستمهای خط لولهٔ نفت مایع	۱۰
۱-۲-۴ رویکرد سیستمی در طراحی	۱۱
۱-۲-۴-۱ طراحی هیدرولیکی	۱۲
۱-۲-٤-۱-۱ انتخاب مسیر	۱۳
۱-۲-٤-۱-۲ پروفیل فراز - مسیر	۱۳

۱-۲-٤-۱-۳ پایهٔ طراحی ۱۴
۱-۲-٤-۱-٤ پارامترهای سیستم ۱۴
۱-۲-٤-۱-۵سیستمهای همدما ۱۵
۱-۲-٤-۱-۶ ویژگیهای شاره ۱۶
۱-۲-٤-۱-۷ اثرات سرعت ۱۶
۱-۲-٤-۱-۸ ماکزیمم فشار مجاز کارکرد (MAOP) ۱۷
۱-۲-٤-۱-۹ پروفیل MAOH ۱۸
۱-۲-٤-۱-۱۰ هیدرولیک گرادیان ۱۸
۱-۲-٤-۱-۱۱ نقطهٔ کنترل هیدرولیکی ۱۹
۱-۲-٤-۱-۱۲ ایستگاههای پمپ ۱۹
۱-۲-۴-۲ طراحی مکانیکی ۲۱
۱-۲-٤-۲-۱ ضخامت دیواره ۲۲
۱-۲-٤-۲-۲ قطر لوله ۲۲
۱-۲-٤-۲-۳ انتخاب پمپ ۲۲

فصل دوم - مرور ادبیات،مدلسازی ریاضی

مقدمه ۲۴
۲-۱ مرور ادبیا ت ۲۴
۲-۱-۱ بهینه‌سازی سیستمهای لوله تفنگی ۲۴
۲-۱-۲ ناحیهٔ مطلوب ۲۷
۲-۱-۳ هزینه‌های ثابت و جاری ۲۷
۲-۱-۴ طراحی شاره‌های غیرنیوتونی ۲۸
۲-۱-۵ بهینه‌سازی سیستم خط لولهٔ سطحی حوزهٔ نفتی ۳۰
۲-۱-۶ بهینه سازی عملیات خط لوله ۳۰
۲-۱-۷ تکنیکهای بهینه سازی شبکهٔ لوله ۳۱

۲-۱-۸ استراتژی طراحی بهینه ۳۲

۲-۱-۹ قابلیت اطمینان ۳۳

۲-۱-۱۰ بهینه سازی شبکه‌های درخت ۳۴

۲-۱-۱۱ شبکه‌های با طرح تثبیت شده ۳۴

۲-۱-۱۲ برنامه‌ریزی خطی ۳۵

۲-۱-۱۳ برنامه‌ریزی پویا ۳۶

۲-۱-۱۴ برنامه‌ریزی غیرخطی ۳۷

۲-۱-۱۵ شبکه‌های با طرح متغیر ۳۷

۲-۱-۱۶ بهینه‌سازی شبکه‌های حلقوی ۳۹

۲-۱-۱۶-۱ شبکه‌های حلقوی بدون قابلیت اطمینان ۳۹

۲-۱-۱۶-۲ شبکه‌های حلقوی با قابلیت اطمینان ۴۰

۲-۲ مدلسازی ریاضی ۴۳

۲-۲-۱ برنامه ریزی هندسی ۴۳

۲-۲-۱-۱ GP بدون محدودیت(نامقید)به صورت پازینومیال ۴۳

۲-۲-۱-۲ GP با محدودیت(مقید)به صورت پازینومیال ۴۵

۲-۲-۱-۳ GP با محدودیت(مقید)به صورت ساینومیال ۴۶

۲-۲-۲ برنامه ریزی شبکه ۴۸

۲-۲-۲-۱ آلگوریتم دیجکسترا ۴۸

فصل سوم – مدلسازی سیستم خط لوله

مقدمه ۵۰

۳-۱ مقایسهٔ تحلیل و طراحی ۵۰

۳-۲ تمایز بین تحلیل و طراحی ۵۱

۳-۳ مدل اول - بهینه سازی قطر لوله و تعیین تعداد خطهای لوله ۵۲

۳-۳-۱ صورت ۵۲

۳-۳-۲ مفروضات ۵۲

۳-۳-۳ داده‌ها ۵۳

۳-۳-٤ فرمولها ۵۳

۳-۳-۵ تابع هدف ۵۴

۳-٤ مدل دوم- بهینه‌سازی گرید وضخامت لوله ۵۶

ومکانیابی ایستگاه‌های پمپ

۳-٤-۱ صورت ۵۶

۳-٤-۲ مفروضات ۵۶

۳-٤-۳ داده‌ها ۵۷

۳-٤-٤ فرمولها ۵۷

۳-٤-۵ تابع هدف ۵۸

۳-۵ مدل سوم - بهینه سازی قطر ، گرید ، و ضخامت ۶۲

لوله ؛ و تعیین تعداد ایستگاه‌های پمپ

و مکانیابی آنها

۳-۵-۱ صورت ۶۲

۳-۵-۲ مفروضات ۶۳

۳-۵-۳ داده‌ها ۶۳

۳-۵-٤ فرمولها ۶۵

۳-۵-۵ تابع هدف ۶۶

۳-۵-۵-۱ مرحلهٔ اول ۶۶

۳-۵-۵-۲ مرحلهٔ دوم ۷۰

۳-۵-۵-۳ مرحلهٔ سوم ۷۳

۳-٦ مدل چهارم- بهینه‌سازی مختصات نقطهٔ جمع‌آوری‌کننده ۷۶

۳-٦-۱ صورت ۷۶

۳-٦-۲ مفروضات ۷۶

۳-٦-۳ داده‌ها ۷۶

۳-٦-٤ فرمولها ۷۶

۳-٦-٥ تابع هدف ۷۷

۳-۷ مدل پنجم - بهینه‌سازی مسیر خط لوله ۷۹

۳-۷-۱ صورت ۷۹

۳-۷-۲ حل با آلگوریتم دیجکسترا ۷۹

پیوست ۱ ۸۲

پیوست ۲ ۸۳

پیوست ۳ ۸۴

پیوست ٤ ۸۴

مرجع و کتابنامه ۸۵

فارسی ۸۵

انگلیسی ۸۷

فهرست شکلها و جدولها

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ سرمایه گذاریها در خط لوله نفت ۴
شکل ۱-۲ هزینه های ساخت لوله ۵
شکل ۱-۳ سیستم خط لوله ۵
شکل ۱-۴ پروفیل فراز مسیر خط لوله ۱۴
جدول ۳-۱ مقایسه تحلیل مهندسی و ضراحی مهندسی ۵۱
شکل ۳-۱ پروفیل فراز مسیر ۶۲
شکل ۳-۲ پروفیلهای فراز مسیر(e-x) ، MAOH و هیدرولیک گرادیان ۷۴
شکل ۳-۳ نقاط تولید و نقطه جمع آوری کننده ۷۶
شکل ۳-۴ شبکه مسیرها از A به I ۷۹

فصل اول

مسئله بهینه سازی سیستم خط لوله-کلیات سیستم خط لوله نفت

مقدمه

سیستم خط لوله تنوع زیادی دارد که ناشی از گستردگی نیاز جوامع بشری به سیستمهای مختلف خط لوله و پیشرفت تکنولوژی است. مسئله بهینه سازی سیستم خط لوله از اهمیت فراوانی بر خوردار است زیرا موجب کاهشهای قابل ملا حظه ای در هزینه های سیستم خط لوله می شود. پس از بیان مسئله، کلیاتی از مفاهیم ضروری سیستم خط لوله را با رویکرد سیستمی شرح می دهیم .

۱-۱ مسئله بهینه سازی سیستم خط لوله

۱-۱-۱ نکات تاریخی:

- چندین قرن است که از لوله‌ها برای حمل شاره‌ها استفاده می‌کرده‌اند.
- هزاران سال پیش چینی‌ها اولین افرادی بودند که از لوله‌های خیزران[۱] استفاده می‌کردند.
- لوله‌های سربی در پامپیی[۲] از زیرخاک درآورده شده است.
- در چند قرن بعد لوله‌های چوبی[۳] در انگلستان استفاده می‌شده است.
- اما با ظهور آهن بود که لوله‌های تحت فشار ساخته شد.
- لوله‌های چدنی درقرن نوزدهم به طور گسترده استفاده می‌شد و هم‌چنان از آنها استفاده می‌کنند.

---

۱. خیزران (bamboo) نوعی علف با ساقهٔ چوبی است که در مناطق معتدل و گرمسیری می روید.

۲. پامپیی (Pompeii) شهر قدیمی در جنوب شرقی شهر ناپل (Naples) در ایتالیاست.

3. wood-stave

- لوله‌های استیل در اواخر قرن بیستم معرفی شد که ساخت خطهای لولهٔ کوچک یا بزرگ را تسهیل می‌کرد.
- استفادهٔ افزایشی از استیلهای باگرید بالا و کارخانه‌های بزرگ نورد[1] امکان ساخت لوله‌هایی با قطرهای بیش از ۳متر با فشار کاری بیش از $۱۰^{۷}$ پاسکال را داده است.
- تکنیکهای جوشکاری تکمیل شده‌اند و امکان ساخت لوله‌های جوشکاری شده به صورت طولی، محیطی، یا پیچشی را داده‌اند.
- در حال حاضر بیش از ۲ میلیون کیلومتر خط لوله در سراسر جهان وجود دارد [استیفنسون، ۷۹] .

۱-۱-۲ اهمیت مسئله

در حدود صدور چهل سال قبل نخستین خط لولهٔ نفت خام به قطر ۵ سانتی متر و طول ۸ کیلومتر در دنیا ساخته و در نتیجهٔ آن هزینهٔ حمل در شبکهٔ نفت خام در طول این خط از ۳ دلار به ۱ دلار کاهش یافت [روحانی ،۹۰]. در ایران، نخستین خط لولهٔ نفت خام به قطر ۱۱ تا ۱۵ سانتی متر در سال ۱۲۹۰ از مسجد سلیمان به پالایشگاه آبادان ساخته شد و اولین خط لولهٔ فرآورده به قطر ۱۵ سانتی متر در سال ۱۳۲۳ لز پالایشگاه آبادان به اهواز احداث شد. پس از ملی شدن صنعت نفت در سال ۱۳۲۹ احدث خط لولهٔ سراسری در سال ۱۳۳۲ به تصویب رسید و به دلیل اهمیت خط لوله، شرکت لوله و مخابرات درسال ۱۳٤٦ تأسیس شد [عیانی۱۳].

سیستمهای لوله کشی بسیار متنوع هستند که عبارتند از سیستمهای آب، نفت، گاز، فرآیند. فاضلاب و سیلاب، گلاب و لجن، ساختمان، تبرید، هوای فشرده، خطرناک، ... سیستمهای لوله کشی در یک شهر جدید آب را از منابع آب به نقاط توزیع می رسانند، فاضلاب را از ساختمانهای مسکونی و تجاری و دیگر واحدهای شهری به نقطهٔ تخلیه یا تصفیه می رسانند. خطهای لوله نفت خام را از چاه های نفت به مخازن برای انبار یا به پالایشگاه ها برای پالایش می رسانند. خطهای حمل و توزیع، گاز طبیعی را از منبع یا مزارع مخزن به نقاط مصرف مانند کارخانهٔ برق، واحدهای صنعتی، و مجتمعهای تجاری و

---

1. rolling mill

مسکونی می رسانند. در کارخانه های شیمیایی، کارخان های کاغذسازی، کارخانه های مواد غذایی و دیگر تأسیسات صنعتی مشابه، از سیستمهای لوله کشی برای حمل مایعات، مواد شیمیایی، مخلوطها، گازها، بخارها، و جامدات از یک نقطه به نقطهٔ دیگر استفاده می کنند.

شبکه های لوله کشی آتش نشانی در ساختمان مسکونی، تجاری، صنعتی و غیره، مایعات خاموش کننده مانند آب، گازها، و مواد شیمیایی را برای حفاظت از جان و ملک حمل می کنند. سیستمهای لوله کشی در کارخانه های برق بخار با فشار و دمای زیاد را برای تولید برق حمل می کنند. سیستمهای لوله کشی دیگر در کارخانهٔ برق آب پرفشار و کم فشار، مواد شیمیایی، بخار کم فشار، و چگالیده[1] را منتقل می کنند. سیستمهای لوله کشی پیچیده برای فرآوری و حمل مواد خطرناک و سمی به کار می روند.

در تأسیسات بهداشتی، سیستمهای لوله کشی برای حمل گازها و مایعات برای مقاصد پزشکی حمل می کنند. سیستمهای لوله کشی در لابراتورها گازها، مواد شیمیایی، بخارها، و دیگر مایعات که برای تحقیق مهم هستند حمل می کنند. به اختصار، سیستمهای لوله کشی قسمتی ضروری و تفکیک ناپذیر از تمدن جدید هستند چنانکه سرخگها و سیاهرگها برای بدن ضروری هستند [نایار، ٦٧].

بی گمان ارزانترین و مطمئن ترین وسیله برای عمل مواد نفتی در خشکی ادامه است. اگر چه در آبراه ها کشتی های نفتکش از دیرباز مواد نفتی را حمل می کرده اند ولی احداث خطوط لوله در زیر آب رو به گسترش است.

مهمترین بخش طراحی یک خط لوله، بررسی اقتصادی آن است. اگر طرحی از نظر فنی به دقت بررسی شده باشد ولی از نظر اقتصادی ضعیف باشد یعنی منافع حاصل از طرح در مقایسه با هزینه های آن قابل توجه نباشد این طرح شایستگی اجراء و پیاده شدن را ندارد.

سرمایه گذاری در سیستم خط لوله و نیز هزینه های تعمیر و نگهداری در طول سالهای بهره برداری همیشه مورد نظر مدیران بوده است. از این رو بررسی اقتصادی طرح

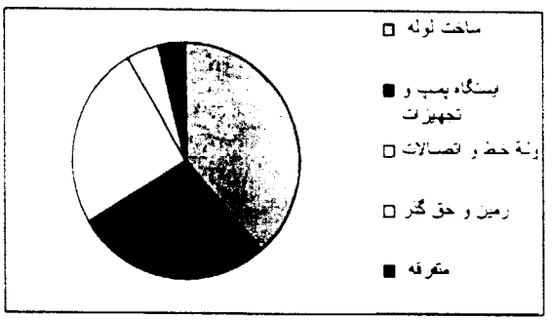
---

1. condensate

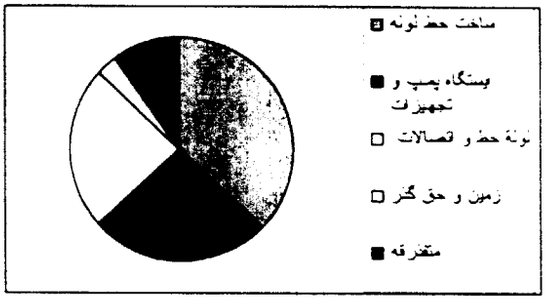
خط لوله و تعیین قطر و ضخامت لولهٔ مناسب و تعداد پمپهای لازم از اهمیت بسزایی برخوردار است.

۱-۱-۲-۱ سرمایه گذاریها در خط لوله نفت

ترو [۸۶] براساس گزارشهای سالانه کمپانی آمریکایی خط لولهٔ نفت به کمیسیون مقررات انرژی فدرال آمریکا[1] (FERC) در سال ۱۹۹۹ نمودارهای پای[2] سرمایه گذاریهای خط لولهٔ نفت را برای نفت خام و فرآورده ها رسم کرده است (شکل ۱-۱).وی بر همین اساس هزینه های ساخت خط لوله را رسم کرده است(شکل ۱-۲).



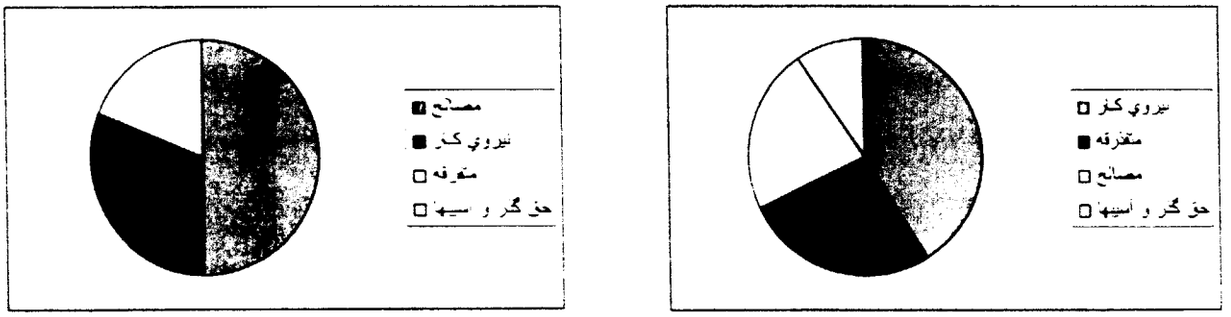
الف نفت خام



ب فرآورده

شکل۱-۱ سرمایه گذاریها در خط لولهٔ نفت. منبع: گزارشهای سالانه کمپانی آمریکایی خط لولهٔ نفت به FERC در سال ۱۹۹۹. *متفرقه شامل سیستمهای تحویل، مخابرات، تجهیزات اداری. وسائل نقلیه و دیگر تجهیزات.

1. US Federal Energy Regulatory Commision
2. Pie diagrams



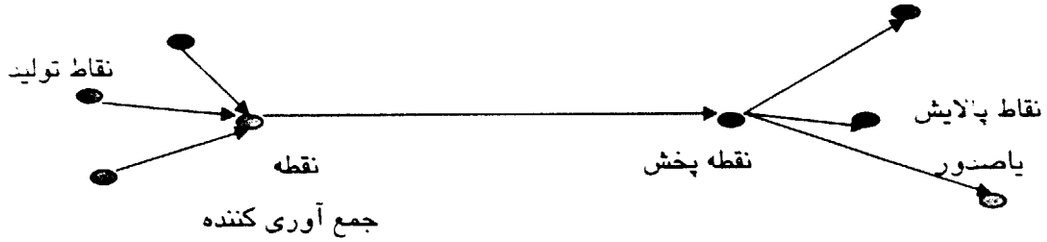
الف زمین

ب آب

شکل ۱-۲ هزینه های ساخت خط لوله. منبع: گزارشهای سالانه کمپانی آمریکایی خط لولهٔ نفت به FERC در سال ۱۹۹۹. * متفرقه شامل مساحی، مهندسی، نظارت، اداره، تنزیل ...

۱-۱-۳ تعریف مسئله

می‌خواهیم نفت خام را از چند نقطهٔ تولید به یک یا چند نقطهٔ پالایش یا صدور برسانیم. مسئله این است که نقطهٔ جمع‌اوری آنها را در کجا انتخاب کنیم و با چه لوله‌هایی (از نظر قطر، ضخامت ، و گرید) به این نقطه منتقل کنیم و آن را از چه مسیر یا مسیرهایی توسط یک یا چند خط لوله با چه قطرها ، ضخامتها ، وگریدهایی به نقطه یا نقاط مقصد به کمک چه پمپهایی (از نظر نوع ، آهنگ شارش تخلیه ، توان مصرفی ...) منتقل کنیم و د رصورت لزوم از یک یا چند مخزن با چه ظرفیتهایی و مکانهایی استفاده کنیم تا هزینه‌های طرح به مینی‌مم برسد(شکل ۱-۳).



شکل ۱-۳ سیستم خط لوله

متغیرها و پارامترهای فراوانی در این طراحی دخالت دارند که عبارتند از :

۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی نفت مانند چگالی ، ویسکوزیتی ، دما ، نقطهٔ ریزش ، نقطهٔ تبخیر ، فشار ، سرعت ، حالت شارش ، رژیم شارش ، ...

۲- مشخصات فیزیکی لوله‌ها ، اتصالات ، و شیرها از نظر طول ، ضخامت ، گرید ، خمیدگی ، قابلیت دسترسی ...

۳- مشخصات و روشهای جوشکاری لوله‌ها و اتصالات شیرها.

٤- مشخصات فیزیکی و شیمیایی پوششهای درونی و بیرونی دیوارهٔ لوله‌ها به منظور حفاظت از خوردگی ، فرسایش ، کاتدیک ، گرما و سرما ، ...

٥- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک ، سنگ و ... مسیر خط لوله برای عملیات مختلف حفاری برای لوله‌های زیرگذر و تکیه‌گاه‌ها برای لوله‌های روگذر.

٦- مشخصات جغرافیایی مسیر از نظر فراز ، گذر از رودخانه ، دریا ، باتلاق ، صحرا ، حق‌گذر . قابلیت دسترسی به ایستگاه‌های پمپ ، شیرها ، ...

۷- مشخصات فیزیکی پمپها ، موتورها ، توربینها ... از نظر توان ، نوع سوخت ، آهنگ شارش تخلیه و میزان تغییرپذیری آن ، بازده ، ارتفاع مکش ، ...

۸- حفاظت در برابر زمین لرزه.

۹- حفاظت در برابر خیزش.

۱۰- عملیات نگهداری و تعمیر.

۱۱- کنترل سیستم خط لوله.

۱۲- تأمین یکپارچگی فشار ، یکپارچگی نشت سیستم خط لوله.

۱۳- تنشهای مختلف طولی ، محیطی ، شعاعی ، ... اجزاء مختلف سیستم خط لوله.

۱٤- پیش بینی تغییرات آهنگ شارش مصرف در نقاط مقصد.

۱۵- نرخ بهره ، نرخ تورم ، مالیات.

۱-۲ کلیات سیستم خط لوله

۱-۲-۱مفاهیم اولیه

۱.۲.۱.۱ سایز لوله

یک لوله توسط هر دو ویژگی از سه ویژگی قطر بیرونی (OD) ، قطر درونی (ID)، و ضخامت دیواره (WT) مشخص می‌شود.

سیستم اولیهٔ سایز بندی

استاندارد	STD	IPS	سایز لوله آهنی
زیاد قوی یا سنگین	XH یا XS		
بسیار زیاد قوی یا سنگین	XXH یا XXS		

سیستم جدید سایز بندی

در این سیستم قطر بیرونی استاندارد شده است:

الف) سایز اسمی لوله (NPS) که به صورت NPS d نشان داده می‌شود.

d عدد نشانگر است که قطر بیرونی را به صورت تقریبی بر حسب اینچ نشان می‌دهد (البته واحد اینچ نوشته نمی‌شود.). مثلاً در لولهٔ NPS 2 قطر بیرونی آن برابر .in ۲/۳۷۵ است.

$d \le 12 \Rightarrow d < OD$

$d \ge 14 \Rightarrow d = OD$

مقادیر d گسسته و استاندارد هستند و کمترین مقدار آن برابر $\frac{1}{8}$و بیشترین مقدار آن برابر ۸۰ است. مقادیر d در جدول پی‌وست پ ۱ـ۱ آمده است.

ب) قطر اسمی (DN) این سیستم توسط سازمان استانداردهای بین‌المللی (ISO) تعیین شده است که با DN d' نشان داده می‌شود. d' عدد نشانگر است که قطر بیرونی را به صورت تقریبی برحسب میلی متر نشان می‌دهد (البته واحد میلی‌متر نوشته نمی‌شود). نشانگر قطر اسمی) d'(بیست و پنج برابر نشانگر سایز اسمی لوله (d) است یعنی$d' =25d$. کمترین مقدار آن برابر ٦ و بیشترین مقدار آن برابر ۲۰۰۰ است. مثلاً در لوله DN 50 قطر بیرونی mm ۳۲۵ ٦۰ است. مقادیر d' در جدول پیوست پ ۱-۱ آمده‌اند.

۱ـ۲-۱ـ۲ضخامت دیوارهٔ لوله

عدد برنامه[1] که با SCH نشان داده می‌شود یک عدد است یا یک عدد همراه حرف S (مخفف استیل ضدزنگ) است که مقدار تقریبی $1000\frac{SP}{AS}$ را نشان می‌دهد. SP علامت فشار سرویس و AS علامت تنش مجاز[2] است. مقادیر SCH در جدول پیوست پ ۱ـ۲ آمده‌اند.

$$SCH \approx 1000\frac{SP}{AS}$$

$$\begin{cases} SCH < 40 \\ NPS\ 10 \end{cases} \Longrightarrow$$ لوله تقریباً STD است.

$$\begin{cases} SCH < 80 \\ NPS\ 8 \text{ کوچکتر یا} \end{cases} \Longrightarrow$$ لوله تقریباً XS است.

۱ـ۲-۱ـ۳ رده بندی لوله کشی[1]

در صنعت متداول است که رده‌بندی لوله طبق سیستم درجه بندی فشار_دما که برای رده بندی بالها[1] به کار می‌رود باشد. درجه بندی لوله کشی باید توسط درجه بندی فشار_دمای

---

1. schedule number
2. allowable stress
1. piping class

ضعیف‌ترین جزء سیستم لوله کشی تعیین شود. مقادیر رده در جدول پ۱-۳ آمده‌اند (طبق ASME B16.5[1]). سازمان استانداردهای بین‌المللی (ISO) سیستم دیگری به نام فشاراسمی (PN) مشخص کرده است.مقاد یر رده (طبق ASME B 16.5) ومقادیر فشار اسمی پیوست در جدول پ۱-۳ آمده است.

۱-۲-۱-۴ لوله کشی

لوله کشی شامل لوله، بال، اتصال، پیچ مهره کاری[2]، واشر درزبند[3]، شیر، و قسمتهای فشاری است. و نیز شامل آویزه‌های[4] لوله، تکیه‌گاه‌های[5] لوله و دیگر اقلام برای جلوگیری از فشار و تنش بیش از حد است. بدیهی است که لوله یک قسمت از لوله کشی است. بنابراین وقتی قطعات لوله با اتصالات، شیرها، و دیگر تجهیزات مکانیکی به هم وصل می‌شوند و با آویزه‌ها و تکیه‌گاه‌ها نگهداشته می‌شوند، لوله‌کشی نامیده می‌شود [نایار ، ٦٨].

۱-۲-۲ کدها و استانداردهای لوله کشی

کدها معمولاً شرایط طراحی، مصالح، ساخت. نصب، تست، و بازرسی سیستمهای لوله‌کشی را مطرح می‌کنند و حال آنکه استانداردها شرایط و قواعد طراحی و ساخت اجزاء جداگانهٔ لوله کشی را مانند زانویی، تی، بال، شیر و دیگر اقلام در خط لوله را مطرح می‌کنند. رعایت کدها معمولاً توسط مقررات آژانسهای مربوطه الزامی هستند

کدها و استانداردهای مربوط به سیستمهای لوله‌کشی توسط سازمانهای مختلفی منتشر می‌شوند. این سازمانها کمیته‌هایی متشکل از نمایندگان مؤسسات صنعتی، تولید کنندگان، گروه‌های حرفه‌ای، مصرف کنندگان، آژانسهای دولتی، شرکتهای بیمه، و دیگر گروه‌های علاقمند دارند. این کمیته‌ها مسئول نگهداری، به روز کردن، و ویرایش کدها و

---

2. flange
3. American Standards of Mechanical Engineers
4. bolting
5. gasket
6. hanger
7. support