



راهنمای عیب‌یابی برای مهندسان فرآیند

دوره‌ای کامل به همراه مثال‌های
کاربردی و واژه‌نامه

نویسنده: پروفسور دونالد وودز
مترجم: مهندس امین زارعان

انتشارات اندیشه فاضل

سرشناسه	: وودز، دونالد آر، ۱۹۳۵-م.
عنوان و نام پدیدآور	: راهنمای عیب‌یابی برای مهندسان فرآیند/ آتالیف دونالد آر. وودز؛ ترجمه امین زارغان.
مشخصات نشر	: تهران: اندیشه فاضل/ نشر بیشه ۱۴۰۰
مشخصات ظاهری	: ۷۶۶ ص.مصور
شابک	: ۹۷۸-۶۲۲-۷۴۱۹-۰۸-۵
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا
یادداشت	: عنوان اصلی: Successful trouble shooting for process engineering: a complete course in case studies, ۲۰۰۵.
موضوع	: شیمی -- فرایندها -- کنترل
موضوع	: Chemical process control
موضوع	: Chemical processes
موضوع	: مواد شیمیایی -- کارخانه‌ها -- طراحی و ساخت
موضوع	: شیمی -- فرایندها
موضوع	: Chemical plants -- Design and construction
شناسه افزوده	: زارغان، امین، ۱۳۵۷، مترجم
رده بندی کنگره	: TP۱۵۵/۷۵
رده بندی دیویی	: ۶۶۰/۲۸۱۵
شماره کتابشناسی ملی	: ۷۵۶۵۹۷۴

www.bisheh-fazel.ir

تهران، میدان انقلاب، خیابان کارگر جنوبی، ابتدای خ روانمهر، ک دولتشاهی

پلاک ۱ واحد ۴ تلفن: ۰۱۸ ۶۶۹۵۴۰ - همراه: ۰۹۱۲۱۹۷۹۹۷۰

راهنمای عیب‌یابی برای مهندسان فرآیند

نویسنده	پروفسور دونالد وودز
ترجمه	مهندس امین زارغان
ناشر	اندیشه فاضل
ناشر همکار	بیشه
نوبت چاپ	اول - ۱۴۰۰
شمارگان	۵۰۰ نسخه
قیمت	۱۹۰۰۰۰ تومان
شابک	۹۷۸-۶۲۲-۷۴۱۹-۰۸-۵

کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.

هرگونه کپی‌برداری و تهیه جزوه از متن کتاب، استفاده از طرح روی جلد و عنوان کتاب جرم است و متخلفان طبق قانون حمایت از حقوق مؤلفان، مصنفان و هنرمندان تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرند

پیشگفتار

عیب‌یابی یکی از نقش‌های کلیدی در واحدهای فرآیند به شمار می‌آید و چیره دستی مهندسان در عیب‌یابی درست، بهنگام و ایمن مشکلات بر سود دهی واحدها بسیار اثرگذار است.

پیشنهاد می‌شود تمامی دانشجویان کارشناسی یک دوره عیب‌یابی بگذرانند. به گفته نویسندگان این کتاب، آموزش عیب‌یابی یکی از دوره‌های مورد پسند دانشجویان است. شاید یکی از علت‌هایی که عیب‌یابی کمتر شناخته شده است، کمبود کیس‌های عیب‌یابی برای فرآیندهای گوناگون، کم‌تجربگی دانشجویان درباره شیوه کارکرد تجهیزات یا شاید کمبود کارشناسان چیره‌دست در زمینه آموزش عیب‌یابی باشد. علت هرچه باشد، این کتاب بر آن است تا این کمبود را جبران کند و امیدوارم به کمک این کتاب بتوانید مهارت‌های عیب‌یابی‌تان را افزایش دهید. یکی از شیوه‌های مهارت‌یابی در زمینه عیب‌یابی، روش آزمون و خطا و تجربه‌آموزی با گذشت زمان است که شیوه‌ای زمان‌بر و ناکارا است اما این کتاب به‌گونه‌ای طراحی شده تا مهارت‌ها و خودباوری‌تان را در کوتاه‌ترین زمان افزایش دهد و راهنمای سفرتان باشد تا کارشناس عیب‌یاب برجسته‌ای شوید.

از آنجایی که مهارت‌یابی در زمینه عیب‌یابی نیازمند پژوهشی گسترده است، برنامه‌ای که برای مهارت‌یابی طراحی می‌شود باید این شانس را به شما بدهد تا مشکلات عیب‌یابی زیادی را بخوانید، درباره راهکارهای‌تان فکر کنید و برای پیشرفت‌تان هدف‌گذاری کنید. قلب این کتاب، ۵۲ کیس عیب‌یابی است که بشکلی ویژه طراحی شده است تا بنابر تجربه کاری‌تان، فرآیند دلخواه‌تان برگزینید. بازخوردهایی که در این کتاب آمده، برای ارزیابی راهکارهای شما است. در این کتاب برخی مهارت‌های هدف آورده شده و اقدامات و بازخوردهایی نیز در این باره پیشنهاد شده است. این کتاب فرآیندهای زیادی را پوشش می‌دهد و از شیوه‌های شناخته شده‌ای برای افزایش مهارت کمک گرفته است.

در فصل یک چکیده‌ای از انواع مشکلات عیب‌یابی آمده و به پنج مهارت کلیدی در عیب‌یابی اشاره شده است. در این فصل یک خودآزمایی برای شما طراحی شده تا پیش از خواندن این کتاب مهارت‌های‌تان را ارزیابی کنید و کاستی‌های‌تان را شناسایی کنید.

این کتاب بر مهارت‌یابی در زمینه فرآیند ذهنی حل مسئله نیز تکیه دارد، از این رو در فصل دو پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه ویژگی‌های عیب‌یاب چیره‌دست گردآوری شده و یک کاربرگ نیز طراحی شده تا بتوانید بر روی فرآیند عیب‌یابی، استنتاج، داده برداری و تصمیم‌گیری تمرکز کنید. در فصل چهار نیز راهکارهای پنج مهندس در رویارویی با مشکلاتی واقعی در صنعت گفته شده است، در طی تشریح اقدامات این پنج مهندس به شما این مجال داده می‌شود تا به راهکار خود بیندیشید و راهکار این مهندسان را نیز نقد کنید.

هسته مرکزی این کتاب فصل هشتم است. در این فصل کیس‌های گوناگون عیب‌یابی آورده شده تا بتوانید به کمک آنها مهارت‌های خود را افزایش دهید. در این فصل از شما خواسته می‌شود تا از میان سی اقدامی که پیش روی شما است، اقداماتی را برگزینید. این اقدامات کدگذاری شده و شما می‌توانید پاسخ هریک از آنها را در پیوست D ببینید، بازخورد این فرآیند نیز در پیوست E آمده است. در این پیوست راهکار کارشناسان عیب‌یاب زبردست نیز آورده شده است. پیچیدگی کیس‌های این کتاب رتبه‌بندی شده است تا بتوانید کارتان

را با کیس‌هایی ساده آغاز کنید و با پیشرفت مهارت‌های عیب‌یابی‌تان، به بررسی کیس‌های پیچیده‌تر پردازید. این کیس‌ها از دیدگاه نوع فرآیندها نیز دسته‌بندی شده‌اند تا بتوانید فرآیندی را برگزینید که در آن تجربه دارید.

از آنجایی که این کتاب سرشار از واژه‌های فنی است، در پایان واژه‌نامه‌ای به پارسی و انگلیسی در اختیار شما گذاشته شده تا با واژه‌های این کتاب آشنا شوید، در بخش آخر این کتاب نیز فهرست واژه‌های کلیدی آورده شده که کمتر در کتاب‌های برگردان شده دیده می‌شود. به کمک این بخش می‌توانید هر زمینه‌ای که در این کتاب آمده را به آسانی بیابید.

این کتاب برگرفته از تجربیات، دوره‌های آموزشی و کنفرانس‌هایی است که زنده‌یاد پرفسور وودز برگزار کرده است و سرشار است از تجربیات ارزشمند ایشان است، روحشان شاد.

برای برگردان این کتاب تلاش بسیار زیادی کردم و کوشیدم تا متنی روان داشته باشد، در این راه از دوستانم در رشته‌های گوناگون مهندسی کمک گرفتم که از تک‌تک آنها سپاسگزاری می‌کنم. امیدوارم این کتاب دیدگاه شما را در زمینه عیب‌یابی گسترش دهد.

امین زارعان

اسفند ۱۳۹۹

پیشکش به:

ہمسرو فرزند ان دلہندم

فهرست مطالب

فصل اول: مفهوم عیب یابی.....	۱۵
۱-۱ ماهیت مسائل عیب یابی.....	۱۶
۱-۱-۱ شباهت‌های مسائل عیب یابی.....	۱۶
۱-۱-۲ تفاوت‌های میان مسائل عیب یابی.....	۱۷
۲-۱ ویژگی‌های فرآیند بکاررفته در حل مسائل عیب یابی.....	۱۷
۱-۲-۱ چگونه نوع مشکل، فرآیند عیب یابی یا استراتژی را هدایت می‌کند.....	۱۸
۲-۲-۱ پنج رکن مشترک در فرآیند عیب یابی.....	۱۹
۳-۱ خودآزمایی و بازتاب‌ها.....	۲۰
۴-۱ نگاهی کلی به کتاب.....	۲۴
۵-۱ چکیده.....	۲۴
۶-۱ بررسی چند کیس.....	۲۴
فصل دوم: فرآیند ذهنی حل مسئله در عیب یابی.....	۳۱
۱-۲ حل مسئله.....	۳۴
۲-۲ عیب یابی.....	۳۸
۱-۲-۲ چگونگی انتخاب استراتژی حل مسائل عیب یابی.....	۳۸
۲-۲-۲ فرآیندهای حل مسئله که کارشناسان عیب یاب زبده بکار می‌گیرند.....	۳۹
۳-۲-۲ گردآوری و تحلیل داده‌ها: راهکار پیشنهادی برای بررسی نظریه‌ها.....	۴۰
۳-۲ گزیده از مهارت‌های اصلی و یک کاربرگ.....	۴۱
۱-۳-۲ سامان‌دهی به کمک کاربرگ عیب یابی.....	۴۱
۲-۳-۲ بازخورد عیب یابی.....	۴۵
۴-۲ نمونه‌ای از کاربرگ عیب یابی.....	۵۲
۵-۲ جمع بندی.....	۵۹
۶-۲ بررسی چند کیس.....	۵۹
فصل سوم: قوانین سرانگشتی عیب یابی.....	۶۱
۱-۳ قوانین سرانگشتی.....	۶۱
۱-۱-۳ قوانین کلی سرانگشتی و دلایل رایج.....	۶۱
۲-۱-۳ خوردگی، عاملی مشکل ساز.....	۶۳
۳-۱-۳ تجهیزات ابزار دقیق، ولوها و کنترل کننده‌ها.....	۶۴

- ۴-۱-۳ قوانین سرانگشتی درباره افراد..... ۶۵
- ۵-۱-۳ عیب‌یابی گروه‌ها..... ۶۷
- ۲-۳ مشکلات انتقال..... ۷۱**
- ۱-۲-۳ تجهیزات افزایش فشار سیالات گازی..... ۷۱
- ۲-۲-۳ تجهیزات خلأ سیالات گازی..... ۷۲
- ۳-۲-۳ مایع..... ۷۳
- ۴-۲-۳ جامدات..... ۷۶
- ۵-۲-۳ بخار..... ۷۹
- ۳-۳ تبادل انرژی..... ۷۹
- ۱-۳-۳ موتورها..... ۷۹
- ۲-۳-۳ انرژی گرمایی: کوره‌ها..... ۸۱
- ۳-۳-۳ انرژی گرمایی: مبدل‌های حرارتی، کندانسورها و جوش‌آورها..... ۸۲
- ۴-۳-۳ انرژی گرمایی: تبرید..... ۸۹
- ۵-۳-۳ انرژی گرمایی: تولید بخار..... ۸۹
- ۶-۳-۳ انتقال حرارت در سیالات دمابالا..... ۹۰
- ۴-۳ جداسازی فاز همگن..... ۹۰**
- ۱-۴-۳ تبخیر..... ۹۱
- ۲-۴-۳ تقطیر..... ۹۳
- ۳-۴-۳ کریستالیزاسیون محلولی..... ۹۷
- ۴-۴-۳ جذب گاز..... ۹۸
- ۵-۴-۳ واجذب/تهی‌سازی گاز..... ۱۰۱
- ۶-۴-۳ استخراج حلالی (SX)..... ۱۰۲
- ۷-۴-۳ جذب سطحی: گاز..... ۱۰۳
- ۸-۴-۳ جذب سطحی: مایع..... ۱۰۴
- ۹-۴-۳ تبادل یونی..... ۱۰۴
- ۱۰-۴-۳ غشاءها: اسمز معکوس (RO)..... ۱۰۵
- ۱۱-۴-۳ غشاء: نانو فیلتراسیون..... ۱۰۶
- ۱۲-۴-۳ الترافیلتراسیون (UF) و میکروفیلتراسیون..... ۱۰۶
- ۵-۳ جداسازی‌های ناهمگن..... ۱۰۶**
- ۱-۵-۳ گاز-مایع..... ۱۰۶
- ۲-۵-۳ گاز-جامد..... ۱۰۸

- ۱۱۰..... ۳-۵-۳ مایع-مایع.....
- ۱۱۲..... ۴-۵-۳ جداکننده‌های گاز-مایع-مایع.....
- ۱۱۳..... ۵-۵-۳ خشک‌کن برای جدایش گاز جامد.....
- ۱۱۴..... ۶-۵-۳ صافی‌ها برای جدایش جامد از مایع یا آب‌زدایی.....
- ۱۱۴..... ۷-۵-۳ ته‌نشین‌کننده‌ها برای جدایش جامد از مایع.....
- ۱۱۴..... ۸-۵-۳ هیدروسیکلون‌ها برای جدایش جامد از مایع.....
- ۱۱۴..... ۹-۵-۳ تیکنر برای جداسازی جامد از مایع.....
- ۱۱۵..... ۱۰-۵-۳ سانتریفوژهای ترسیبی.....
- ۱۱۶..... ۱۱-۵-۳ سانتریفوژ فیلتردار.....
- ۱۱۶..... ۱۲-۵-۳ فیلتر جداکننده جامد از مایع.....
- ۱۱۶..... ۱۳-۵-۳ غربال‌ها برای جداسازی جامد- جامد.....
- ۱۱۶..... ۶-۳ مشکلات رآکتورها.....**
- ۱۱۷..... ۱-۶-۳ رآکتور پلاگ لوله‌ای: رآکتور چندتیوبه بسترثابت کاتالیستی غیر آدیاباتیک.....
- ۱۲۰..... ۲-۶-۳ رآکتور پلاگ لوله‌ای: کاتالیستی بسترثابت آدیاباتیک در مخزن.....
- ۱۲۳..... ۳-۶-۳ رآکتورهای پلاگ لوله‌ای: رآکتورهای حباب‌زا، برج‌های سینی‌دار همراه با واکنش.....
- ۱۲۳..... ۴-۶-۳ رآکتور پلاگ لوله‌ای: رآکتورهای پرشده.....
- ۱۲۴..... ۵-۶-۳ رآکتور پلاگ لوله‌ای: رآکتور قطره‌چکانی.....
- ۱۲۵..... ۶-۶-۳ رآکتور پلاگ لوله‌ای: لایه فیلمی نازک.....
- ۱۲۶..... ۷-۶-۳ رآکتور مخزنی همزن‌دار: فرآیند بچ (آمیخته‌شدن محصول با خوراک).....
- ۱۲۸..... ۸-۶-۳ رآکتورهای مخزنی همزن‌دار: نیمه‌بچ.....
- ۱۲۹..... ۹-۶-۳ رآکتورهای مخزنی همزن‌دار پیوسته: همزن مکانیکی (آمیخته‌شدن محصول با خوراک).....
- ۱۳۱..... ۱۰-۶-۳ رآکتور مخزنی همزن‌دار: بسترسیال (آمیخته‌شدن محصول با خوراک).....
- ۱۳۸..... ۱۱-۶-۳ ترکیب رآکتور همزن‌دار مخزنی با رآکتور پلاگ لوله‌ای دارای جریان برگشتی.....
- ۱۳۸..... ۱۲-۶-۳ اکستروژن همراه با واکنش.....
- ۱۳۹..... ۷-۳ مشکلات همزن.....**
- ۱۳۹..... ۱-۷-۳ همزدن مکانیکی مایعات.....
- ۱۳۹..... ۲-۷-۳ هم‌زدن مکانیکی مایع- جامد.....
- ۱۳۹..... ۳-۷-۳ آمیختن جامدات.....
- ۱۴۱..... ۸-۳ مشکلات کاهش اندازه.....**
- ۱۴۱..... ۱-۸-۳ پخش گاز در مایع: برج‌های حباب‌زا.....
- ۱۴۱..... ۲-۸-۳ پخش گاز در مایع: برج‌های بستر پرشده.....

- ۳-۸-۳ پخش گاز در مایع: مخازن همزن‌دار..... ۱۴۲
- ۳-۹ افزایش اندازه ۱۴۲
- ۳-۹-۱ افزایش اندازه در فاز گاز- مایع، دمیسترها..... ۱۴۲
- ۳-۹-۲ افزایش اندازه در فاز مایع-مایع، جداکننده‌های سیالات دوفازی..... ۱۴۲
- ۳-۹-۳ افزایش اندازه جامد در مایع، لخته‌سازی یا لخته‌شدن..... ۱۴۳
- ۳-۹-۴ افزایش اندازه مواد جامد، قرص‌سازی..... ۱۴۳
- ۳-۹-۵ افزایش اندازه مواد جامد، پلت‌سازی..... ۱۴۴
- ۳-۹-۶ بهبود اندازه و شکل مواد جامد، قالب‌گیری تزریقی و اکسترودرها..... ۱۴۴
- ۳-۹-۶-۱ تجهیزات قالب‌گیری تزریقی..... ۱۴۴
- ۳-۹-۶-۲ اکسترودرهای ویژه پلیمر..... ۱۵۴
- ۳-۹-۷ پوشش‌دهی..... ۱۶۱
- ۳-۱۰ مخازن، ظروف، هاپرها و تانک‌های ذخیره‌سازی..... ۱۶۲
- ۳-۱۱ تفکر سیستمی..... ۱۶۲
- ۳-۱۲ سلامت، آتش‌گیری و پایداری مواد..... ۱۶۶
- ۳-۱۲-۱ مواد بشکل جداگانه..... ۱۶۶
- ۳-۱۲-۲ ترکیب مواد با یکدیگر..... ۱۶۸
- فصل چهارم: مثال‌هایی از عیب‌یابی حین فرآیند..... ۱۶۹
- ۴-۱ کیس #۳: نوسانات مداوم در برج..... ۱۶۹
- ۴-۲ کیس #۴: آتش‌سوزی در واحد پلتفرم..... ۱۷۵
- ۴-۳ کیس #۵: پمپ اسیدسولفوریک..... ۱۷۷
- ۴-۴ کیس #۶: خشک‌کن بخش تأسیسات جانبی..... ۱۸۲
- ۴-۵ کیس #۷: ناپایداری کریستالایزر تحت خلأ..... ۱۹۵
- ۴-۶ بازخوردهایی برای مثال‌ها..... ۲۰۱
- فصل پنجم: مهارت‌یابی در فرآیند حل مسئله..... ۲۰۳
- ۵-۱ افزایش آگاهی درباره فرآیند حل مسئله..... ۲۰۳
- ۵-۱-۱ برخی مهارت‌های هدف..... ۲۰۳
- ۵-۱-۲ نقش‌های TAPPS: نقش شنونده و گوینده..... ۲۰۴
- ۵-۱-۳ فعالیت ۱-۵ (بمدت ۳۵ دقیقه)..... ۲۰۶
- ۵-۱-۴ بازخورد و خودارزیابی..... ۲۱۰

۲۱۲	..... ۲-۵ استراتژی‌ها
۲۱۳	..... ۱-۲-۵ برخی مهارت‌های هدف
۲۱۴	..... ۲-۲-۵ نقش‌های گسترش‌یافته مدل TAPPS : نقش‌های اضافی گوینده + و شنونده +
۲۱۵	..... ۳-۲-۵ فعالیت ۲-۵: (بمدت ۳۵ دقیقه)
۲۱۹	..... ۴-۲-۵ باز خورد، خودارزیابی
۲۲۰	..... ۳-۵ کاوش "بطن مشکل": مشکل اصلی چیست؟
۲۲۲	..... ۴-۵ نوآوری
۲۲۲	..... ۱-۴-۵ برخی مهارت‌های هدف
۲۲۷	..... ۲-۴-۵ نمونه‌ای از شیوه بکارگیری انگیزنده‌های ذهنی
۲۳۲	..... ۳-۴-۵ فعالیت ۴-۵ درباره انگیزنده‌های ذهنی
۲۳۳	..... ۴-۴-۵ باز خورد، خودارزیابی
۲۳۴	..... ۵-۵ خودارزیابی
۲۳۴	..... ۱-۵-۵ برخی مهارت‌های هدف
۲۳۴	..... ۲-۵-۵ اقداماتی برای خودارزیابی بهتر
۲۳۵	..... ۳-۵-۵ باز خورد درباره ارزیابی
۲۳۶	..... ۶-۵ جمع‌بندی و خودآزمایی
۲۳۹	..... فصل ششم: جلادادن مهارت‌های داده‌برداری و فرآیند تفکر موشکافانه
۲۳۹	..... ۱-۶ مهارت‌های فکری: چگونگی گزینش اقدامات تشخیصی درست
۲۴۰	..... ۱-۱-۶ چگونگی برگزیدن اقدامی تشخیصی
۲۴۰	..... ۲-۱-۶ گزینش از میان گستره‌ای از اقدامات تشخیصی
۲۴۵	..... ۳-۱-۶ نکاتی بیشتر درباره داده‌برداری و تفسیر داده‌ها
۲۴۵	..... ۱-۳-۱-۶ راهکارهای انتخاب و طراحی آزمایش‌ها برای آزمودن نظریه‌ها
۲۴۸	..... ۲-۳-۱-۶ ابزارهای داده‌برداری
۲۴۹	..... ۳-۳-۱-۶ پیش‌داوری‌های شخصی و سبک رفتاری افراد در گردآوری شواهد و نتیجه‌گیری‌ها
۲۵۵	..... ۴-۱-۶ جمع‌بندی
۲۵۵	..... ۲-۶ مهارت‌های فکری برای هماهنگی در تعاریف، روابط علت‌ومعلولی و اصول پایه‌ای
۲۵۵	..... ۱-۲-۶ هماهنگی در بکارگیری تعاریف
	..... ۲-۲-۶ هماهنگی در شیوه کاری تجهیزات: روابط علت‌ومعلولی و جداسازی نشانه‌ها از دلایل اصلی
۲۵۹	.....
۲۶۴	..... ۳-۲-۶ هماهنگی میان قوانین پایه‌ای ریاضی با زبان پارسی

- ۴-۲-۶ هماهنگی با مبانی پایه‌ای علوم: موازنه جرم و انرژی، توزیع فشار، ویژگی‌های مواد..... ۲۶۵
- ۵-۲-۶ هماهنگی با تجربیات..... ۲۶۵
- ۶-۲-۶ جمع‌بندی..... ۲۶۵
- ۳-۶ مهارت‌های فکری برای دسته‌بندی..... ۲۶۶
- ۱-۳-۶ دسته‌بندی اطلاعات ابتدایی..... ۲۶۶
- ۲-۳-۶ دسته‌بندی ایده‌های برآمده از طوفان فکری..... ۲۶۷
- ۴-۶ مهارت‌های فکری برای شناسایی الگوها..... ۲۶۷
- ۱-۴-۶ شناسایی الگوها در نشانه‌ها..... ۲۶۸
- ۲-۴-۶ شناسایی الگوها در شواهد..... ۲۷۰
- ۵-۶ مهارت‌های فکری برای استدلال..... ۲۷۰
- ۱-۵-۶ گام ۱: دسته‌بندی اطلاعات..... ۲۷۱
- ۲-۵-۶ گام ۲: درج نتیجه‌گیری..... ۲۷۲
- ۳-۵-۶ گام ۳: شناسایی داشته‌ها..... ۲۷۲
- ۴-۵-۶ گام ۴: روشن‌سازی معنای واژه‌های ناآشنا..... ۲۷۳
- ۵-۵-۶ گام ۵: بررسی شواهد..... ۲۷۴
- ۶-۵-۶ گام ۶: بیان روشن فرضیات..... ۲۷۷
- ۷-۵-۶ گام ۷: ارزیابی کیفیت استدلال..... ۲۷۸
- ۸-۵-۶ گام ۸: ارزیابی میزان جدیت نظرات مخالف..... ۲۸۰
- ۹-۵-۶ گام ۹: ارزیابی دستاوردها و پیامدها..... ۲۸۰
- ۱۰-۵-۶ فعالیت ۱۴-۶..... ۲۸۰
- ۶-۶ بازخورد و خودارزیابی..... ۲۸۰
- ۷-۶ جمع‌بندی..... ۲۸۱
- ۸-۶ تمرین‌ها..... ۲۸۲
- فصل هفتم: بهبود مهارت‌های روابط بین فردی و فاکتورهای اثرگذار بر عملکرد افراد..... ۲۸۵
- ۱-۷ مهارت‌های روابط بین فردی..... ۲۸۵
- ۱-۱-۷ ارتباط..... ۲۸۵
- ۲-۱-۷ شنیدن..... ۲۸۶
- ۳-۱-۷ اصول تعامل..... ۲۸۸
- ۴-۱-۷ اعتماد..... ۲۸۹
- ۵-۱-۷ مبنا قراردادن شخصیت یکتای افراد..... ۲۹۱

۲۹۲	۲-۷ فاکتورهای اثرگذار بر عملکرد فردی.....
۲۹۳	۱-۲-۷ غرور و نپذیرفتن خطا.....
۲۹۴	۲-۲-۷ استرس: خطاهای استرس زیاد و کم.....
۲۹۷	۳-۲-۷ طردشدن و کمبود انگیزه.....
۲۹۸	۴-۲-۷ نگرش "من از همه بیشتر می‌دانم".....
۲۹۸	۵-۲-۷ تمایل به تفسیر.....
۳۰۱	۳-۷ محیط.....
۳۰۳	۴-۷ جمع‌بندی.....
۳۰۳	۵-۷ تمرین‌ها و فعالیت‌ها.....
۳۰۷	فصل هشتم: یکپارچه‌سازی، راهکاری برای پیشرفت.....
۳۰۷	۱-۸ راهکارهایی برای جلادادن مهارت.....
۳۰۷	۱-۱-۸ فعالیت سه‌نفره.....
۳۱۰	۲-۱-۸ فعالیت تکی.....
۳۱۱	۲-۸ کیس‌هایی برای جلادادن مهارت.....
۳۱۱	۱-۲-۸ راهنمای انتخاب کیس.....
۳۱۲	۲-۲-۸ چگونگی انتخاب اقدامات تشخیصی برای هر کیس.....
۴۸۰	۳-۸ جمع‌بندی.....
۴۸۲	گام بعدی چیست؟.....
۴۸۲	۱-۹ جمع‌بندی نکات برجسته.....
۴۸۶	۲-۹ بازتاب و خودارزیابی، دو عامل کلیدی در افزایش خودباوری.....
۴۸۷	۳-۹ گامی فراتر از این کتاب: هدف‌گذاری‌هایی برای پیشرفت.....
۴۸۷	۱-۳-۹ برای موفقیت آماده شوید.....
۴۸۸	۲-۳-۹ بکارگیری درست بازتاب و خودارزیابی.....
۴۸۸	۴-۹ فراتر از این کتاب: بروز کردن دانش تان درباره قوانین سرانگشتی نشانه ناشی از دلیل برای تجهیزات فرآیندی.....
۴۸۸	۵-۹ فراتر از این کتاب: منابع و کیس‌های دیگر.....
۴۹۰	فهرست منابع.....
۴۹۶	پیوست A.....

۵۰۰	پیوست B
۵۰۷	پیوست C
۵۲۱	پیوست D
۶۶۲	پیوست E
۶۹۲	پیوست F
۶۹۶	پیوست G
۶۹۹	پیوست H
۷۰۵	پیوست I
۷۰۶	پیوست J
۷۱۸	واژه‌نامه پارسی به انگلیسی
۷۳۳	واژه‌نامه انگلیسی به پارسی
۷۴۸	فهرست واژه‌های کلیدی

فصل اول: مفهوم عیب‌یابی

در کشورهای پیشرفته، واحدهای فرآیندی نزدیک به ۲۸ روز کار می‌کنند تا از پس هزینه‌هایشان برآیند و ۲ روز باقی‌مانده در ماه سود آنها به شمار می‌آید. پس اگر فرآیندی برای پنج روز تولیدی نداشته باشد، واحد نه‌تنها هیچ سودی بدست نمی‌آورد بلکه هزینه‌های خود را نیز پوشش نمی‌دهد، از این رو مهندسین باید بی‌درنگ و به درستی عیب ایجاد شده در فرآیند را برطرف کنند. بروز خرابی گاهی در زمان راه‌اندازی، گاهی پس از انجام برنامه نگهداری دوره‌ای و گاهی هم به شکل پیش‌بینی نشده و در حین فرآیند رخ می‌دهد.

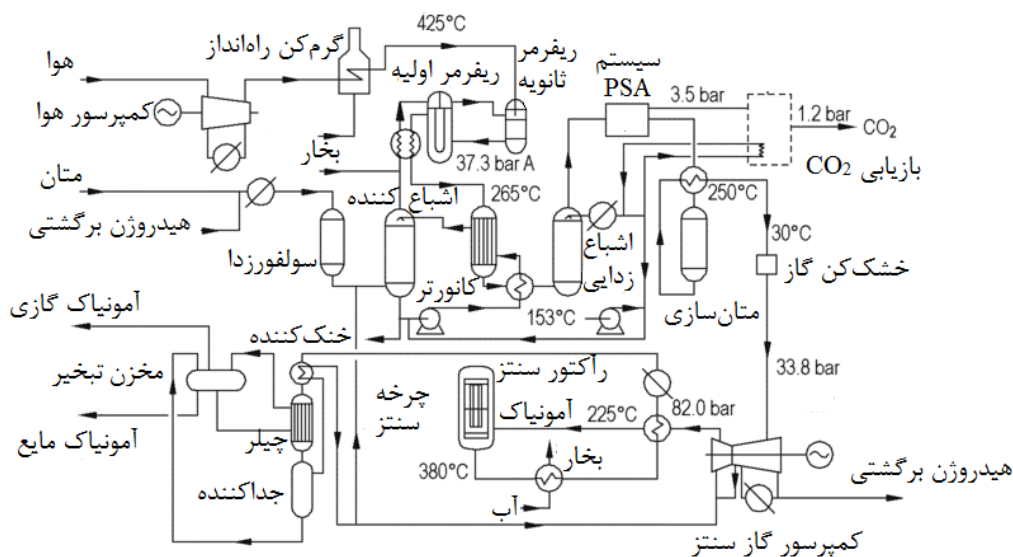
عیب‌یابی (که TS^۱ نامیده می‌شود) زمانی انجام می‌شود که رخدادی ناخواسته پیش‌آید و برای برطرف کردن آن نیاز به انجام اقدامی اصلاحی باشد. این مشکل در گوشه‌ای از یک سیستم رخ می‌دهد و باید بدانید که این سیستم نیز دارای بخش‌های گوناگون بهم پیوسته است که نیروی انسانی آن را کنترل می‌کند. در فرآیند عیب‌یابی یکی از اقدامات اصلاحی زیر را می‌توان پیش‌گرفت:

- اجرای دستورالعمل‌های توقف اضطراری.
 - نادیده گرفتن شرایط، تا سیستم به شکل خودکار ایراد پیش‌آمده را برطرف کند.
 - هدایت سیستم به سمت "ایمن‌سازی"، تشخیص و برطرف کردن مشکل و جلوگیری از بروز دوباره آن.
 - تشخیص و برطرف کردن مشکل ایجاد شده هم‌زمان با بهره‌برداری تا فرآیند در شرایط کاری و بدون توقف به کار خود ادامه دهد.
- برای آشنایی با مسائل عیب‌یابی، دو کیس زیر را بخوانید.

کیس #۱

هنگام راه‌اندازی رآکتور سنتز آمونیاک این اقدامات انجام شد: ولوهای ورودی و خروجی گرم‌کن راه‌انداز باز شدند، چرخه سنتز هم‌فشار شد، ولوهای ورودی بخش پرفشار کمپرسور گاز سنتز باز شدند و شدت شعله گرم‌کن راه‌انداز افزایش داده شد. در این شرایط، فشار سوخت از ۷۵ kPa فراتر نمی‌رود و با افزایش فشار سوخت، صدای انفجار شنیده می‌شود. دمای گاز فرآیندی نیز تنها ۶۵ °C است. شکل ۱-۱ نمایی از این فرآیند را نشان می‌دهد. شما در این شرایط چه می‌کنید؟

^۱ Troubleshooting



شکل ۱-۱: نمایی از فرآیند سنتز آمونیاک^۱

کیس #۲

لوله خروجی مخزن ذخیره‌سازی آمونیاک در فاصله بین مخزن تا ولو ترک خورده است و آمونیاک با دمای 33°C - بشکلی مهارناپذیر بر روی زمین پخش می‌شود. شما در این شرایط چه می‌کنید؟ اگر بخواهیم مفهوم عیب‌یابی را در جمله‌ای بگنجانیم باید چنین بگوییم: عیب‌یابی فرآیندی است برای تشخیص مشکل بشکل ایمن و کارساز، انتخاب اقدام اصلاحی مناسب و جلوگیری از بروز دوباره آن. در این بخش از کتاب نگاهی گذرا خواهیم داشت بر ماهیت مسائل عیب‌یابی، فرآیند عیب‌یابی و تفکر "سیستمی" بکارگرفته برای برطرف کردن مشکل و در ادامه نیز نگاهی کلی خواهیم داشت به بخش‌های مختلف این کتاب.

۱-۱ ماهیت مسائل عیب‌یابی

مسائل عیب‌یابی چهار ماهیت مشترک دارند اما جدیدیت و زمان بروز آنها متفاوت است، ریز این موارد در ادامه آمده است.

۱-۱-۱ شباهت‌های مسائل عیب‌یابی

چهار ماهیت مشترک مسائل عیب‌یابی از این قرارند:

- الف) بروز نشانه‌هایی از انحراف نسبت به آنچه انتظار می‌رود.
- ب) محدودیت‌های زمانی.
- ج) محدودیت‌های دسترسی بخاطر چیدمان فیزیکی سازه‌ها.

^۱ این شکل به متن اصلی افزوده شده است.

(د) نقش نیروی انسانی در بروز مشکلات.

(الف) در موقعیت‌های عیب‌یابی نشانه‌هایی بروز می‌کند، این نشانه‌ها می‌توانند ناشی از مشکل همین واحد باشند و یا بخاطر ایراد واحد بالادستی و یا حتی واحد پایین‌دستی باشند. از سویی، این نشانه‌ها ممکن است نادرست یا گمراه‌کننده باشند که علت آن می‌تواند مواردی چون خطای ابزار دقیق و یا خطای نمونه‌گیری باشد. نشانه‌ها ممکن است بیانگر مشکل واقعی نباشند. برای نمونه در کیس #۱، مشکل ناشی از کاهش فشار سوخت گازی نیست، بلکه فشار مکش کمپرسور گاز سنتز کمتر از میزان همیشگی بوده و از آنجایی که سیستم‌های هشداردهنده کاهش دبی جریان کنارگذر سرد از مدار خارج بوده‌اند، این مشکل پنهان مانده است و علت واقعی مشکل، دبی ناکافی گاز فرآیندی ورودی به گرم‌کن بوده است.

(ب) محدودیت‌های زمانی بخاطر ایمنی و مسائل اقتصادی است. یک نشانه می‌تواند بیانگر احتمال انفجار و یا نشت گاز سمی باشد و شاید با بروز نشانه‌ای باید دستورالعمل‌های توقف اضطراری را اجرا کنیم. برای نمونه در کیس #۲ از دیدگاه ایمنی، نشت آمونیاک خطری آبی در پی دارد. از سوی دیگر، زمان در مسائل اقتصادی نیز یک محدودیت به شمار می‌آید، بدین معنا که برای هر دقیقه که تولیدی نداشته باشیم یا محصولی با کیفیت تولید نشود، سودی هم بدست نمی‌آوریم.

(ج) گاهی چیدمان تجهیزات فرآیندی عیب‌یاب را در تنگنا قرار می‌دهد. از آنجایی که تجهیزات فرآیندی از پیش ساخته شده و ثابت هستند و ولوها، خطوط فرآیندی و تجهیزات ابزار دقیق نیز در جایی مشخص قرار دارند، این چیدمان از پیش تعریف شده می‌تواند برای عیب‌یاب دردسرساز باشد چون گاهی لازم است در جایی پارامتری اندازه‌گیری شود یا از جایی نمونه‌برداری انجام شود ولی شاید راه رسیدن به آنجا آسان نباشد. اما عیب‌یاب چاره‌ای ندارد جز آنکه با این چیدمان تجهیزات فرآیندی کنار بیاید.

(د) گاهی مشکل بخاطر خطای افراد است، شاید فردی دستورالعمل‌های واحد را بدرستی دنبال نکرده باشد و نمی‌خواهد اشتباه خود را بپذیرد، ممکن است اپراتور بر این باور باشد که "فرآیند اینگونه بهتر کار می‌کند" و برای نمونه، ولو مسیر کنارگذر را باز کرده باشد یا در کیس #۱ که اپراتور سیستم هشداردهنده را آگاهانه خاموش کرده بود، ممکن است صفحه اورفیس برعکس نصب شده باشد، شاید هم شخصی هنگام نصب غذای خود را داخل خطوط لوله جا گذاشته باشد و شاید هم اپراتور دستورالعمل‌ها را نادرست تفسیر کرده باشد.

۱-۱-۲ تفاوت‌های میان مسائل عیب‌یابی

مسائل عیب‌یابی در چهار مورد با یکدیگر فرق دارند: در برخی مسائل عیب‌یابی (الف) خطرات ایمنی و سلامت افراد مهم است همچنین مسائل عیب‌یابی می‌توانند در این سه هنگام بروز کنند (ب) هنگام راه‌اندازی (ج) پس از توقف واحد برای اجرای برنامه نگهداری یا پس از اعمال تغییرات و در آخر، (د) هنگام بهره‌برداری همیشگی واحد.

۱-۲ ویژگی‌های فرآیند بکاررفته در حل مسائل عیب‌یابی

فرآیند یا استراتژی بکاررفته در عیب‌یابی بسته به نوع مشکل متفاوت است، با این وجود فرآیند عیب‌یابی پنج رکن مشترک دارد.

۱-۲-۱ چگونه نوع مشکل، فرآیند عیب‌یابی یا استراتژی را هدایت می‌کند

برای انتخاب استراتژی عیب‌یابی، از چهار نوع متفاوت مسائل عیب‌یابی (که در بخش ۱-۱-۲ اشاره شد) کمک می‌گیریم.

- مدیریت مشکلی که خطرآفرین است

هنگام طراحی مهندسی باید علت‌های بروز شرایط نایمن و خطرناک را به کمک آنالیزهایی چون درخت خطا و روش HAZOP پیش‌بینی کرده و از بروز آنها جلوگیری کنند. آنها باید چهار جزء کنترل را در نظر بگیرند که عبارت‌اند از: کنترل در شرایط معمولی، هشدارها، سیستم توقف ناشی از اینترلاک (یا SIS^۱) و توقف کامل/ تخلیه. هرچند با وجود تمامی تلاش‌ها ممکن است مشکل، همانگونه که در کیس #۲ اشاره شد، بازهم رخ دهد.

استراتژی عیب‌یابی، تشخیص شرایط نایمن و انجام تمهیدات لازم برای شرایط اضطراری و یا در صورت امکان ایمن‌سازی فرآیند است بشکلی که فرآیند تا زمان برطرف شدن مشکل ایمن بماند.

- مدیریت مشکلات هنگام راه‌اندازی فرآیندی جدید

هنگامی که برای اولین بار فرآیندی را راه‌اندازی می‌کنیم و یا روند جدیدی را اجرا می‌کنیم ممکن است با اینگونه مسائل عیب‌یابی روبرو شویم. این دسته از مشکلات، مواردی جدید به شمار می‌آیند که ماهیت آنها با عیب‌های همیشگی فرآیندها متفاوت است. از این رو در رویارویی با این دسته مسائل نیازمند اطلاعات و تجربه‌های متفاوتی هستیم. چهار پیش‌آمد می‌تواند سبب بروز چنین مشکلاتی شود:

۱- باقی‌ماندن ابزارآلات یا مواد دورریز درون خطوط یا تجهیزات،

۲- نصب نادرست. برای نمونه، بستن نادرست خط لوله مخزنی به مخزنی دیگر،

۳- اختلال در خطوط ارتباطی بخاطر حجم زیاد گفتگوهای تلفنی برای انجام هماهنگی‌ها در زمان راه‌اندازی،

۴- باقی‌ماندن آب یا هوا در خطوط و یا مخازن فرآیندی.

اگرچه تئوری و شبیه‌سازی‌های کامپیوتری ایده‌هایی خوبی درباره چگونگی کارکرد واحد در اختیار ما قرار می‌دهند، اما بیاد داشته باشید که همچنان داده‌های واقعی را در اختیار نداریم. کیس #۱ نمونه‌ای از مشکلات هنگام راه‌اندازی است.

استراتژی عیب‌یابی، روی آوردن به اصول پایه‌ای فرآیند و نظریه‌پردازی درباره چگونگی کارکرد درست فرآیند و بهره‌برداری است.

در بیشتر موارد، جریمه دیرکرد زمان راه‌اندازی بیش از دیگر زمان‌ها است که دربرگیرنده جریمه دیرکردی است که در قرارداد آمده، هزینه‌های بیمه‌ای و یا هزینه‌هایی که در آیین‌نامه‌های کشوری اشاره شده است.

- مدیریت مشکل ایجادشده پس از اجرای برنامه نگهداری دوره‌ای و یا انجام یک تغییر.

تغییراتی که می‌توانند سبب ایراد فرآیندی شوند عبارت‌اند از:

¹ System Interlock Shutdown

- ۱- تجهیز، برای اجرای برنامه نگهداری از خط جدا شده است.
 - ۲- شرایط فرآیند به گونه دیگری شده زیرا برای نمونه، خوراک پیشین با خوراکی جدید جایگزین شده است.
 - ۳- جایگزین کردن کارکنان بهره‌بردار.
- در نمونه‌ها اشاره شده ما از کارایی پیش و پس از تغییرات آگاهی داریم.
- استراتژی عیب‌یابی، شناسایی تغییری است که می‌تواند آغازگری باشد برای رخ دادن این ایراد.
- مدیریت مشکلاتی که هنگام بهره‌برداری همیشگی رخ می‌دهد یا زمانی که شرایط فرآیندی کم‌کم به گونه‌ای دیگر می‌شود.
- گاهی هنگام بهره‌برداری همیشگی و گاهی نیز هنگامی که نرخ تولید را به آرامی افزایش می‌دهیم با مشکلی روبرو می‌شویم.
- استراتژی عیب‌یابی برای این مشکل، تمرکز بر اصول پایه‌ای درباره شیوه کارکرد فرآیند، نظریه‌پردازی بر مبنای شواهد و انجام آزمون‌هایی برای راستی‌آزمایی نظریه‌ها است.

۱-۲-۲ پنج رکن مشترک در فرآیند عیب‌یابی

مهارت در عیب‌یابی بستگی بر پنج رکن دارد که عبارت‌اند از: (۱) مهارت حل مسئله، (۲) دانش تجهیزات گوناگون فرآیندی (۳) دانستن ویژگی‌ها، ایمنی و شرایط ویژه ترکیبات شیمیایی و فرآیندی جایی که مشکل بروز کرده (۴) تفکر سیستمی و (۵) مهارت‌های فردی. در ادامه ریز این موارد آمده است.

یکی از مهم‌ترین مهارت‌های حل کلی مسئله، توانایی تشخیص شواهد بارز و چگونگی پیوند دادن شواهد با نظریه‌هایی درخور و نتیجه‌گیری‌ها است.

تفاوت کارشناس چیره‌دست عیب‌یاب با فردی تازه‌کار در اندوخته‌های تجربی آنها است. بیاد داشته باشید، تجربه فرد از مهارت کلی او در حل مسئله نیز مهم‌تر است. به بیانی دیگر، دانش درباره تجهیزات فرآیندی، عیب‌های متداول، نشانه‌های معمول و فراوانی بروز آنها از اهمیت بسزایی برخوردار است. کارایی یک کارشناس عیب‌یاب بیشتر بستگی به کیفیت دانش او دارد که آن هم بستگی دارد به آگاهی او از داده‌هایی چون (۱) نشانه ناشی از دلیل و (۲) فراوانی نسبی نشانه‌ها و شباهت علت‌ها.

فرد عیب‌یاب برای مدیریت ایمن و بی‌درنگ مشکل باید نسبت به مواد شیمیایی و چیدمان تجهیزات دانشی کافی داشته باشد. برای نمونه، اگر از خطرات آمونیاک آگاهی نداشته باشید، در کیس #۲ واکنشی آنی نخواهید داشت.

بیاد داشته باشید، مشکل در یک "سیستم" فرآیندی رخ می‌دهد هر چند در ابتدا بنظر می‌رسد که مشکل تنها در یک تجهیز و جدای از کل سیستم است. از آنجایی که تجهیزات با یکدیگر و افراد نیز با تجهیزات درگیر هستند، بسیار مهم است که نگاه فرد به مسائل عیب‌یابی بشکل مشکلی در بطن یک سیستم باشد.

داشتن مهارت‌های بین فردی از بایدهای کار است. مهارت‌های بین فردی مورد نیاز میان کارشناس عیب‌یاب با افراد درگیر کار عبارت‌اند از: مهارت برقراری ارتباط خوب، مهارت‌های شنیداری، اعتمادسازی و

حفظ آن و درک از اینکه رفتارهایی چون تبعیض، پیش‌داوری و برتری‌دادن چگونه سبب شکل‌گیری سبک‌های گوناگون رفتاری می‌شود.

۳-۱ خودآزمایی و بازتابها

مهارت خود را در پنج رکن کلیدی اشاره‌شده در بخش ۱-۲-۲ بیازمایید. پس از امتیازدهی برای پیشرفت خود هدف‌گذاری کنید. به خود از ۰، به معنای چیزی نمی‌دانید، تا ۱۰ بمعنای دانشی کافی دارید، امتیازدهی کنید. در هر بخش معنای امتیازهای ۱، ۵ و ۱۰ آورده شده است.

۱) مهارت حل مسئله برای عیب‌یابی

- پایش کردن، سازمان‌یافته بودن و تمرکز روی درستی: امتیاز: _____

۱= آگاهی از اینکه این موارد مهم هستند. ۵= پایش هر ۵ دقیقه یک‌بار، داشتن یک استراتژی شخصی، مشرف‌دانستن محدودیت زمانی بر دیگر موارد. ۱۰= پایش هر یک دقیقه یک‌بار، داشتن استراتژی مبتنی بر شواهد که انعطاف‌پذیر و اثربخش است، تمرکز روی درستی، بررسی و بازبینی مداوم.

- مدیریت، گردآوری و ارزیابی داده‌ها و نتیجه‌گیری امتیاز: _____

۱= فکر کردن به داده‌های گوناگونی که باید گردآوری شوند. ۵= گردآوری نظام‌مند داده‌هایی که برای بررسی نظریه‌ها بنظر لازم هستند، عدم اطمینان از درستی داده‌ها، ناآگاهی از مشکلات متداول در زمینه استدلال و خودرای بودن. ۱۰= گردآوری نظام‌مند و بادقت داده‌ها و اطمینان از مفید بودن آنها، آگاهی از خطاهای اندازه‌گیری، داشتن استدلالی درست، تمرکز روی واقعیت‌ها، آگاهی داشتن از پیش‌داوری‌های خود در داده‌برداری.

- استنتاج: نظریه‌پردازی و کار روی نظریه‌ها به دید یک علت امتیاز: _____

۱= آگاهی از لزوم داشتن یک نظریه. ۵= توانایی تشخیص نظریه‌هایی ابتدایی که از دید فنی بنظر منطقی هستند. ۱۰= توانایی داشتن ۵ تا ۷ نظریه پذیرفتنی برای هر شرایط، با روشنگری داده‌های جدید مشتاقانه نظریه‌های دیگری پیشنهاد می‌دهید.

- تصمیم‌گیری امتیاز: _____

۱= تصمیم‌گیری بر مبنای حس درونی. ۵= برخورد سیستماتیک، در نظر گرفتن گزینه‌های گوناگون، آگاهی‌نداشتن از پیش‌داوری‌ها. ۱۰= بکارگیری شفاف و سنجش‌پذیر معیارهای باید و خواسته^۱، اولویت‌بندی تصمیمات و آگاهی از پیش‌داوری‌های شخصی و تلاش برای چیره‌شدن بر مشکلات رفتاری.

۲) دانش تجهیزات فرآیندی

- پمپ‌های سانتریفوژ امتیاز: _____

۱= آشنایی با واژه‌هایی چون ظرفیت، دبی و هد پمپ، دانستن اینکه سیال از کجا وارد پمپ می‌شود و از کجا بیرون می‌رود و آگاهی از مبانی بهره‌برداری پمپ ۵= آشنایی با NPSH و مشکلات مربوط به آن، آگاهی از اینکه با سیم‌کشی برعکس در موتور پمپ چه مشکلی پیش می‌آید، دانستن جای درست نصب گیج فشار

¹ نمونه‌ای از بکارگیری این معیارها در بخش ۲-۱، آیتم ۱۲ آمده است (این زیرنویس به متن اصلی افزوده شده است)

در خروجی پمپ و دانستن پیامدهای بستن ولو خروجی پمپ، آشنایی با مفهوم کارکرد پمپ روی نمودار هد-ظرفیت و آگاهی از پیامدهای آن. ۱۰= آگاهی از پیامدهای سایش زبانه شیپوره پمپ و سائیدگی رینگ‌های سایشی، آگاهی از شیوه روغن‌کاری و چگونگی کارکرد آب‌بندها و درپوش‌های پمپ.

- مبدل‌های پوسته‌لوله‌ای امتیاز: ___

۱= توانایی محاسبه سطح مورد نیاز ۵= توانایی محاسبه سطح مورد نیاز و افت فشار، دانستن مفهوم زاویه پنجره بافل، آگاهی از ضریب‌تصحیح روی پارامتر اختلاف‌دمای متوسط، MTD، برای سیستم‌های چندگذره و آشنایی با برخی گزینه‌های کنترلی. ۱۰= آگاهی از مشکلات لرزش تیوب‌ها، تله‌بخارها، شرایط جوشش هسته‌ای نسبت به جوشش فیلمی، دلایل گوناگون رسوب‌گذاری، پیامدهای توزیع نامناسب و توانایی بکارگیری گزینه‌های گوناگون کنترلی.

- برج‌های تقطیر امتیاز: ___

۱= توانایی برآورد تعداد سینی‌های برج، آگاهی از اهمیت شرایط جریان خوراک، نسبت جریان برگشتی و ترکیب اجزاء در بالا و پایین برج. ۵= آشنایی با بخش‌های داخلی برج و توانایی انتخاب یا برآورد اندازه آنها، توانایی طراحی اندازه دانکامر، آشنایی با چگونگی آب‌بندی دانکامر، آشنایی با برخی پارامترهای کنترلی، توانایی توصیف تداخل میان کندانسور با تبخیرکننده. ۱۰= آگاهی از تفاوت میان طغیان در دانکامر و طغیان فورانی، آشنایی با مفاهیم کشش سطحی مثبت و منفی، آشنایی با کارایی پمپ چرخش سیال، آگاهی از مفهوم بازتراکم بخار و آگاهی از شیوه‌های گوناگون کنترل.

۳) دانستن ویژگی‌ها، ایمنی و ماهیت مواد شیمیایی فرآیندهایی که با آنها درگیر هستیم

- خطر آتش‌گیری امتیاز: ___

۱= توانایی تشخیص ۵ ماده شیمیایی و شرایطی که می‌توانند "خطر آتش‌گیری" در پی داشته باشند. ۵= توانایی تشخیص ۳۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی به‌مراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که می‌توانند "خطر آتش‌گیری" در پی داشته باشند. ۱۰= توانایی تشخیص ۱۰۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی به‌مراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که می‌توانند "خطر آتش‌گیری" در پی داشته باشند.

- خطر سلامتی امتیاز: ___

۱= توانایی تشخیص ۵ ماده شیمیایی و شرایطی که می‌توانند برای افراد "خطر سلامتی" در پی داشته باشند. ۵= توانایی تشخیص ۳۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی به‌مراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که می‌توانند برای افراد "خطر سلامتی" در پی داشته باشند. ۱۰= توانایی تشخیص ۱۰۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی به‌مراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که می‌توانند برای افراد "خطر سلامتی" در پی داشته باشند.

- خطر انفجار امتیاز: ___

۱= توانایی تشخیص ۵ ماده شیمیایی و شرایطی که می‌توانند "خطر انفجار" در پی داشته باشند. ۵= توانایی تشخیص ۳۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی به‌مراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که

می‌توانند "خطر انفجار" در پی داشته باشند. ۱۰= توانایی تشخیص ۱۰۰ ماده شیمیایی جداگانه یا ترکیبی بهمراه شرایط، ایرادات فرآیندی یا خرابی‌هایی که می‌توانند "خطر انفجار" در پی داشته باشند.

- خطر مکانیکی امتیاز: _____

۱= توانایی تشخیص خطر فشار و خطر ناشی از بخش‌های متحرک ۵ تجهیز. ۵= توانایی تشخیص خطر پرفشارشدن تجهیزات و خطر تجهیزات حرارتی و متحرک در یک نقشه P&ID با بیست تجهیز مهم. ۱۰= توانایی تشخیص خطر پرفشارشدن و خوردگی در تجهیزات و خطر تجهیزات حرارتی و متحرک در یک نقشه P&ID با پنجاه تجهیز مهم.

- ماهیت ویژه فیزیکی و گرمایی مواد شیمیایی امتیاز: _____

۱= توانایی تشخیص یک ماده شیمیایی با ماهیتی ویژه ۵= توانایی تشخیص ۱۰ ماده شیمیایی ۱۰= توانایی تشخیص ۳۰ ماده شیمیایی.

(۴) تفکر سیستمی

- خطای بهره‌برداری و همبری مواد از تجهیزات بالادستی یا به تجهیزات پایین‌دستی. امتیاز: _____
توانایی پیش‌گویی یا برآورد اثرات نوسانات لحظه‌ای، نوسانات مداوم و یا ورود ناخالصی به تجهیزات پایین‌دستی. توانایی پیش‌بینی سرچشمه احتمالی بروز نوسانات لحظه‌ای، نوسانات مداوم و ناخالصی‌ها از تجهیزات بالادستی. ۱= برای یک تجهیز. ۵= برای یک P&ID با ۱۰ تجهیز مهم. ۱۰= برای یک P&ID با ۴۰ تجهیز مهم.

- تأثیر شرایط آب‌وهوایی امتیاز: _____

۱= توانایی پیش‌بینی تأثیر شرایط آب‌وهوایی بر ۱۰ تجهیز مهم کارخانه. ۵= توانایی پیش‌بینی تأثیر شرایط آب‌وهوایی، محلول‌ها و مواد جامد بر ۲۰ تجهیز مهم کارخانه. ۱۰= توانایی پیش‌بینی تأثیر شرایط آب‌وهوایی، محلول‌ها و مواد جامد بر ۵۰ تجهیز مهم کارخانه

- توزیع فشار امتیاز: _____

۱= توانایی محاسبه توزیع فشار یک خط لوله بر مبنای محاسبات تفصیلی موجود. ۵= توانایی بکارگیری قوانین سرانگشتی برای محاسبه توزیع فشار برای ۵ مسیر خط لوله. ۱۰= توانایی پیش‌بینی توزیع فشار برای یک نقشه P&ID با ۵۰ تجهیز مهم با خطوط لوله درهم‌پیوسته.

- کنترل فرآیند امتیاز: _____

۰= نمی‌توانید یک سیستم کنترل فرآیند را تشخیص دهید و تفسیر کنید. ۵= توانایی تشخیص نقاط ضعف و قوت یک سیستم کنترلی با ۱۰ تجهیز مهم، توانایی تشخیص وجود و یا نبود چهار سطح کنترل فرآیند شامل (کنترل، هشدار، سیستم توقف ناشی از اینتراک و توقف کامل). ۱۰= توانایی تشخیص نقاط ضعف و قوت یک سیستم کنترلی با ۴۰ تجهیز مهم، توانایی تشخیص وجود و یا نبود چهار سطح کنترل فرآیند شامل (کنترل، هشدار، سیستم توقف ناشی از اینتراک و توقف کامل).

(۵) مهارت فردی

- مهارت‌های برقراری ارتباط امتیاز: _____

۱= توانایی سخن‌گفتن و یا نوشتن درباره دانسته‌های خود، بکارگیری شیوه درست نگارش و پیروی از قالب‌های مورد انتظار. ۵= توانایی تشخیص یک شنونده و پاسخ به نیازها و پرسش‌های او، بکارگیری برخی شواهد مرتبط با نتیجه‌گیری، جواب‌هایتان به‌درستی دسته‌بندی و جمع‌بندی شده‌اند، پیوسته و جالب‌توجه هستند، مفهوم واژه‌های مشکل و تخصصی گفته شده است، جمله‌ها از دیدگاه دستور زبان اصلاح شده‌اند و از قالب‌ها و سبک موردانتظار پیروی می‌کنند. در پاره‌ای از موارد، دستورالعمل‌های مکتوب یا شفاهی کمی گنگ هستند. ۱۰= توانایی تشخیص هم‌زمان چند شنونده و پاسخ به نیازها و پرسش‌های آنها، بکارگیری شواهد پشتیبان برای نتیجه‌گیری‌ها، جواب‌ها به‌درستی و از پیش دسته‌بندی و جمع‌بندی شده‌اند، پیوسته و جالب‌توجه هستند، مفهوم واژه‌های مشکل و تخصصی گفته شده است، جمله‌ها از دیدگاه دستور زبان اصلاح شده‌اند و از قالب‌ها و سبک موردانتظار پیروی می‌کنند. دستورالعمل‌های شفاهی و مکتوب به‌درستی بیان شده‌اند.

- مهارت‌های شنیداری امتیاز: ___

۱= بهره‌گیری از مهارت‌های ذاتی برای شنیدن. ۵= آشنایی با برخی مهارت‌های شنیداری و توانایی نشان‌دادن اشتیاق خود برای شنیدن. ۱۰= آشنایی با ویژگی‌ها و ریزه‌کاری‌های مهارت‌های شنیداری، مهارت در آغازکردن گفتگو، نشان‌دادن اشتیاق خود برای شنیدن، دنبال کردن و بازتاب دادن^۱.

- اصول ارتباط با دیگران امتیاز: ___

۱= بهره‌گیری از توانایی ذاتی برای ارتباط‌گیری. ۵= شناخت بسیاری از اصول پایه‌ای و رفتارهای ناشایست. ۱۰= خواستار حقوق هفت‌گانه و محترم دانستن آنها، پرهیز از رفتارهایی چون اهانت، عیب‌جویی، پس‌زدن و جبهه‌گیری^۲.

- اعتمادسازی و افزایش باورپذیری دیگران امتیاز: ___

۱= آشنایی ناچیزی با اصول اعتمادسازی. ۵= داشتن درک چگونگی اعتمادسازی. ۱۰= توانایی ذاتی در ایجاد اعتماد دوطرفه

- مبنا قراردادن شخصیت یکتای افراد امتیاز: ___

۱= بشکلی ذاتی از اولویت‌های خود آگاهید و میدانید که اولویت‌های دیگران با شما متفاوت است. ۵= آشنایی کامل با سبک رفتاری خود و آگاهی از اینکه دیگران نیز شخصیت یکتای خود را دارند اما از این تفاوت‌های بخوبی بهره‌گیری نمی‌کنید. ۱۰= آشنایی با شخصیت یکتای خود و همکاران‌تان و توانایی بهره‌گیری از این تفاوت‌ها در راستای افزایش بهره‌وری و نه در جهت افزایش اختلافات.

جمع امتیازهای خود را بدست آورید، کاستی‌های خود را مشخص کنید و تلاش کنید تا آنها را بهبود دهید. برای مرور فرآیند حل مسئله، فصل‌های ۲، ۵ و ۶ را بخوانید. برای آشنایی بیشتر با تجهیزات فرآیندی، فصل ۳ و پیوست A را بخوانید. برای آگاهی از مسائل مربوط به ایمنی فصل ۳ را بخوانید. در زمینه تفکر سیستمی، فصل ۳ و پیوست B را بخوانید. برای آشنایی با مهارت‌های فردی، فصل ۷ را بخوانید. اگر جمع

^۱ برای آشنایی بیشتر بخش ۷-۱-۲ را بخوانید (این زیرنویس به متن اصلی افزوده شده است)

^۲ برای آشنایی بیشتر بخش ۳-۱-۴ را بخوانید (این زیرنویس به متن اصلی افزوده شده است)

امتیازهای تان عدد بالایی است، به شما تبریک می‌گویم. شما می‌توانید یک‌راست به فصل ۸ بروید و از آن لذت ببرید.

۴-۱ نگاهی کلی به کتاب

هدف از این کتاب، بهبود دیدگاه افراد در زمینه عیب‌یابی است. این کتاب ۵ فصل اصلی دارد. در فصل‌های ۲ و ۳ نکاتی درباره فرآیندهای ذهنی و اطلاعاتی کاربردی در مورد نشانه‌های متداول و دلایل آنها برای گستره‌ای از تجهیزات فرآیندی آورده شده است. در فصل ۴ نمونه‌هایی از سبک رفتاری کارشناسان عیب‌یاب در رویارویی با مشکلات گوناگون آورده شده است، این فصل به شما هم فرصتی می‌دهد تا درباره راهکار خود بیندیشید. برای افزایش مهارت‌های فردی در فصل‌های ۵، ۶ و ۷ مثال‌هایی آموزشی، به ترتیب در زمینه‌های حل مسئله، تفکر موشکافانه، بررسی نظریه‌ها و مهارت‌های بین فردی آورده شده است. در فصل ۸ نیز مثال‌هایی برای بهبود مهارت شما آورده شده است. فصل آخر نیز گام بعدی کسب مهارت را پیش روی شما قرار می‌دهد تا مهارت‌هایتان را بیش‌ازپیش افزایش یابد.

۵-۱ چکیده

هنگام عیب‌یابی نشانه‌هایی بروز می‌کند که شاید بیانگر مشکل واقعی نیستند. کارشناسان عیب‌یابی با دو محدودیت زمان و چیدمان ثابت تجهیزات روبرو هستند. درحین عیب‌یابی، افراد نیز به‌ناچار درگیر هستند. مهارت در عیب‌یابی بستگی بر پنج رکن دارد که عبارت‌اند از: مهارت حل مسئله؛ دانش تجهیزات گوناگون فرآیندی؛ دانستن ویژگی‌ها، ایمنی و شرایط ویژه ترکیبات شیمیایی و فرآیندی جایی که مشکل بروز کرده؛ تفکر سیستمی و مهارت‌های فردی.

مشکلات خطرآفرین در این زمان‌ها بروز می‌کنند: زمان راه‌اندازی فرآیند برای اولین بار، زمان راه‌اندازی فرآیند پس از اعمال تغییر و یا انجام برنامه نگهداری یا در حین بهره‌برداری معمولی و یا زمانی که در تلاشیم تا ظرفیت تولید را افزایش دهیم. استراتژی‌های عیب‌یابی برای موقعیت‌های اشاره‌شده، تفاوت اندکی با یکدیگر دارند.

۶-۱ بررسی چند کیس

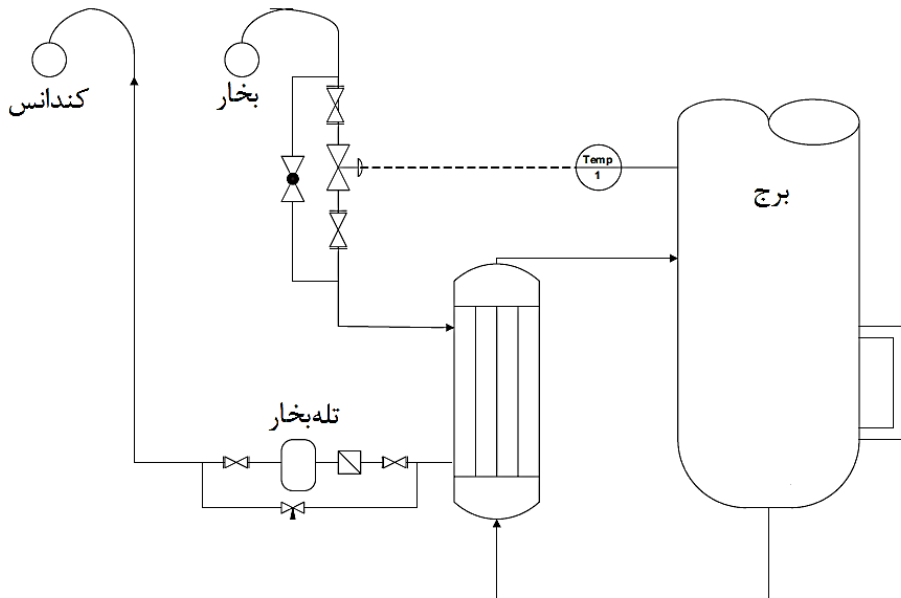
در این بخش پنج کیس آورده شده، هریک از آنها را بررسی کنید و راهکار خود را برای ورود به مسئله بیان کنید. برای نمونه، ممکن است پرسش‌های شما اینچنین باشند:

مشکل چیست؟ چه پرسش‌هایی را می‌توانم بپرسم؟ علت‌های ممکن کدام‌اند؟ چه آزمون‌هایی را می‌توانم انجام دهم؟ برای آنالیز چه نمونه‌هایی را می‌توان گرفت؟

کیس ۳# نوسان مداوم در برج

برج iC۴ بتازگی متوقف شده و برنامه نگهداری سالانه آن نیز به پایان رسیده است. زمانی که اپراتورها در تلاش هستند تا برج را به مدار تولید بازگردانند، تراز مایع در پایین برج بشدت نوسان می‌کند بدین‌شکل که ابتدا تراز مایع به آرامی، $m/6$ از حد معمول بالاتر می‌رود و پس‌از آن تراز مایع بی‌درنگ، $m/6$ از حد معمول پایین‌تر می‌رود. این مشکل بارها رخ می‌دهد. شما با سرپرست عیب‌یابی برای حل این مشکل تماس گرفته‌اید.

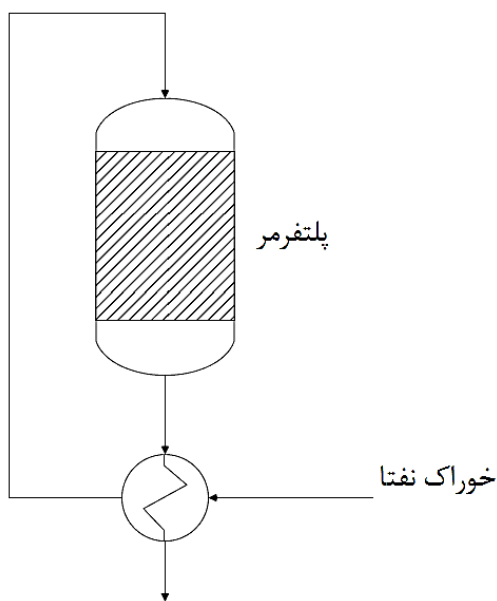
هزینه توقف این واحد $500 \text{ \$/h}$ است. مشکل این برج را برطرف کنید. فرآیند اشاره‌شده در شکل ۱-۲ آورده شده است.



شکل ۱-۲: برج تقطیر کیس #۳

کیس #۴: آتش‌سوزی در واحد پلتفرمر

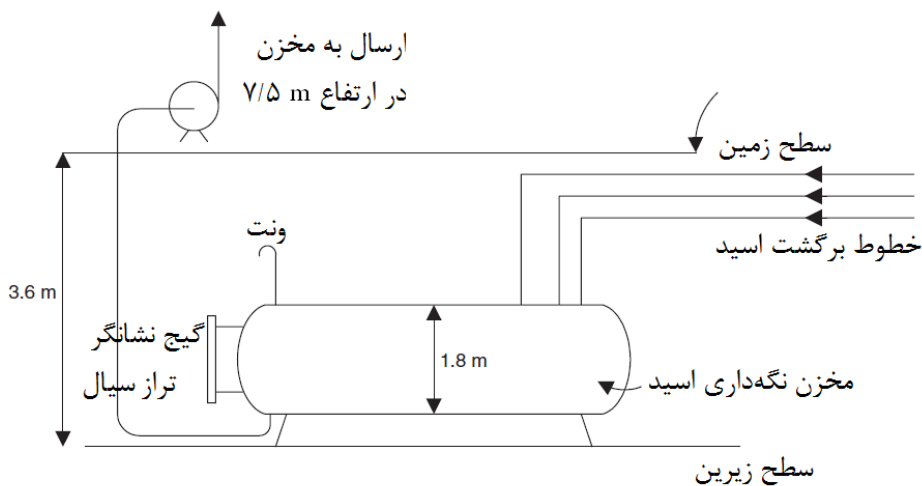
نفتای سنگین در فرآیند پلتفرمینگ به بنزین با اکتان بالا تبدیل می‌شود. محصولات جانبی این واکنش شامل گازهای کم‌فشار و گاز غنی از هیدروژن به میزان ۶۰ تا ۸۰٪ است. محصولات رآکتور پلتفرمر (در فشار $4/8 \text{ MPa}$ و دمای 500°C) با خوراک نفتا تبادل حرارت انجام می‌دهند تا خوراک رآکتور پیش‌گرم شود. شکل ۱-۳ نمایی از این فرآیند را نشان می‌دهد. در سه هفته گذشته پس از راه‌اندازی، چهار رویداد انتشار برق‌آسای آتش از کنار فلنج استیل مبدل حرارتی گزارش شده است. رئیس واحد ادعا می‌کند که این آتش‌سوزی بخاطر اختلاف انبساط حرارتی در داخل مبدل حرارتی، قطر مبدل (قطر این مبدل یک متر است) و همچنین وجود هیدروژن رخ داده است. هیأت‌مدیره و مدیرعامل کارخانه، خطر از دست‌رفتن واحدی ۹۰ میلیون دلاری را بر نمی‌تابند و با وجود زیان $10,000 \text{ \$/h}$ ، ادامه فرآیند را در سایه خطر بروز این انفجارها ممنوع اعلام کرده‌اند. مدیر بخش مهندسی خواستار برطرف کردن مشکل است. در این زمینه، برای آب‌بندی مبدل تاکنون شش پیچ فلنج مبدل بخاطر سفت کردن بیش‌ازاندازه شکسته شده اما همچنان آب‌بندی دلخواه حاصل نشده است.



شکل ۳-۱: پلتفرمر مربوط به کیس #۴

کیس #۵: مشکل پمپ اسیدسولفوریک

اسیدسولفوریک رقیق در مخزنی افقی و استوانه‌ای در زیر زمین نگهداری می‌شود، نمایی از این مخزن در شکل ۴-۱ نشان آورده شده است، قطر مخزن $1/8$ متر و طول آن $3/6$ متر است. خط لوله خروجی از زیر تانک تا ارتفاع $3/6$ متر امتداد می‌یابد و به پمپ سانتریفوژ متصل می‌شود. وظیفه این پمپ فرستادن سیال به مخزنی در ارتفاع $7/5$ متری بالای سطح زمین است.



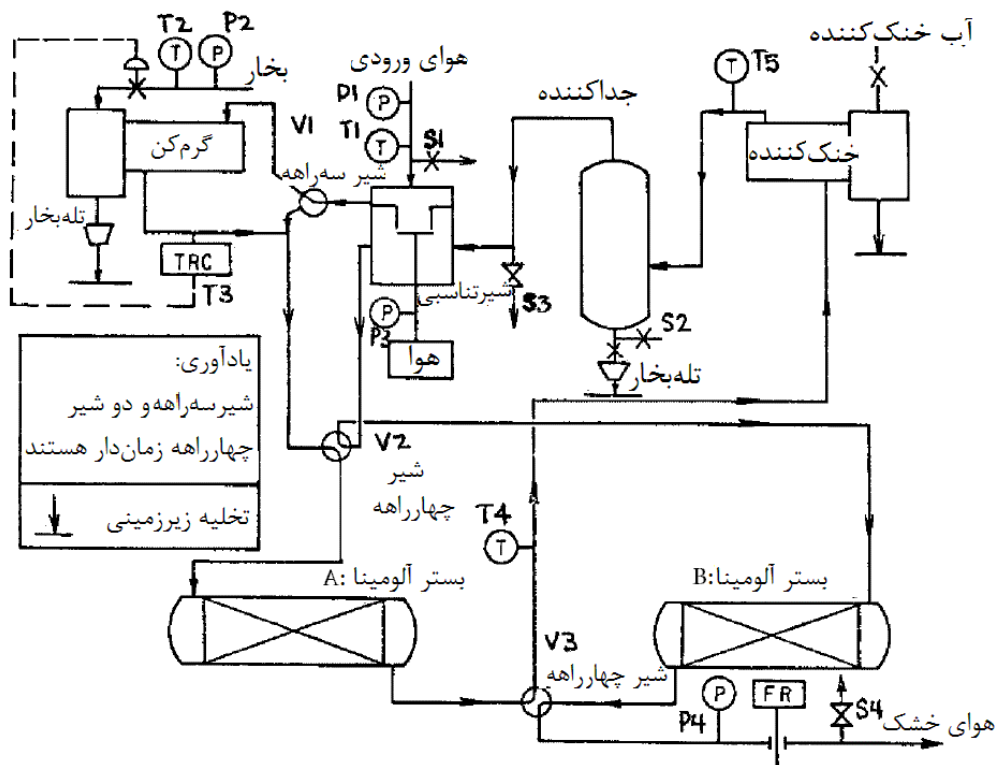
شکل ۴-۱: نمای تجهیزات کیس #۵

نرخ برگشت اسید از بخش‌های مختلف فرآیند به مخزن نگهداری اسید به‌گونه‌ای است که پمپ باید هر دو ساعت یک‌بار روشن شود تا اسید را به مخزن بالایی پمپاژ کند. در این هنگام، زمانی که گیج نشانگر کناری مخزن زیرزمینی تراز ۰/۷ متر را نشان می‌دهد، پمپ شروع به صدای "تق تق" می‌کند، به نظر اپراتور این صدا مشابه صدای پدیده کاویتاسیون است از اینرو، اپراتور پمپ را خاموش می‌کند. این مسئله سبب می‌شود که تا تعداد دفعات روشن‌شدن پمپ نسبت به همیشه افزایش یابد، همچنین در صورت وقوع پدیده کاویتاسیون ممکن است پره‌های پمپ ساییده شوند. پیشنهاد شما برای برطرف شدن این مشکل چیست؟

کیس #۶: خشک‌کن بخش تأسیسات جانبی

در کارخانه ما، واحدی جانبی برای خشک‌کردن هوا وجود دارد که وظیفه تأمین هوای ابزاردقیق کل کارخانه را دارد. در این واحد، هوا تا فشار ۵۵۰ kPa فشرده شده و از یک واحد خشک‌کن عبور داده می‌شود، در ادامه نمودار جریانی این واحد آورده شده است. در این واحد دو بستر پشت سر هم برای خشک‌کردن هوا نصب شده است که همواره یکی از آنها در حال احیاء شدن و دومی در حال رطوبت‌زدایی است. فرآیند احیاء با دمیدن هوای گرم به بستر بمدت دو ساعت انجام می‌شود، پس از آن بستر بمدت یک ساعت با هوای سرد خنک می‌شود. بستر دوم نیز بمدت سه ساعت هوا را خشک می‌کند. پس از پایان زمان احیاء بستر اول، بستر دوم در مدار قرار می‌گیرد و بستر اول احیاء می‌شود و این فرآیند بارها تکرار می‌شود. بهره‌بردار بر مبنای روش گفته‌شده از طرف فروشنده بستر خشک‌کن، مراحل رطوبت‌زدایی را با تنظیم زمان مربوط به هر کدام از شیرها انجام می‌دهد بدین‌شکل که: تمامی شیرها (شیرهای چهارراهه ۷۲ و ۷۳ و شیر سه‌راهه ۷۱) هر سه ساعت یک‌بار باز می‌شوند. همچنین برای ارسال هوای تازه به بستر، شیر سه‌راهه ۷۱ نیز هر دو ساعت یک‌بار باز می‌شود. هوای گرم بکاررفته برای احیاء بستر بکمک بخار آب در یک مبدل حرارتی گرم می‌شود. دمای هوا بکمک TRC-۱ بر روی ۱۷۵ °C تنظیم می‌شود. دبی کنونی هوای عبوری از بستر ۴۰۰۰ Nm³/s است که نصف میزان طراحی است. دبی عبوری از شیر تناسبی بر مبنای فشار P₃ تنظیم می‌شود. اکنون بیشترین فشار روی ولو اعمال شده، ولو بسته است و از این‌رو هیچ هوایی به بستر راه نمی‌یابد. نمودار نشان می‌دهد که بستر A در حال احیاء و بستر B در حال رطوبت‌زدایی است. برای احیاء بستر A، کل دبی هوا از شیر سه‌راهه ۷۱ به مبدل حرارتی فرستاده می‌شود. جاذب موجود در برج‌ها، آلومینای فعال شده با ظرفیت جذب نزدیک به ۰/۱۴~۰/۲۲ کیلوگرم آب به ازای هر کیلوگرم جامد خشک است. در هر بستر ۵,۰۰۰ کیلوگرم آلومینای فعال شده ریخته شده. شیرهای نمونه‌گیری با علامت S مشخص شده‌اند.

اکنون زمستان است و بیشتر شب‌ها هوا سرد است و در بسیاری از موارد خطوط ابزاردقیق هوا یخ بسته‌اند. هوای خروجی از واحد خشک‌کن نیز در بیشتر موارد بسیار مرطوب است. این مشکل در روز \$۸,۰۰۰ هزینه در پی دارد. بنظر شما برای برطرف کردن این مشکل چه باید کرد؟



شکل ۱-۵: واحد خشک‌کن کیس #۶

کیس #۷: ناپایداری کریستالایزر تحت خلأ

محلول فرآیندی با دمای 55°C به کریستالایزر تحت خلأ وارد می‌شود تا سرد و تغلیظ شود و محصول رسوب کند.

در بیشتر موارد تازمانی که $\frac{2}{3}$ تا $\frac{3}{4}$ تجهیز پر شود، مکش محلول خوراک از مخزن به کریستالایزر تحت خلأ بکمک اجکتورهای مرحله اول و دوم انجام می‌شود. در ساعت اول فرآیند، خلأ مطلق $6/5 \text{ kPa}$ بکمک این دو اجکتور تأمین می‌شود که با یک کندانسور میانی خنک‌شونده با آب شهری کار می‌کنند. زمانی که دمای محلول تا 40°C سرد شد، اجکتور کمکی به‌همراه کندانسور بارومتریک در مدار قرار می‌گیرد تا فشار مطلق $2/5 \text{ kPa}$ بدست آید. این فرآیند بیچ، هشت ساعت بطول می‌انجامد و در این حین نیز تراز سیال در کریستالایزر تحت خلأ نزدیک به 40 تا 50 سانتی‌متر کاهش می‌یابد. از آنجایی که دمای آب شهر از دمای آب دریا بسیار پایین‌تر است، بی‌شک بکمک آب شهری می‌توان دمای ساقه کندانسور بارومتریک را کمتر از 26°C نگاه داشت. اگر اجکتور کمکی زود هنگام در مدار قرار گیرد، اجکتور کار نمی‌کند و صدای ضربه بگوش می‌رسد. این مشکل زمانی رخ می‌دهد که بخار بجای آنکه به نازل اجکتور وارد شود، یک‌راست به کریستالایزر تحت خلأ وارد می‌شود و صدای زیادی ایجاد می‌کند.

امروز اپراتور تماس گرفت و چنین گفت: "اجکتور از مدار خارج شد و پس از گذشت نیم تا یک ساعت بهره‌برداری، صدای ضربه‌زدن بگوش رسید."

زمانی که اجکتور کمکی در مدار است، تراز مایع بشدت کاهش می‌یابد به‌شکلی که کاهش تراز مایع کریستالایزر را می‌توان به چشم دید. این در حالی است که نرخ کاهش تراز سیال در بازه‌ای هشت‌ساعته باید بین ۴۰ تا ۵۰ سانتی متر باشد.

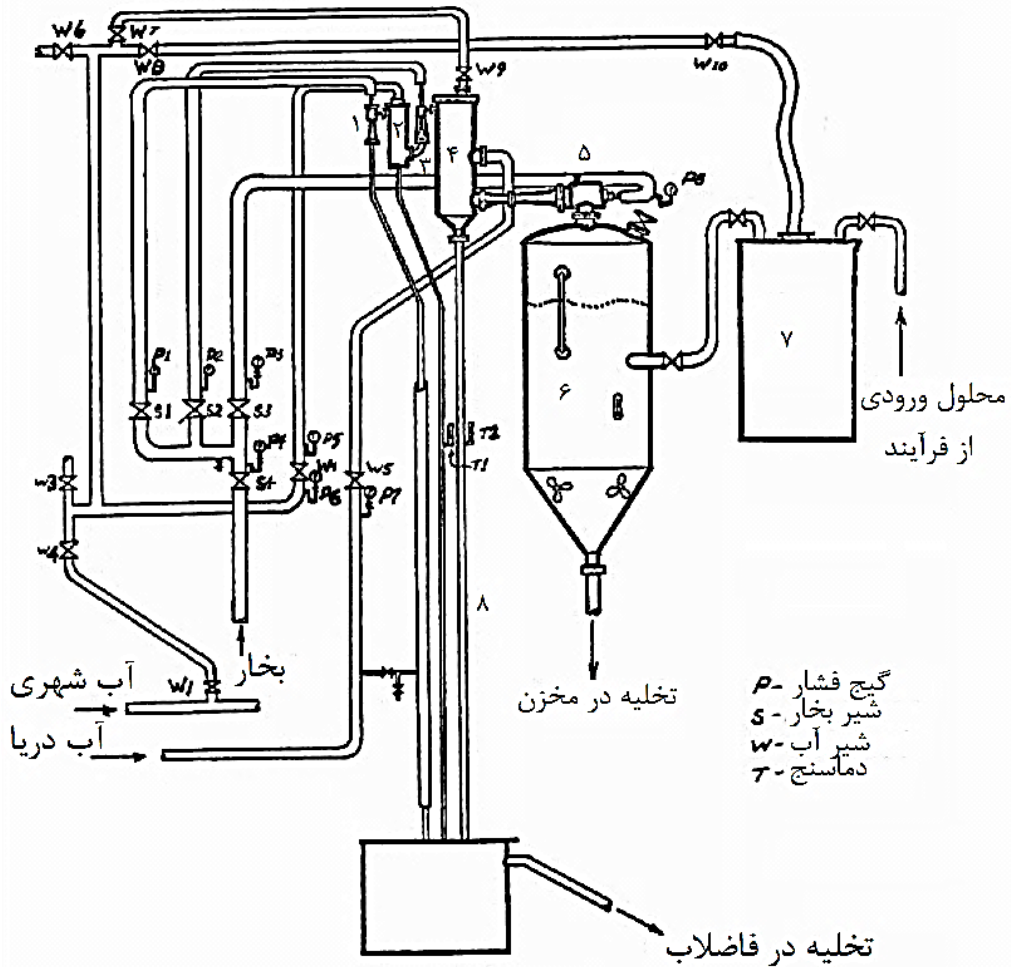
زمانی که اجکتور کمکی در مدار است، گیج فشار P۷ بشدت نوسان می‌کند و فشار گیج بین ۱۴۰ kPa تا ۵۵۰ kPa در نوسان است.

دماها و فشارهای دیگر مانند همیشه هستند و چکیده شرایط فرآیندی در جدول زیر آمده است.

شکل ۱-۶ نمایی از این سیستم را نشان می‌دهد.

فشار آب (kPa g)			فشار بخار (kPa g)					
P۷	P۶	P۵	P۸	P۴	P۳	P۲	P۱	
۲۰۵	۳۱۰	۳۵-۰	۵۵۰	۷۲۵	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	شرایط نرمال
۵۵۰-۱۴۰	۳۱۰	۳۵-۰	۵۵۰	۷۲۵	۵۵۰	۵۵۰	۵۵۰	شرایط کنونی

دمای ساقه‌های بارومتریک (°C)		
T۲	T۱	
<۲۷	<۲۷	شرایط نرمال
<۲۷	<۲۷	شرایط کنونی



شماره	فهرست تجهیزات
۱	اجکتور اول
۲	کندانسور میانی
۳	اجکتور دوم
۴	کندانسور بارومتریک ۲۴ اینچی
۵	اجکتور کمکی
۶	کریستالایزر تحت خلأ
۷	مخزن خوراک
۸	ساقه‌های بارومتریک

شکل ۱-۶: کریستالایزر تحت خلأ کیس #۷