پـگاه آفتاب
چابکی در تحول دیجیتال

استاندارد نگهداشت مبتنی بر ریسک و طبقه‌بندی پیامدها

استاندارد صنعت نفت نروژ (ویرایش ۲۰۱۷)

مترجمان:

وحید طارمی • • • وحید سلمانی

تمامی حقوق این ترجمه متعلق به شرکت پگاه آفتاب است و هر گونه استفادهٔ تجاری و بازنشر آن منوط به کسب اجازهٔ کتبی است.

NORSOK Standard Z-008

سبد محصولات پگاه آفتاب
agileBPMS
راهکار مدیریت
فـــــرایندهای
کـــــسب‌وکار
ERP نیروگاهی
راهکار مدیریت
مـــنابع سازمان
نـــــــیروگاه
CMMS / EAM
راهـــــکار مدیریت
دارایی‌های فیزیکی
(نگهداری و تعمیرات)
PIMS
راهـکار مدیریت
قـطعات یدکی و
مـــواد مصرفی
پاداس
راهـکار اتوماسیون
صـنعتی مبتنی بر
فـــــناوری IOT

نگهداشت مبتنی بر ریسک و طبقه‌بندی پیامدها

NORSOK Standard Z-008:2017

استاندارد NORSOK Z ۰۰۸ که با مشارکت گسترده ذی‌نفعان صنعت نفت نروژ تهیه شده است، به نمایندگی از انجمن نفت و گاز نروژ، فدراسیون صنایع نروژ و انجمن صاحبان کشتی نروژ، متعلق به صنعت نفت نروژ است. لطفا توجه داشته باشید که با وجود تمام تلاش‌هایی که برای اطمینان از صحت این استاندارد به عمل آمده است، نه انجمن نفت و گاز نروژ، نه فدراسیون صنایع نروژ و نه انجمن صاحبان کشتی‌های نروژ، و یا هر یک از اعضای آن‌ها، مسئولیت استفاده از این استاندارد را بر عهده نخواهند گرفت. سازمان استاندارد نروژ مسئول مدیریت و انتشار این استاندارد است.

فـــهرست

دیباچه ۶
مقدمه ۸
۱ محدوده ۱۰
۲ منابع مرجع ۱۲
۳ اصطلاحات، تعاریف و اصطلاحات خلاصه‌شده ۱۳
۳٫۱ اصطلاحات و تعاریف ۱۳
۳٫۲ واژه‌های اختصاری ۲۴
۴ روش‌شناسی مدیریت نگهداشت مبتنی بر ریسک ۲۵
۴٫۱ کلیات ۲۵
۴٫۲ عناصرِ مانعِ فنی ۲۶
۴٫۳ تجهیزات فرایندهای ایستا ۲۷
۴٫۴ معیارهای تصمیم‌گیری ریسک ۲۸
۴٫۵ ورودیِ مهندسی نگهداشت ۲۹
۵ مدیریت نگهداشت ۳۰
۶ سلسله مراتب فنی ۳۸
۷ طبقه‌بندی پیامدها ۴۰
۷٫۱ کلیات ۴۰
۷٫۲ اصول و گردش‌کار ۴۰
۷٫۳ طبقه‌بندی پیامدهای کارکردهای اصلی و فرعی ۴۳
۷٫۴ مستندسازی طبقه‌بندی پیامدها ۴۶
۸ برنامه نگهداشت ۴۷
۸٫۱ کلیات ۴۷
۸٫۲ گردش‌کار ایجاد برنامه نت پیشگیرانه (PM) ۴۷
۸٫۳ خصوصیات شکست‌های غیر ایمن تجهیزات ۵۰
۸٫۴ نگهداشتِ عناصرِ مانعِ فنی ۵۰
۸٫۵ مفهوم نگهداشت عمومی ۵۱
۸٫۶ بروزرسانی برنامه نگهداشت / بهبود مستمر ۵۴
۸٫۷ برنامه نگهداشت و مدیریت فرسودگی ۵۵

۹ برنامه‌ریزی نگهداشت ۵۸
۹٫۱ برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نگهداشت ۵۸
۹٫۲ اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداشت ۵۸
۱۰ گزارش، تحلیل و بهبود ۶۱
۱۰٫۱ کلیات ۶۱
۱۰٫۲ گزارش‌دهی ۶۱
۱۰٫۳ شاخص‌های کلیدی عملکرد برای مدیریت نگهداشت ۶۲
۱۰٫۴ تحلیل و بهبود ۶۳
۱۱ ارزیابی قطعات یدکی ۶۵
۱۱٫۱ کلیات ۶۵
۱۱٫۲ گردش‌کار ارزیابی قطعات یدکی ۶۵
۱۱٫۳ دسته‌بندی‌های قطعات یدکی ۶۶
۱۱٫۴ مکان و انبارداری ۶۷
۱۱٫۵ سطح سفارش و بازسفارش ۶۷
۱۲ پرسنل و منابع ۶۸
پیوست‌ها ۶۹
Annex A ۶۹
Annex B ۷۳
Annex C ۷۴
Annex D ۸۰

دیباچه

استاندارد NORSOK Z 008 در دسامبر ۲۰۱۷ به عنوان استانداردی از NORSOK پذیرفته شد.

عبارت NORSOK مخفف موقعیت رقابتی فلات قاره نروژ[1] است و شامل استانداردهای صنعت نفت در نروژ می‌شود. ابتکار همکاری برای نگارش استانداردهای NORSOK در سال ۱۹۹۳ بین مقامات و صنعت نفت آغاز شد.

هدف اجرایی این استاندارد کاهش زمان اجرای پروژه‌ها و کاهش هزینهٔ توسعه و عملیات تاسیسات نفتی در فلات قاره نروژ بود.

هدف صنعت نفت از این کار توسعه و استفاده از استانداردهایی است، که راهکارهای فنی و مقرون‌به‌صرفهٔ مناسبی را برای اطمینان از بهره‌برداری و مدیریت منابع نفتی به بهترین نحو ممکن توسط صنعت و مسئولان و مقامات فراهم کند. این صنعت فعالانه به دنبال کمک به توسعه و استفاده از استانداردهای بین‌المللی در بازار جهانی است.

استانداردهای NORSOK باید:

- شکاف مبتنی بر تجربیات فلات قاره نروژ، که در آن‌ها انطباق با استانداردهای بین‌المللی رضایت‌بخش نیستند، را پر کنند.
- در صورت امکان خصوصیات شرکت نفت را جایگزین کنند.
- به عنوان مرجع مقررات در دسترس مسئولان باشند.
- مقرون به صرفه باشند.
- و این کشور را به عنوان منطقه‌ای جذاب برای سرمایه‌گذاری و فعالیت معرفی کنند.

توسعه استانداردهای جدید NORSOK و حفظ منظم استانداردهای موجود باید به رقابت ملی و بین‌المللی برای صنعت نفت نروژ کمک کند.

استانداردهای NORSOK توسط کارشناسان صنعت نفت نروژ توسعه یافته و مطابق با اصول اجماعِ مندرج در دستورالعمل های ارائه شده در NORSOK A-001 N:2016 تایید شده است.

[1] Norwegian continental shelf and comprise petroleum industry standards

استانداردهای NORSOK متعلق به انجمن نفت و گاز نروژ، فدراسیون صنایع نروژ و انجمن صاحبان کشتی نروژ است. این استانداردها توسط سازمان استاندارد نروژ مدیریت و منتشر می‌شوند.

این دستورالعمل NORSOK توسط سازمان استاندارد نروژ و همکاری با ذی‌نفعان صنعت نفت توسعه داده شده‌است.

همه بخش‌های اصلی تجویزی و همه ضمیمه‌ها توصیه‌ای هستند.

موارد زیر از ویرایش قبلی (۳، ژوئن ۲۰۱۱) تغییر کرده‌اند:

- محدودهٔ استاندارد برای دربرگرفتن همهٔ انواع تجهیزات در همهٔ انواع تاسیسات تغییر یافته است
- منابع و اصطلاحات به‌روزرسانی شده‌اند. استاندارد ISO14224:2016 به عنوان پایه‌ای برای اصطلاحات نگهداشت مورد استفاده قرار گرفته است
- بندی در رابطه با ورودی به طبقه‌بندی پیامدها و مهندسی نگهداشت افزوده شده است
- شرح مهندسی نگهداشتِ عناصر مانعِ فنی تغییر یافته است
- شرح کلی بهتری از فرایند ایجاد برنامه نگهداشت پیشگیرانه ارائه شده است
- برای بهبود سازگاری و استحکام، ادبیات بکار رفته در استاندارد مورد بازنگری قرار گرفته است

مقدمه

هدف این استاندارد NORSOK ارائه الزامات و دستورالعمل‌هایی برای موارد زیر است:

- ایجاد سلسله مراتب فنی
- طبقه‌بندی پیامدهای تجهیزات
- چگونگی استفاده از طبقه‌بندی پیامدها در مدیریت نگهداشت
- مدیریت نگهداشت عناصر مانعِ فنی
- نحوهٔ استفاده از تحلیل ریسک و قابلیت اطمینان برای ایجاد و بروزرسانی برنامه‌های PM
- نحوهٔ پشتیبانی از تصمیمات مربوط به نگهداشت با استفاده از اصول تحلیل ریسک
- ارزیابی قطعات یدکی

این استاندارد NORSOK برای اهداف و فازهای مختلفی از جمله موارد زیر توسعه یافته است:

- **فاز طراحی**: طراحی یک برنامه نگهداشت اولیه به عنوان ورودی‌ای برای تدوین الزامات و پیکربندی سیستم و انتخاب قطعات یدکی سرمایه‌ای
- **فاز آماده‌سازی برای بهره‌برداری**: ایجاد برنامه‌های اولیه نگهداشت برای اجرا در سیستم‌های مدیریت نگهداری و تعمیرات (CMMS) و انتخاب قطعات یدکی
- **فاز عملیاتی**: برزورسانی و بهینه‌سازی برنامه‌های نگهداشت موجود. راهنمایی برای اولویت‌بندی دستور کارها. افزودن به طول عمر تجهیزات.

تمام عناصر ریسک بایستی به عنوان مبنایی برای آماده‌سازی و بهینه‌سازی برنامه‌های نگهداشتِ تاسیسات جدید و در حال فعالیت، در نظر گرفته شوند. این ریسک‌ها مربوط به موارد زیر هستند:

- پرسنل،
- محیط زیست،
- از دست رفتن تولید،
- هزینه‌های مستقیم و غیر مستقیم از جمله اعتبار و خوش‌نامی.

این استاندارد NORSOK به منظور تعریف سطوح نحوه انجام این کار تدوین شده و انحرافات از آن در صورت وجود راهکارهای بهتری با توجه به مدیریت نگهداری و تعمیرات مورد قبول است. این استاندارد NORSOK باید در ارتباط با ISO 20815 فهمیده شود.

این استاندارد فرایندهای کلیدی را با توضیح و الزامات هر یک از آن‌ها توصیف می‌کند.

۱ محدوده

استاندارد NORSOK Z-008 را می‌توان برای آماده‌سازی و بهینه‌سازی فعالیت‌های نگهداشتِ مرتبط با همگی سیستم‌ها و آیتم‌های واحدهای صنعتی بکار گرفت.

طبقه‌بندی پیامدها و فرایند انتخاب وظایف نگهداشت را می‌توان برای همه انواع آیتم‌ها به کار برد، و همه انواع حالت‌های شکست و مکانیزم‌های شکست توسط این استاندارد پوشش داده می‌شوند. با این حال، برای برخی از انواع آیتم‌ها، تحلیل‌های خاص دیگری باید انجام شود تا خصوصیات شکست، فرکانس شکست و وظایف کاهنده [شکست] شناسایی شوند. این شامل سازه‌های تحمل بار، تجهیزات فشار استاتیک، رایزرها و خطوط لوله می‌شود.

این استاندارد با توجه به شرایط صنعت نفت و گاز توسعه‌یافته است، اما اصول مندرج در آن می‌تواند برای هر صنعتی، از جمله واحدهای تولیدی و فراوری، کشتی‌سازی، نیروی دریایی و تاسیسات انرژی بکار رود.

استاندارد NORSOK Z-008 شامل موارد زیر است:

- تعریف اصطلاحات مربوطه،
- شرح مختصری از گردش‌کار اصلی مربوط به نگهداشت و عناصری که در آن می‌گنجند
- تعریف مدل ریسک و طبقات پیامد شکست
- دستورالعمل‌های مربوط به طبقه‌بندی پیامدها، از جمله:
  - تجزیه کارکردی واحد صنعتی[۱] و سیستم‌های واحد صنعتی به کارکردهای اصلی[۲] و فرعی[۳]،
  - شناسایی افزونگی[۴] کارکردهای اصلی و کارکردهای فرعی،
  - ارزیابی پیامدهای از دست رفتن کارکردهای اصلی و فرعی،
  - تخصیص تجهیزات به کارکردهای فرعی و طبقات پیامد مرتبط،
- شرح چگونگی ایجاد یک برنامه نگهداشت اولیه و نحوه بروزرسانی برنامهٔ موجود

---

۱ Plant

۲ Main Function

۳ Sub Function

۴ Redundancy

- شرح نحوهٔ استفاده از ترکیب طبقه‌بندی با احتمال، به منظور تصمیم‌گیری در مورد اولویت‌بندی دستورکارها و رسیدگی به قطعات یدکی.

۲ منابع مرجع

استانداردهای زیر مقررات و دستورالعمل‌هایی را در برمی‌گیرند که از طریق ارجاع در این متن، مقررات و دستورالعمل‌های این استاندارد NORSOK را تشکیل می‌دهند. آخرین نسخهٔ منابع بایستی مورد استفاده قرار گیرد مگر اینکه در غیر این صورت توافق شود. برای منابعی که تاریخ آن‌ها ذکر شده است، تنها نسخه ذکر شده به کار می‌رود. سایر استانداردهای شناخته‌شده، به شرطی که بتوان نشان داد آن‌ها الزامات استانداردهای مرجع را برآورده می‌کنند می‌توانند مورد استفاده قرار گیرند.

مدیریت قابلیت اطمینان بخش ۱۱-۳: راهنمای کاربردی، نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان	IEC 60300-3-11
تکنیک‌های تحلیل برای سیستم قابلیت اطمینان – رویه‌های حالت شکست و تحلیل اثرات (FMEA)	IEC 60812
ایمنی کارکردی سیستم‌های الکتریکی / الکترونیکی / سیستم‌های قابل‌برنامه‌ریزی الکترونیکی مرتبط با ایمنی	IEC 61508
ایمنی کارکردی – سیستم‌های ابزار ایمنی برای فرایند بخش صنعت	IEC 61511
صنایع نفت و گاز طبیعی - تاسیسات تولید دریایی - مدیریت حوادث بزرگ در طول طراحی تاسیسات جدید	ISO 17776
صنایع نفت، پتروشیمی و گاز طبیعی - تضمین تولید و مدیریت قابلیت اطمینان	ISO 20815
صنایع نفت و گاز طبیعی - کنترل و کاهش آتش‌سوزی و انفجارها در تاسیسات تولید دریایی - الزامات و راهنماها	ISO 13702
صنایع نفت، پتروشیمی و گاز طبیعی – گردآوری و تبادل داده‌های قابلیت اطمینان و نگهداشت تجهیزات، ویرایش ۳، سپتامبر ۲۰۱۶	ISO 14224
دستورالعمل‌های بکارگیری از IEC 6150 و IEC 61511 در فعالیت‌های پتروشیمی در فلات‌قاره	NOG 070
ایمنی فنی	NORSOK S001
تحلیل ریسک و آمادگی اضطراری	۰۱۳-NORSOK Z

۳ اصطلاحات، تعاریف و اصطلاحات خلاصه‌شده

۳٫۱ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این سند، اصطلاحات و تعاریف زیر بکار برده می‌شود.

۳٫۱٫۱ زمان تعمیر فعال / active repair time

زمان موثر برای انجام تعمیر یک آیتم

نکته ۱: استاندارد ISO 14224:2016 بین اصطلاحات میانگین زمان تعمیر فعال (MART)، میانگین زمان تعمیر (MTTR)، میانگین زمان بازسازی (MTTRes) و میانگین زمان کلی تعمیر (MRT) تمایز قائل شده است. برای جزئیات بیشتر به ISO 14224:2016 مراجعه کنید.

نکته ۲: در ISO/TR 12489:2013, 3.1.34 میانگین زمان تعمیر فعال (MART) به عنوان «زمان تعمیر فعال مورد انتظار» تعریف شده است. به ISO/TR 12489:2013 و شکل‌های ۵ و ۶ مراجعه کنید.

۳٫۱٫۲ قابلیت دسترسی / دسترسی‌پذیری / availability

توانایی بودن در وضعیتی، که برای انجام آنچه مورد نیاز است، «لازم» است

نکته ۱: برای شرح و تفسیر دقیق‌تر به ISO 14224:2016 پیوست C مراجعه کنید.

نکته ۲: عبارات بیشتری در ISO/TR 12489:2013 آورده شده است.

۳٫۱٫۳ مانع / barrier

گروه کارکردهایی از حفاظ‌ها یا کنترل‌های منتخب به منظور پیشگیری از بروز یک حادثه بزرگ یا محدود کردن پیامدهای آن

نکته ۱: موانع می‌توانند به موانع فنی، عملیاتی و سازمانی تقسیم شوند.

نکته ۲: این سند بر عناصر مانع فنی تمرکز دارد.

۳٫۱٫۴ می‌تواند / can

این عبارت در محتوای سند بیان‌گر خروجی قابل انتظار یا قابل تصور فیزیکی است.

۳٫۱٫۵ نگهداشت مبتنی بر وضعیت (اقتضایی) / condition-based maintenance

نگهداشت پیشگیرانه بر اساس ارزیابی وضعیت فیزیکی

نکته ۱: ارزیابی وضعیت می‌تواند با مشاهده اپراتور، انجام شده بر اساس یک برنامه زمان‌بندی، یا با نظارت بر وضعیت پارامترهای سیستم انجام شود.

۳٫۱٫۶ پایش وضعیت / condition monitoring

کسب اطلاعات در مورد وضعیت فیزیکی یا پارامترهای عملیاتی

نکته ۱: پایش وضعیت برای تعیین اوقاتی که نت پیشگیرانه ممکن است مورد نیاز باشد استفاده می‌شود.

نکته ۲: پایش وضعیت ممکن است به صورت خودکار در طول عملیات و یا در فواصل زمانی برنامه‌ریزی‌شده انجام شود.

۳٫۱٫۷ پیامد / consequence

نتیجهٔ یک رخداد

نکته ۱: ممکن است یک رخداد دارای یک یا چند پیامد باشد. پیامدها ممکن است از مثبت تا منفی متغیر باشند. با این حال، پیامدها همیشه از لحاظ جنبه‌های ایمنی منفی هستند. پیامدها ممکن است به صورت کیفی یا کمی بیان شوند.

نکته ۲: در پیوست C.2، ISO 14224:2016 و پیوست C.1.10 مثال‌هایی از طبقه‌بندی پیامدها آمده است.

نکته ۳: همچنین به تعریف اثر شکست در بند ۳٫۱٫۱۷ نگاه کنید.

۳٫۱٫۸ طبقه‌بندی پیامدها / consequence classification

تحلیل کیفی رخدادها و شکست‌ها و تعیین پیامدهای ناشی از آن‌ها

نکته ۱ : تعاریف بندهای ۳٫۱٫۹، ۳٫۱٫۱۰ و ۳٫۱٫۱۱ را ببینید.

۳٫۱٫۹ پیامد HSE / consequence HSE

پیامدهای مرتبط با بهداشت، ایمنی و/یا زیست‌محیطی (HSE) یک رخداد

۳٫۱٫۱۰ پیامد تولید / consequence production

اثری بر تولید، ناشی از یک شکست کارکردی که در آن اثرات کاهنده (به عنوان مثال، قطعات یدکی، نیروی انسانی و ابزارها) و اقدامات جبرانی مورد توجه قرار نمی‌گیرند.

۳٫۱٫۱۱ دیگر پیامدها / consequence other

پیامدهای دیگر ناشی از شکست کارکردی که جزء پیامدهای HSE یا پیامد تولید نباشند

نکته ۱: ممکن است شامل زیان‌های مالی و از دست دادن اعتبار نیز باشد.

۳٫۱٫۱۲ نگهداشت (نت) اصلاحی / corrective maintenance

نگهداشتی که پس از تشخیص خطا با هدف ترمیم انجام می‌شود

نکته ۱: همچنین ISO/TR 12489:2013، شکل‌های ۵ و ۶ را ببینید که اصطلاحات مورد استفاده برای کمی کردن نت اصلاحی را نشان می‌دهد.

۳٫۱٫۱۳ شکست بحرانی / critical failure

شکست یک واحد تجهیز که باعث توقف فوری انجام یک کارکرد مورد نیاز می‌شود

نکته ۱: شامل شکست‌هایی است که نیاز به اقدام فوری در جهت توقف کارکرد دارند، حتی اگر عملیات واقعی بتواند برای یک دوره زمانی کوتاه ادامه یابد. یک شکست بحرانی منجر به یک تعمیر برنامه‌ریزی‌نشده می‌شود.

۳٫۱٫۱۴ شکست ناشی از افت / degraded failure

شکستی که کارکرد(های) اساسی را متوقف نمی‌کند، و تنها یک یا چند کارکرد را به خطر می‌اندازد

نکته ۱: شکست می‌تواند تدریجی، جزئی یا هر دو باشد. کارکرد را می‌توان با هر ترکیبی از خروجی‌های کاهش‌یافته، افزایش‌یافته یا نامنظم به خطر انداخت. معمولاً تعمیری فوری می‌تواند به تاخیر بیافتد اما به مرور زمان، اگر اقدامات اصلاحی صورت نگیرد، چنین شکست‌هایی می‌توانند به یک شکست بحرانی تبدیل شوند.

۳٫۱٫۱۵ کلاس تجهیز / equipment class

کلاس انواعِ مشابه واحدهای تجهیزات (برای مثال همه پمپ‌ها)

نکته ۱ : پیوست A در ISO 14224:201 کلاس‌های تجهیزات را ارائه می‌دهد و همچنین حاوی داده‌های تجهیزات خاص برای کلاس تجهیزات است.

۳/۱/۱۶ شکست (خرابی) / failure

از دست رفتن توانایی کارکرد «برای یک آیتم» آن‌طور که لازم است

نکته ۱: شکست یک آیتم رخدادی است که منجر به خطای آن آیتم می‌شود: ببینید خطا در بند ۳/۱/۱۷).

نکته ۲ : شکست یک آیتم یک رخداد است، در حالی که خطای یک آیتم یک وضعیت است.

۳/۱/۱۷ علت شکست / failure cause

مجموعه‌ای از شرایط که منجر به رخداد شکست می‌شوند

نکته ۱: علت شکست می‌تواند در طول تعیین خصوصیات، طراحی، ساخت، نصب و عملیات نگهداشت یک آیتم ایجاد شود.

نکته ۲ : همچنین ISO 14224:2016 و جداول B.3 و B.2.3 را که در آن دلایل شکست برای تمام کلاس‌های تجهیزات تعریف شده است را ببینید.

۳/۱/۱۸ فرکانس شکست (نرخ وقوع) / failure frequency

سختی شکست بدون قید و شرط؛ احتمال شرطی در واحد زمان که آیتم بین t و t+dt دچار شکست شود، به شرطی که این آیتم در زمان صفر در حال کار بوده باشد.

نکته ۱: عبارت دیگری که برای فرکانس شکست استفاده می‌شود «نرخ وقوع» است.

نکته ۲: برای نرخ شکست و تخمین فرکانس شکست ISO 14224:2016, C. را ببینید.

نکته ۳: به تفاوت بین نرخ شکست و فرکانس شکست توجه کنید. نرخ شکست در ISO 14224:2016, 3.32 تعریف شده است.

۳/۱/۱۹ اثر شکست / failure impact

تاثیر یک شکست بر کارکرد(های) یک تجهیز یا تاثیر آن بر واحد صنعتی

نکته ۱: در سطح تجهیزات، تاثیر شکست می‌تواند در سه کلاس (بحرانی، افت و اولیه) طبقه‌بندی شود؛ به تعاریف «شکست بحرانی»، «شکست افت» و «شکست اولیه» در ISO 14224:2016 و بندهای ۳٫۹، ۳٫۱۱ و ۳٫۴۰ مراجعه کنید.

۳٫۱٫۲۰ سازوکار (مکانیزم) شکست / failure mechanism

فرایندی که منجر به شکست می‌شود

نکته ۱ : این فرایند می‌تواند فیزیکی، شیمیایی، منطقی یا ترکیبی از آن‌ها باشد.

نکته ۲ : همچنین ISO 14224:2016، پیوست B.2.2 و جدول B.2 را ببینید که در آن‌ها دلایل شکست برای تمام کلاس‌های تجهیزات تعریف شده‌اند.

۳٫۱٫۲۱ حالت شکست / failure mode

وضعیتی که شکست در آن رخ می‌دهد

نکته ۱: همچنین جداول SO 14224:2016 را در مورد حالت‌های شکست مربوطه که حالت‌های شکست مورد استفاده برای هر کلاس از تجهیزات را تعریف می‌کند، ببینید.

۳٫۱٫۲۲ نرخ شکست / failure rate

احتمال شرطی در هر واحد زمانی که آیتم بین t و dt شکست بخورد، به شرطی که در کل بازهٔ [۰، t] کار کرده باشد.

نکته ۱: همچنین به تعریف نرخ شکست در ISO/TR 12489:2013, 3.1.18 نگاه کنید.

نکته ۲: در رابطه با نرخ شکست و تخمین فرکانس شکست ISO 14224:2016, C. را ببینید.

نکته ۳: به تفاوت بین نرخ شکست و فرکانس شکست توجه کنید. فرکانس شکست در ISO 14224:2016, 3.27 تعریف شده است.

۳٫۱٫۲۳ خطا (عیب) / fault

عدم توانایی در انجام کارکرد مورد نیاز در نتیجهٔ یک وضعیت داخلی

نکته ۱: خطای یک آیتم ناشی از شکست است، خواه ناشی از شکست خود آیتم، و خواه از نقص در مرحله اولیه چرخه حیات، مانند مشخصات، طراحی، ساخت یا نگهداشت. همچنین خطای پنهان را در ISO ۱۴۲۲۴:۲۰۱۶ ببینید.

۳/۱/۲۴ مفهوم نگهداشت (نگهداری و تعمیرات) عمومی / GMC / generic maintenance concept

مجموعه اقدامات، استراتژی‌ها و جزییاتِ نگهداشت، که یک روش نگهداشت مقرون‌به‌صرفه را برای یک گروه عمومی تعریف‌شده از تجهیزات که تحت شرایط عملیاتی و چارچوبی مشابه کار می‌کنند، نشان می‌دهد.

۳/۱/۲۵ خطر / hazard

منبعِ بالقوهٔ آسیب

نکته ۱: در زمینه صحبت این استاندارد، آسیب بالقوه ممکن است مربوط به آسیب انسانی، آسیب به محیط‌زیست، آسیب به اموال، یا ترکیبی از این موارد باشد.

۳/۱/۲۶ شکست پنهان / hidden failure

شکستی که بلافاصله پس از وقوع برای پرسنل عملیات و نگهداشت مشهود نباشد

نکته ۱: شکست‌های تجهیزاتی که در یک نقطه زمانی اولیه رخ داده‌اند، اما برای اولین بار هنگام درخواست مشاهده شدند، در این دسته قرار می‌گیرند. چنین شکست‌هایی ابتدا زمانی آشکار می‌شوند که کارکرد مربوطه مورد آزمایش قرار گیرد (فعال شود).

۳/۱/۲۷ شکست اولیه / incipient failure

نقص در حالت یا وضعیت یک آیتم، که اگر اقدامات اصلاحی بر روی آن صورت نگیرد ممکن است (یا نباشد) در نهایت منجر به رخ دادن یک شکست یا شکست بحرانی قابل انتظار شود.

نکته ۱: ثبت شکست اولیه مستلزم وجود معیارهایی برای زمان‌هایی دارد که خطایی با این ماهیت نیاز به ثبت دارد، در عوض وضعیت یا شرایطی که در آن هیچ اقدامی اصلاحی مورد نیاز نیست.

۳/۱/۲۸ بازرسی / inspection

فعالیتی که به صورت دوره‌ای انجام می‌شود و برای ارزیابی پیشرفت آسیب در یک آیتم مورد استفاده قرار می‌گیرد.

نکته ۱: بازرسی می‌تواند شامل استفاده از ابزارهای فنی (برای مثال NDT) یا تحت عنوان بررسی چشمی باشد.

نکته ۲: این سند از اصطلاح رایج «بازرسی» در صنعت نفت و گاز استفاده می‌کند، که بازرسی و مدیریت بازرسی را به فعالیت بررسی انطباق تجهیزات توسط دستگاه‌های NDT یا بررسی بصری در فواصل منظم مرتبط می‌سازد.

۳٫۱٫۲۹ آیتم / item

موضوع مورد توجه. بخش، قطعه، وسیله، واحد کارکردی، تجهیز یا سیستمی که می‌تواند به تنهایی توصیف و در نظر گرفته شود

نکته ۱: آیتم می‌تواند یک قطعهٔ مجزا، جزئی از تجهیز، دستگاه، واحد عملکردی، تجهیزات، زیرسیستم، یا سیستم باشد.

۳٫۱٫۳۰ کارکرد اصلی main function / MF

وظایف اصلیِ در نظر گرفته شده در یک سیستم

نکته ۱: پیوست A یک مرور کلی از کارکردهای اصلی معمول برای یک واحد تولید نفت و گاز ارائه می‌دهد.

۳٫۱٫۳۱ نگهداشت‌پذیری maintainability /

قابلیت یک آیتم برای حفظ یا بازیابی به حالتی که در شرایط مورد نیاز استفاده و نگهداشت می‌شود

نکته ۱: این شرایط شامل جنبه‌هایی است که قابلیت نگهداشت را تحت‌تاثیر قرار می‌دهند، مانند: محل نگهداشت، قابلیت دسترسی، روش‌ها و منابع نگهداشت.

نکته ۲: همچنین ISO 14224:2016 و پیوست C را برای تعریف دقیق‌تر و تفسیر قابلیت نگهداشت ببینید.

۳٫۱٫۳۲ آیتم قابل نگهداشت maintainable item /

آیتمی که یک قطعه یا مجموعه‌ای از قطعات را تشکیل می‌دهد و معمولاً در سلسله مراتب تجهیزات در طول نگهداشت در پایین‌ترین سطح قرار می‌گیرد.

۳/۱/۳۳ نگهداشت (نگهداری و تعمیرات - نت) / maintenance

ترکیبی از تمام اقدامات فنی و مدیریتی به منظور حفظ یا بازیابی یک آیتم در وضعیتی که بتواند کارکرد مورد نظر را انجام دهد

نکته ۱: شکل ۶ و ISO 14224:2016 دسته‌های اصلی نگهداشت را با جزئیات بیشتر نشان می‌دهد. ISO 14224:2016 و جدول B5 انواع اصلی فعالیت‌های نگهداشت را که معمولاً انجام می‌شوند را نشان می‌دهد.

۳/۱/۳۴ اثربخشی نگهداشت / maintenance effectiveness

نسبت بین نتیجه واقعی نگهداشت و هدف عملکرد

نکته ۱: نمونه‌هایی از شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPI) که می‌توانند برای اندازه‌گیری اثربخشی نگهداشت مورد استفاده قرار گیرند در بند ۱۰ و ISO 20815:2008 و پیوست E آمده است.

۳/۱/۳۵ مدیریت نگهداشت / maintenance management

تمامی فعالیت‌های مدیریتی که اهداف، راهبردها و مسوولیت‌های نگهداشت را تعیین و با استفاده از روش‌هایی چون برنامه‌ریزی نگهداشت، نظارت و کنترل نگهداشت، بهبود روش‌ها در سازمان را از جنبه‌های اقتصادی انجام می‌دهند.

۳/۱/۳۶ استراتژی نگهداشت / maintenance strategy

روشی مدیریتی که برای رسیدن به اهداف نگهداشت مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۳/۱/۳۷ ممکن است / may

عبارتی در محتوای سند که حاکی از رضایت یا آزادی (یا فرصت) برای انجام کاری است.

۳/۱/۳۸ اصلاح / modification

ترکیب کلیه اقدامات فنی و اجرایی در نظر گرفته شده برای تغییر یک آیتم

نکته ۱: اصلاح معمولا بخشی از نگهداشت نیست اما با این حال اغلب توسط پرسنل نگهداشت انجام می‌شود.

نکته ۲: برای تمایز بین نگهداشت ناشی از شکست و نگهداشت به دلیل اصلاح تجهیزات دقت لازم است.

۳٫۱٫۳۹ استاندارد عملکرد performance standard / PS

اظهاری قابل‌اندازه‌گیری از عملکرد مورد نیاز سیستم، آیتمِ تجهیزات، شخص یا رویه، که به صورت کیفی یا کمی بیان می‌شود و بر آن به عنوان مبنایی برای مدیریت خطر بر آن تکیه می‌شود.

۳٫۱٫۴۰ نگهداشت (نت) پیش‌بینانه predictive maintenance /

نگهداشت بر اساس پیش‌بینی وضعیت آیندهٔ یک آیتم، که بر اساس مجموعه مشخصی از داده‌های تاریخچه‌ای و پارامترهای عملیاتیِ شناخته‌شده، برآورد یا محاسبه شده است

۳٫۱٫۴۱ نگهداشت (نت) پیشگیرانه (PM) / preventive maintenance

نگهداشتی که به منظور کاهش افت و احتمال شکست انجام می‌شود

نکته ۱: نگهداشت پیشگیرانه شامل نگهداشت مبتنی بر وضعیت و نگهداشت از پیش تعیین‌شده است، شکل ۶ ISO 14224:2016 را ببینید.

۳٫۱٫۴۲ تضمین تولید production assurance /

فعالیت‌هایی که برای دستیابی و حفظ عملکردی که از نظر اقتصاد کلی در حد مطلوب و در عین حال با شرایط چارچوب قابل اجرا سازگار باشد، انجام می‌شود.

۳٫۱٫۴۳ افزونگی Redundancy /

وجود بیش از یک وسیله برای انجام یک کارکرد مورد نیاز از یک آیتم

نکته ۱: برای جزئیات بیشتر ISO 14224:2016, C.1 را ببینید، که در آن حالت منفعل (سرد)، حالت فعال (گرم) و افزونگی ترکیبی توصیف شده‌اند.

نکته ۲: افزونگی در IEC 61508:2010 «تحمل خطا» نامیده شده است.

۳٫۱٫۴۴ قابلیت اطمینان reliability /

توانایی یک آیتم در انجام یک کارکرد مورد نیاز، تحت شرایط معین در یک بازهٔ زمانی مشخص

۳/۱/۴۵ نگهداشت (نت) مبتنی بر قابلیت اطمینان reliability centred maintenance / RCM

روشی سیستماتیک برای تعیین اقدامات نگهداشت مربوطه بر اساس احتمال و پیامد شکست

۳/۱/۴۶ کارکرد مورد نیاز (کارکرد لازم) required function /

کارکرد یا ترکیب کارکردهای یک آیتم که برای ارائهٔ یک خدمت خاص ضروری به نظر می‌رسند

۳/۱/۴۷ ریسک risk /

ترکیبی از احتمال وقوع یک رخداد و پیامدهای آن رخداد

نکته ۱: اطلاعات مهم بیشتری را در رابطه با تعریف ریسک در ISO 20815 ببینید.

۳/۱/۴۸ بازرسی مبتنی بر ریسک risk based inspection / RBI

یک تکنیک تصمیم‌گیری برای برنامه‌ریزیِ بازرسی‌ای که برای کاستن از احتمال شکست و پیامدهای شکست مبتنی بر ریسک باشد

نکته ۱: این ریسک‌ها در درجه اول از طریق بازرسی تجهیزات مدیریت می‌شوند.

۳/۱/۴۹ سیستم ایمنی safety system /

سیستمی که برای اجرای یک یا چند کارکرد ایمنی به کار می‌رود

نکته ۱: کارکرد ایمنی در ISO/TR 12489:2013, 3.1.6 به عنوان «کارکردی که برای دستیابی یا حفظ یک وضعیت ایمن، با توجه به یک رویداد خاص خطرناک» تعریف می‌شود.

نکته ۲: سیستم‌های با کارکرد ایمنی در ISO/TR 12489:2013, پیوست A تعریف شده‌اند.

۳/۱/۵۰ بایستی shall /

عبارتی در محتوای سند که ضوابط عینیِ قابل تایید را منتقل می‌کند و در صورت انطباق با سند، هیچ انحرافی از آن مجاز نیست.

۳/۱/۵۱ باید should /

عبارتی در محتوای سند که بیانگر یک انتخاب احتمالی پیشنهادی یا روشی عملی است، که بدون اینکه لزوماً موارد دیگری ذکر یا مستثنی شوند مناسب تلقی می‌شود.

۳٫۱٫۵۲ کارکرد فرعی / sub function

گروه‌بندی آیتم‌هایی که کارکرد مشابهی را در یک کارکرد اصلی (MF) انجام می‌دهند

نکته ۱: فهرستی از کارکردهای فرعی استاندارد شده را در پیوست B ببینید.

۳٫۱٫۵۳ تگ / شماره تگ / tag/ tag number

کد منحصربه‌فردی که کارکرد تجهیزات و موقعیت فیزیکی آن‌ها را مشخص می‌کند

۳٫۱٫۵۴ شکست ناایمن / unsafe failure

شکست یک سیستم ایمنی که باعث اختلال در یک اقدام ایمنی معین می‌شود

نکته ۱: در زمینهٔ سیستم‌های ایمنی، ناایمن مترادف با «خطرناک» است.

نکته ۲: شکست ناایمنِ یک آیتم لزوماً شکست بحرانی آن آیتم نیست. اطلاعات بیشتر را در بند ۸٫۳ ببینید.

۳٫۲ واژه‌های اختصاری

API	American Petroleum Institute	موسسهٔ نفت آمریکا
BOM	bill of material	لیست مواد
CE	Conformité Européenne	نشان سی‌آی (مطابقت اروپایی)
CM	corrective maintenance	نگهداشت (نت) اصلاحی
CMMS	computerized maintenance management system	سیستم رایانه‌ای مدیریت نگهداشت
EN	European Standard	استاندارد اروپایی
FMECA	failure mode, effect and criticality analysis	تحلیل بحرانیت، اثرات و حالات شکست
GMC	generic maintenance concept	مفهوم نگهداشت عمومی
HSE	health, safety and environment	بهداشت، ایمنی و محیط زیست
IEC	International Electrotechnical Commission	کمیسیون بین المللی الکتروتکنیک
ISO	International Organization for Standardization	سازمان بین المللی استاندارد
KPI	key performance indicator	شاخص کلیدی عملکرد
LCC	life cycle cost	هزینهٔ چرخهٔ عمر
LCP	life cycle profit	سود چرخهٔ عمر
MF	main function	کارکرد اصلی
NDT	non destructive testing	آزمایش غیر مخرب
NOG	Norwegian Oil and Gas Association	انجمن نفت و گاز نروژ
OEM	original equipment manufacturer	تولیدکننده تجهیزات اصلی
OREDA®	offshore and onshore reliability data	داده های قابلیت اطمینان دریایی و خشکی
P&ID	process and instrumentation diagram	نمودار لوله‌کشی و تجهیزات
PM	preventive maintenance	نگهداشت (نت) پیشگیرانه
PS	performance standard	استاندارد عملکرد
PSA	Petroleum Safety Authority	سازمان ایمنی نفت
PU	parallel unit	واحد موازی
QRA	quantitative risk analysis	تحلیل کمی ریسک
RBI	risk based inspection	بازرسی مبتنی بر ریسک
RCM	reliability centred maintenance	نگهداشت مبتنی بر قابلیت اطمینان
SIL	safety integrity level	سطح یکپارچگی ایمنی

۴ روش‌شناسی مدیریت نگهداشت مبتنی بر ریسک

۴٫۱ کلیات

ارزیابی ریسک بایستی به عنوان اصلی راهنما در تصمیم‌گیری‌های نگهداشت مورد استفاده قرار گیرد. این سند توضیح می‌دهد که چگونه این کار را به شیوه‌ای موثر انجام دهید. عناصر کلیدی این روش به شرح زیر است:

الف) طبقه‌بندی پیامدهای شکست کارکردی؛

ب) یک فرایند انتخاب وظایف نگهداشت مبتنی بر ریسک. در درجه اول شناسایی حالات شکست مربوطه و برآورد احتمال شکست باید بر اساس تجربه عملیاتی تجهیزات واقعی باشد. به همین ترتیب داده‌های شکست عمومی از عملیات مشابه را نیز می‌توان مطابق با ایزو ۲۰۸۱۵ آمده در پیوست E.2 با قابلیت اطمینان کافی داده‌ها مورد استفاده قرار داد.

پ) استفاده از مفاهیم عمومی نگهداشت (GMCs) در ترکیب با روش‌های نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) کلاسیک. مفاهیم عمومی نگهداشت بر اساس تجربه تحلیل نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) از جمله تجربه در واحدهای صنعتی، توسعه داده شده‌اند. مفاهیم عمومی نگهداشت به طور ضمنی احتمال شکست را از طریق وظایف و فواصل نگهداشت اختصاص‌داده‌شده بیان می‌کنند. توصیه می‌شود که مفاهیم عمومی نگهداشت از طریق ارزیابی هزینه - فایده در شرایط محلی و سایر شرایط محلی تطبیق داده شوند؛

ت) در صورتی که هیچ یک از مفاهیم عمومی نگهداشت قابل اعمال نباشند یا هدفِ مطالعه نیازمند ارزیابی‌های عمیق‌تر باشد، تحلیل‌های بازرسی ریسک محور (RBI)، نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) و تحلیل بحرانیت، اثرات و حالات شکست (FMECA) باید انجام شوند؛

ث) بکارگیری طبقه‌بندی پیامدها و عوامل ریسک اضافی در تصمیم‌گیری‌های مرتبط با نتِ اصلاحی و مدیریت قطعات یدکی.

به همان اندازه که ارزیابی ریسک مهم است، داشتن فرایندهای کاریِ به خوبی تعریف‌شده و تعهد شرکت و لایهٔ مدیریتی نیز مهم است. این سند، گردش‌کارِ اصلی را توصیف می‌کند و حداقل الزامات برای هر یک از مراحل این فرایند را تنظیم می‌کند. علاوه بر این، این فرایند به اهمیتِ بهبود مستمر بر اساس گزارش و تجزیه و تحلیل شرایط واحد صنعتی اشاره می‌کند.

۴/۲ عناصرِ مانعِ فنی

بنابر ISO 17776 و استاندارد NORSOK Z-013، موانع فنی مرتبط با ایمنی یا محیط‌زیست، به عنوان بخشی از فرایند اصلیِ مدیریت خطر حوادث بزرگ تعریف می‌شوند. سناریوهای حادثه بزرگ تعریف و کارکردها و سیستم‌های مانعی که از خطر جلوگیری کرده یا آن را کاهش می‌دهند، شناسایی می‌شوند. الزامات عملکرد به عنوان بخشی از این تحلیل ایجاد شده و عملکرد کلی به شکل استانداردهای عملکرد (PS) یا مشابه آن‌ها مستند می‌شوند. استانداردهای عملکرد، الزامات را با توجه به دسترسی‌پذیری، ظرفیت و عملکرد کارکردهای مانع تعیین خواهد کرد. ارجاع به NORSOK S-001، ISO 13702، IEC 61508، IEC 61511، NOG 070، ISO/TR12489 و ISO 20815 است.

ایزو ۱۴۲۲۴، F.4.2، رایج‌ترین سیستم‌ها و اجزای ایمنی را با تعریف حالت‌های شکست بحرانی / خطرناک برای تاسیسات نفت و گاز فهرست کرده است.

عناصرِ مانعِ فنی، آیتم‌هایی فیزیکی هستند که یک یا چند کارکرد مانع را محقق می‌سازند.

یکی از مهم‌ترین وظایف برای سازمانِ نگهداشت حفظ این عملکرد در طول چرخه عمر واحد صنعتی است. در صورت رخ دادن شکست، الزامات دسترسی‌پذیری باید برای تعیین برنامهٔ فعالیت‌های PM و برنامه‌های اضطراری استفاده شوند.

برای طبقه‌بندی پیامدهای عناصرِ مانعِ فنی بند ۷ را نگاه کنید.

برای نگهداشت عناصر مانعِ فنی به بند ۸/۴ مراجعه کنید.

دسترسی‌پذیری فنی کارکردهای مانع بایستی در تمام زمان‌ها کنترل و مستند شود. افزایشِ فرکانس شکست و عدم دسترسی به سیستم بایستی به عنوان مبنایی برای تغییر فواصل تست و سایر اقدامات کاهنده به منظور اطمینان از انطباق با الزامات کارکردی استفاده شود.

برای اطلاعات بیشتر درباره الزامات گزارش‌دهی بند ۱۰ را ببینید.

۴٫۳ تجهیزات فرایندهای ایستا

تجهیزات فرایندهای ایستا[۱] کارکردی دوگانه دارند. به این معنی که یک کارکرد مربوط به ذخیره‌سازی یا حمل و نقل گاز یا مایعات می‌شود و یک کارکرد حفاظتی در ارتباط با جلوگیری از نشت خارجی گاز و مایعات. الزامات کارکردی برای ذخیره یا انتقال گاز و مایعات در بند ۷ این سند آمده است.

به منظور ایجاد یک برنامهٔ بازرسی برای کارکرد حفاظتی تجهیزات، لازم است ارزیابی‌های دقیق مشابه با فرایند FMECA و RCM که معمولا RBI (بازرسی مبتنی بر ریسک) نامیده می‌شود، انجام شود. این فرایند نیاز به دانستن موارد زیر دارد:

- مکانیسم شکست. که احتمال شکست در آن به خواص مواد، ترکیبات سیال داخلی و محیط عملیاتی خارجی برمی‌گردد.
- پیامد نشتی[۲] نسبت به پرسنل، آسیب‌های محیطی و زیان‌های مالی.

ترکیب موارد بالا نشان‌دهندهٔ خطر رخداد شکست است که بایستی کاهش یابد.

روش طبقه‌بندی پیامدها می‌تواند به عنوان مبنایی برای آماده‌سازی بازرسی مبتنی بر ریسک (RBI) برای غربالگری تجهیزات مکانیکی ایستا با هدف حذف تجهیزات غیربحرانی برای تحلیل بیشتر و اولویت‌بندی سایر تجهیزات برای ارزیابی‌های عمیق‌تر ریسک به کار گرفته شود.

نتیجه فرایند بازرسی ریسک محور (RBI) موارد ذیل را تعیین می‌کند:

- مکان و گسترهٔ بازرسی و پایش وضعیت،
- روش‌های بازرسی،
- فواصل بازرسی.

بسته به نوع شیء چندین استاندارد برای اجرای تحلیل بازرسی ریسک‌محور (RBI) وجود دارد. برای سیستم‌های جانبی به DNVGL-RP-G101، برای رایزرها به DNVGL-RP-F206، برای

---

۱ Static process equipment

۲ leakage

سیستم‌های خط لوله زیردریایی به DNVGL-RP-F116 و برای سیستم‌های تولید دریایی به NVGL-RP-0002 ارجاع می‌شود. برای پالایشگاه‌ها PI RP 580 می‌تواند اعمال شود.

۴٫۴ معیارهای تصمیم‌گیری ریسک

تصمیمات مبتنی بر ریسک بایستی بر اساس معیارهای تعریف‌شده انجام شوند. تعریف معیارها باید مطابق با سیاست کلی شرکت در حوزه‌های HSE، تولید و هزینه انجام شود. این معیارها بایستی به درستی تعریف شده و به تمام پرسنل درگیر در تصمیم‌گیری ریسک، از جمله پرسنل عملیاتی اطلاع‌رسانی شود.

این سند هیچ معیار عمومی‌ای را تعریف نمی‌کند اما نمونه‌ای از چنین معیارهایی را توصیف می‌کند. همچنین به NORSOK Z-013, ISO 17776 و ISO 1422 نگاه کنید. سطح جزئیات در هر ماتریس ریسک استفاده‌شده خاص شرکت است و می‌تواند از یک ماتریس ۳ در ۳ به یک ماتریس با جزئیات بیشتر ۵ در ۱۰ تغییر کند.

اصول زیر باید اعمال شوند:

- ماتریس پیامدها و ریسکِ مورد استفاده برای اهداف نگهداشت، باید تا جایی که ممکن است با ماتریس ریسک کلی شرکت هم‌راستا باشد. این ماتریس اما می‌تواند برای اهداف نگهداشت سفارشی شود تا پشتیبانِ برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی مناسب فعالیت‌های نگهداشت باشد؛ و باید برای تمام عملیات یک شرکت یکسان باشد تا به بهینه‌سازی و تخصیص منابع بر این اساس و ایجاد یک واژگان مشترک برای اطلاع‌رسانی ریسک کمک کند.
- علاوه بر این، معیارهای مشابهی باید برای همه تجهیزات و سیستم‌ها (همچنین برای تجهیزات تحت پوشش استانداردهای دیگر مانند سازه‌های باربر، رایزرها و خطوط لوله) مورد استفاده قرار گیرد. این امر به ویژه برای نگهداشت عرشه و برنامه‌ریزیِ بازرسی که اساساً با همان سخت‌افزار کار می‌کنند، مهم است؛
- پیامد از دست رفتن کارکردها (هم از دست رفتن کارکردهای اصلی و هم کارکردهای فرعی) بایستی افزونگی آماده‌به‌کار را در نظر بگیرد (نگاه کنید به ۳٫۱٫۴۳) و بر این اساس اثر را کاهش دهد.

پیوست C مثالی از معیارهایی را ارائه می‌دهد که می‌تواند برای طبقه‌بندی، توسعه کارها و وظایف پیشگیرانه، اولویت‌بندی دستورکارها و همچنین بهینه‌سازی قطعات یدکی مورد استفاده قرار گیرد.

۴٫۵ ورودیِ مهندسی نگهداشت

مهندسی نگهداشت و توسعه یک برنامه نگهداشت باید به عنوان بخشی از مقدمات طراحی در مراحل اولیه یک فاز پروژه در نظر گرفته شود. زیرا تصمیمات بکارگرفته‌شده در طراحی بر سطح و نوع نگهداشتِ لازم هنگام عملیات تاثیر می‌گذارد.

تاثیر طرح‌ها بر قابلیت اطمینان، عملیات، نگهداشت‌پذیری و سطح نگهداشت باید در تمام مراحل طراحی در نظر گرفته شود.

نمونه‌هایی از مطالعات مرتبط که می‌توانند به مهندسی نگهداشت ورود داشته باشند عبارتند از:

- تحلیل موانع (استانداردهای عملکرد) (رجوع شود به NORSOK S-001 / ISO 13702)
- تحلیل سطح یکپارچگی ایمنی (SIL) (رجوع شود به IEC 61508/61511, NOG 070)
- تحلیل قابلیت اطمینان (رجوع شود به ISO 20815)
- تحلیل بازرسی مبتنی بر ریسک (RBI) (رجوع شود به NVGL-RP-G101)
- هزینه/سود چرخه عمر (LCC/LCP) (رجوع شود به ISO 15663)؛
- مطالعات مربوط به نگهداشت‌پذیری؛
- مطالعات محیط کاری (رجوع شود به ORSOK S-002)
- مطالعات مربوط به اداره کردن و رسیدگی مواد؛
- مطالعات نیروی انسانی؛
- مطالعات خطر و عملیات‌پذیری HAZOP (رجوع شود به NORSOK Z-013)

قبل از انجام هر گونه تحلیل دقیق نگهداشت، طراحی مناسب و مستند عملیاتی باید وجود داشته باشد.

۵ مدیریت نگهداشت

اهداف این بند شامل موارد زیر است:

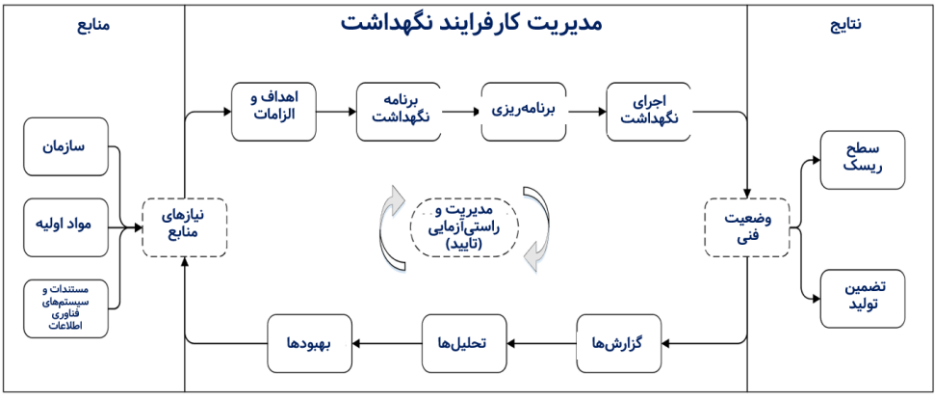
- توصیف عناصر کلیدی و انتظارات از فرایند کلی مدیریت نگهداشت،
- توصیف مواردی در فرایند مدیریت نگهداشت که طبقه‌بندی پیامدها در آن‌ها قابل اجرا است،
- برجسته کردن این که چگونه جنبه‌های مختلف مدیریت ریسک در مراحل مختلف فرایند در نظر گرفته می‌شوند،
- پیوند مراحل اصلی به بقیه سند، که در آن جزئیات ارزیابی ریسک شرح داده می‌شود.

این توصیف شرح جامعی از مدیریت نگهداشت در مفهوم گسترده‌تر آن نیست. با این حال، شرح کوتاهی از آنچه را که به طور معمول در هر مرحله شامل می‌شود، ارائه می‌دهد.

مدیریت نگهداشت به عنوان فرایندی نشان‌داده شده است که طی آن محصولات با ریسک‌های HSE پایین و عملکرد تولیدی سطح بالا تولید می‌شوند. مدل پایه پیشنهادی به عنوان بهروش صنعت نفت و گاز در شکل ۱[۱] نشان‌داده شده است.

در سطحی کلی، منابع، مدیریت فرایندهای کاری و نتایج وجود دارند. هر یک از عناصر در فرایند مدیریت، ممکن است در قالب مجموعه‌ای از فرایندها و محصولات فرعی شرح داده شوند. در ادامه شرح مختصری از عناصر مختلف در فرایند مدیریت نگهداشت آورده شده است. این عناصر، که در آن ارزیابی ریسک، استفاده از طبقه‌بندی پیامدها و احتمال برای ارزیابی شکست مهم هستند، در این سند بیشتر توضیح داده می‌شوند و در پایین ارجاع داده می‌شوند.

[۱] این مدل بر اساس "Basistudie" PSA تهیه شده در سال ۱۹۹۸ است



شکل ۱ - فرایند مدیریت نگهداشت

اهداف و الزامات: اهداف باید برای متعهد ساختن سازمان به سطح قابل تحققی از عملکرد تعیین شوند. اهداف باید بر روی سطح جاه‌طلبانه‌ای از موارد زیر متمرکز شوند:

- ریسک، تولید و هزینه،
- الزامات رگولاتوری (قانونی)،
- وضعیت فنی تاسیسات به ویژه عملکرد سیستم‌های ایمنی و فرایندهای بحرانی،
- بهبود فرایند کلی نگهداشت.

استراتژی‌های نگهداشت باید برای دارایی‌ها تعریف شده باشند.

برنامه نگهداشت: حالت‌های شکست، مکانیزم‌های شکست و علل شکست که می‌توانند تاثیر قابل‌توجهی بر ایمنی و تولید داشته باشند بایستی شناسایی شده و به منظور ایجاد یک برنامه نگهداشت، ریسک مشخص شود. برنامه اصلی شامل فواصل نگهداشت و رویه‌های مکتوب برای نگهداری، تست و آماده‌سازی اجزای مختلف در واحد صنعتی و همچنین تعیین حداقل صلاحیت پرسنل است.

این فعالیت به طور معمول شامل موارد زیر است:

- انجام طبقه‌بندی پیامد برای کارکردها. طبقهٔ پیامد توسط تجهیزات مربوط به کارکرد به ارث برده می‌شود؛
- در صورت شکست، برای تجهیزات با پیامد زیاد بایستی حالات شکست، علت شکست و برنامه نگهداشت مرتبط توسعه داده شده، مستند و قابل‌ردیابی شود؛
- بایستی عناصر مانع فنی شناسایی شوند، الزامات قابلیت اطمینان برای کارکرد تعریف شده و یک برنامه تست برای حفظ عملکرد توسعه داده شود؛
- برای مواقعی که برنامه نگهداشت بر اساس زمان به روز می‌شود باید معیارها، شکست‌های تجربه‌شده یا مشابه تعریف شوند. شکست‌های خاصِ سیستم‌های بحرانی ایمنی باید مورد تحلیل قرار گیرند و برنامه به طور منظم به روز شود.

بند ۷ و ۸ را ببینید.

برنامه‌ریزی: برنامهٔ نگهداشت مجموعهٔ ساختاریافته‌ای از وظایف است؛ که شامل فعالیت‌ها، فواصل، رویه‌ها، منابع و زمان مورد نیاز برای انجام نگهداشت می‌شود. برنامه‌ریزی شامل بودجه‌بندی، برنامه‌ریزی بلند مدت، برنامه‌ریزی روزانه و اولویت‌بندی است.

این امر به طور معمول شامل موارد زیر خواهد بود:

- برخورداری از یک روش و معیار مشخص برای برنامه‌ریزی و اولویت‌بندی کارهای پیشگیرانه و اصلاحی بر اساس تاثیر آن‌ها بر HSE و تولید؛
- فعالیت‌های گروهی در زمینه IHSEای کارآمد؛ و داشتن گروه‌ها/بسته‌های بهینه برای تاسیسات؛

- پایش و بازنگری منظم این برنامه‌ها برای حصول موفقیت، چیره شدن بر انباشت‌کار (بکلاگ)[1] و بهره‌وری.

بند ۹ را ببینید.

اجرای نگهداشت: اجرا شامل آماده‌سازی‌ها، مجوزهای کار (پرمیت)، انجام کار و گزارش اطلاعات الزامی در مورد دستورکارها می‌شود. کار نگهداشت و بازرسی بایستی به شیوه‌ای ایمن و مقرون‌به‌صرفه انجام شود. شرایط سیستم و تجهیزات بایستی قبل / بعد از تعمیر برای بهبود مستمر گزارش شود. ارزیابی ریسک بایستی مبنایی برای اولویت‌های عملیاتی باشد.

این امر به طور معمول شامل موارد زیر خواهد بود:

- اجرای کار بایستی توسط پرسنل شایسته و با توجه به برنامه‌ها، رویه‌ها و شرح کار مربوط به موردی واقعی انجام شود؛
- پیچیدگی کار (هم برای مشاغل فردی و هم برای مجموعه‌ای از مشاغل) باید مورد توجه قرار گیرد؛
- برای تایید کیفیت کارِ اجرا شده باید طرحی وجود داشته باشد؛
- وضعیت تجهیز باید پس از اتمام کار گزارش شود. برای عناصر مانع فنی داده‌های شکست بایستی برای تحلیل و در مقایسه با استانداردهای عملکرد (PS) با اهداف مورد نظر در قابلیت اطمینان تعریف‌شده، گزارش شوند.

بند ۱۰ را ببینید.

[1] Backlog

گزارش: گزارش‌دهی شامل جمع‌آوری و تضمین کیفیت داده‌های نگهداشت و ارائه آن‌ها به واحدهای نگهداری و تعمیرات و مدیریت در قالب شاخص‌های تعریف‌شده است. خصوصاً داده‌های یکپارچگی فنی برای کارکردهای مانع، بایستی در سطوح مناسب شناسایی و گزارش شوند تا به تصمیم‌گیری کمک کنند.

این امر به طور معمول شامل موارد زیر خواهد بود:

- مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی عملکرد (KPIها) که بایستی برای نظارت و پی‌گیری عملکرد تعریف شوند؛
- شاخص‌های کلیدی عملکرد در خارج از اهداف تعیین‌شده باید گزارش شده و مورد توجه قرار گیرند؛
- گزارش‌های مربوط به عملکرد ایمنی، تولید و هزینه در مقایسه با اهداف - بودجه باید در سازمان در دسترس باشند و ابلاغ شوند؛
- مجموعه‌ای از داده‌های عملکرد بایستی گزارش و با استانداردهای عملکردی (PS) تعیین شده مقایسه شوند.

بند ۱۰ را ببینید.

تحلیل و بهبودها: اقدامات اجرایی پیشنهاد شده بر اساس تحلیل انجام‌شده را اجرا می‌کند.

این فعالیت شامل تحلیل داده‌های تاریخچه‌ای نگهداشت و حوادث ناخواستهٔ مربوط به نگهداشت، (به عنوان مثال تحلیل روندها، تحلیل علل ریشه‌ای شکست) است. علاوه بر این، اطلاعات باید مورد ارزیابی قرار گرفته و بر اساس تحلیل انجام‌شده اقدامات پیشنهادی اجرا شود.

این امر به طور معمول شامل موارد زیر خواهد بود:

- یک فرایند تحلیلِ تعریف‌شده بایستی باشد تا به مقادیر آغازگر[۱]، روش‌های تحلیل و مسئولیت‌ها رسیدگی کند. کار باید مستند شود و مورد نظارت قرار گیرد؛
- فرایند تحلیل بایستی شامل ارزیابی اثربخشی نگهداشت باشد، به عنوان مثال برنامه نگهداشت تا چه حد به ریسک و الزامات عملکرد برای سیستم‌های فردی یا اجزای کلیدی پایبند بوده است؛
- بهبودها و اقدامات شناسایی‌شده باید اجرا شده و اثر آن‌ها باید مورد پایش قرار گیرند.

بند ۱۰ را ببینید.

سازمان (منابع): سازمان از افراد، آموزش، شایستگی[۲]، شرح شغل و فرایندهای کاری آن‌ها تشکیل شده است.

این به طور معمول شامل الزامات برای سازماندهی، شایستگی‌ها و نقش‌ها و مسئولیت‌ها است.

مواد (منابع): مواد شامل مواد مصرفی، قطعات یدکی و ابزارهای مورد نیاز برای انجام نگهداشت می‌شود.

این امر معمولاً مستلزم این است که دسترسی‌پذیری قطعات یدکی بایستی بر اساس تقاضا، پیامد شکست، زمان تعمیر و هزینه بهینه شود و به فعالیت برنامه‌ریزی نگهداشت متصل گردد.

به بند ۱۱ مراجعه کنید.

---

۱ Triggers

۲ competence

مستندات (منابع): مستندات در این زمینه، شامل تمام اسنادِ مورد نیاز برای انجام و مدیریت موثر نگهداشت می‌شود. این شامل (و نه محدود به) ثبت تجهیزات/تگ، طراحی و نقشه‌برداری[1] از جزئیات، داده های تاریخچه‌ای نگهداشت، شرح وظایف نگهداشت و لیست قطعات یدکی است.

این امر به طور معمول شامل موارد زیر است:

- داده‌های نگهداشت در قالب پایگاه‌داده‌ای سازماندهی می‌شوند، که در آن اطلاعات فنی، برنامه‌ها و عملکرد تاریخچه‌ای به راحتی در دسترس کاربران و تصمیم گیرندگان قرار می‌گیرد؛
- این اسناد باید کنترل و بروز شوند و در دسترس کاربران مربوطه قرار گیرند.

مدیریت و راستی‌آزمایی: کلید نگهداشت خوب، وجود یک تیم مدیریت به خوبی سازمان‌یافته است که مسئولیت پیاده‌سازی اصول و راستی‌آزمایی و تایید نتایج را برعهده گیرد. تیم مدیریت بایستی اطمینان حاصل کند که کارهای فرایندهای نگهداشت پیگیری می‌شوند.

این به طور معمول شامل موارد زیر خواهد بود:

- رهبران باید نقش‌ها و مسئولیت‌ها و الزامات کیفی در حوزه نگهداشت را تعریف کنند؛
- رهبران باید دارای دانش مربوط به مدیریت نگهداشت مبتنی بر ریسک باشند و اطمینان حاصل کنند که گردش‌کار اصلی دنبال می‌شود؛

[1] Mapping

- رهبران باید شاخص‌های کلیدی عملکرد تعریف‌شده (KPIها) را تحت نظر داشته باشند و بر اساس انحراف از اهداف تعیین‌شده عمل کنند؛
- علاوه بر این، رهبران باید ممیزی‌های[1] مربوط به سازمان، تامین کنندگان و پیمانکاران را برنامه‌ریزی و اجرا کنند.

سطح ریسک (شرایط فنی): سطح ریسک، نتیجهٔ عملیات و نگهداشت انجام‌شده بر روی دارایی است. ریسک را می‌توان به صورت عملکرد HSE، وضعیت قابلیت اطمینان عناصر مانع فنی یا شاخص‌های مربوط دیگر اندازه‌گیری کرد.

تضمین تولید (شرایط فنی): تضمین تولید واحدِ صنعتی نتیجه فعالیت‌های انجام شده برای دستیابی و حفظ عملکردی است که از نظر اقتصادی کلی در بهینه‌ترین وضعیت خود باشد و در عین حال با شرایط چارچوبِ قابل اجرا سازگار باشد. شاخص این موضوع در دسترس بودن تولید حاصل‌شده است.

هزینه (شرایط فنی): هزینه در اینجا مربوط به هزینه انسانی برای اقدامات پیشگیرانه و اصلاحی، قطعات یدکی و مواد مصرفی، کاهش یا تاخیر در تولید است؛ که تحت کنترل کارکرد نگهداشت قرار می‌گیرد.

[1] Audits

۶ سلسله مراتب فنی

سلسله‌مراتب فنی یکی از سنگ بناهای مدیریت نگهداشت است. سلسله‌مراتب فنی، ساختار فنی تاسیسات را با تعیین شناسه‌های منحصربه‌فرد به آیتم‌های فیزیکی توصیف می‌کند. سلسله‌مراتب فنی شمایی کلی از تجهیزاتی، که از لحاظ فنی به هم تعلق دارند، را فراهم می‌کند و رابطه فیزیکی بین تجهیزات اصلی، ابزارها، شیرآلات و غیره را نشان می‌دهد. این سلسله‌مراتب باید در فازهای اولیه ایجاد شود؛ تا یک نمای کلی از تمام تگ‌ها / تجهیزات و نحوه ارتباط آن‌ها ارائه کند. هدف سلسله‌مراتب فنی به شرح زیر است:

- نشان دادن وابستگی‌های متقابل[۱] فنی تاسیسات؛
- فراخوانی تگ‌ها، تجهیزات و قطعات یدکی؛
- فراخوانی اسناد و نقشه‌ها؛
- فراخوانی داده‌های نگهداشت تاریخی از سیستم نگهداری و تعمیرات (CMMS)؛
- برنامه‌ریزی عملیات‌ها (به عنوان مثال در ارتباط با خاموش‌ها و موارد دیگر)؛
- تخصیص و بازیابی هزینه؛
- برنامه‌ریزی و سازماندهی برنامه نگهداشت؛
- برنامه‌ریزی برای اقدامات اصلاحی.

سطحی که در آن اشیایی نگهداشت ایجاد می‌شوند توسط اجرای عملی و نیاز فردی به نظارت و کنترل برنامه‌های مختلف نگهداشت کنترل می‌شود. تجزیه فنی یک تاسیسات باید حداقل به سطحی از الزامات و تاریخچه‌ای تجزیه شود که بتوان آن را به عناصر مانع فنی منحصر به فرد مرتبط کرد، و عملکرد عناصر مانع فنی را بتوان گزارش و تایید نمود.

برای نت اصلاحی، که در آن می‌توان دستورکارها را به هر تجهیز تگ‌گذاری‌شده‌ای اختصاص داد، هزینه تا سطح پایین‌تری قابل‌ردیابی خواهد بود، اما حتی این هزینه باید به همان سطحی که برای نگهداشت مورد استفاده برای برنامه‌های PM مورد استفاده قرار می‌گیرد، امکان پذیر باشد.

---

[۱] interdependencies

برای اطلاعات دقیق‌تر و دیدن نمونه‌های عملی فرایند ایجاد یک سلسله‌مراتب فنی به پیوست D مراجعه کنید.

به استانداردهای کدگذاری عمومی ارجاع داده می‌شود:

- استاندارد NORSOK Z-DP-002
- ایزو ۱۴۲۲۴

۷ طبقه‌بندی پیامدها

۷٫۱ کلیات

این بند نحوهٔ طبقه‌بندی پیامدها، گردش‌کار آن‌ها و ارتباطشان با برنامه‌های نگهداشت را توضیح می‌دهد. طبقه‌بندی پیامدها تاثیر از دست رفتن کارکردها بر HSE، تولید، هزینه و موارد دیگر را توضیح می‌دهد. طبقه‌بندی بر اساس مقیاسی از پیامدها انجام می‌شود که بخشی از مدل ریسک است و برای درک بهتر آن باید بند ۷ و پیوست C را ببینید.

طبقه‌بندی پیامد با دیگر اطلاعات و پارامترهای کلیدی، ورودی فعالیت‌ها و فرایندهای زیر را فراهم می‌کند:

- انتخاب تجهیزاتی که تحلیل دقیق به روش‌های RBI / RCM / FMECA برای آن‌ها توصیه می‌شود (فرایند غربالگری[۱])؛
- ایجاد برنامه PM؛
- آماده‌سازی و بهینه‌سازی مفاهیم عمومی نگهداشت GMCs؛
- طراحی ارزیابی؛
- اولویت‌بندی دستورکارها،
- ارزیابی قطعات یدکی.

۷٫۲ اصول و گردش‌کار

شکل ۲ گردش‌کاری کلی مربوط به طبقه‌بندی پیامدها را نشان می‌دهد.

اصول زیر اعمال می‌شوند:

- طبقه‌بندی پیامدها به منظور شناسایی تجهیزات مهم برای HSE، تولید و هزینه انجام می‌شود؛
- تمام تگ‌ها/آیتم‌های فیزیکی بایستی به یک کارکرد اختصاص داده شوند و دارای یک طبقه‌بندی پیامدها باشند، و هیچ آیتم یا سیستمی نباید بر اساس یک «پیامد فرضی کوچک» نادیده گرفته شود. تگ/آیتم‌های اجرایی (به عنوان مثال سیستم‌ها، نواحی،

[۱] screening

کلاس‌های تجهیزات) که برای ساختن یک سلسله‌مراتب فنی مورد استفاده قرار می‌گیرند، لازم نیست طبقه‌بندی شوند. با این حال، اگر دستورکارهایی پیشگیرانه یا اصلاحی به آن‌ها اختصاص‌داده شده باشد، باید برای اولویت‌بندی مناسب در سیستم مدیریت نگهداشت طبقه‌بندی شوند؛

- همه سیستم‌ها و/یا تگ‌های مربوط به یک تاسیسات، فارغ از این‌که کدام روش و استاندارد برای طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد، بایستی با استفاده از مقیاسی یک‌سان طبقه‌بندی شوند؛
- طبقه‌بندی به یک مدل ریسکِ مشترکِ کاربردی برای تصمیم‌گیری عملیاتی منجر می‌شود، بنابراین آن‌ها باید قابل‌مقایسه باشند؛
- یک سلسله‌مراتب کارکردی ایجاد می‌شود (کارکردهای اصلی و فرعی). این سلسله‌مراتب کارکردی به طور معمول در نرم‌افزار CMMS ذخیره نمی‌شود ولی در طول فرایند طبقه‌بندی مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای مثالی از تجزیهٔ کارکردی یک سیستم به پیوست D.2 مراجعه کنید. اشیای تجهیزات/نگهداشت به کارکرد فرعی مربوطه اختصاص داده می‌شوند؛
- پیامد از دست رفتن بازدارندگی (مهار)[1]، خود یک حالت شکست مستقل ناشی از دست رفتن کارکرد محسوب می‌شود؛
- از آن‌جا که این سیستم‌ها و تجهیزات از قبل شناسایی شده‌اند و عملکرد ایمنی آن‌ها به طور معمول با پیامدهای بالا برای HSE تعریف شده است، موانع از طریق تحلیل ایمنی (به عنوان مثال تحلیل ریسک کمی) در فرایند طراحی یا اصلاح تعریف می‌شوند؛

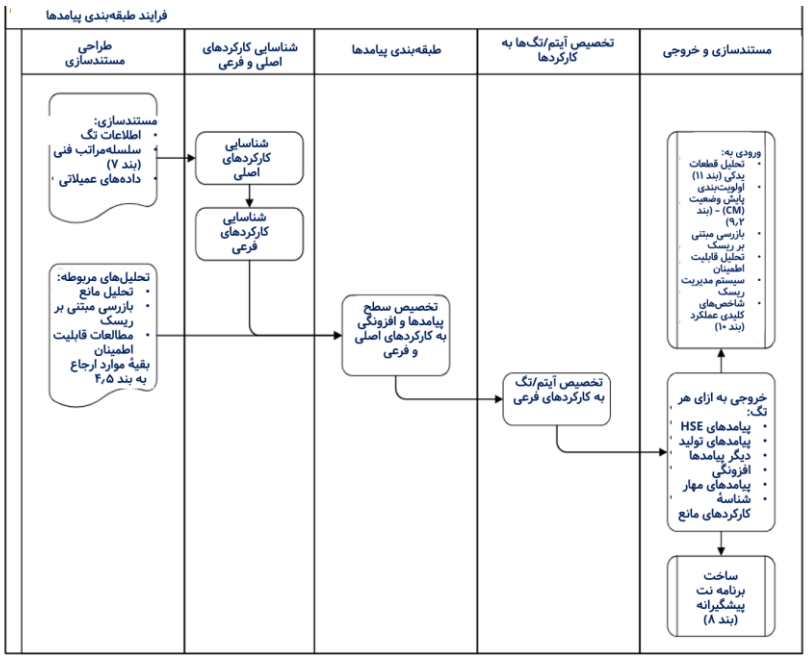
توجه: کارکردهای مانع شناسایی‌شده به عنوان بخشی از یک فرایند مدیریت ریسک حوادث بزرگ می‌تواند متفاوت از کارکرد اصلی و فرعی در فرایند طبقه‌بندی پیامدهای توصیف‌شده در این سند باشند.

- عناصر مانع فنی بایستی در سیستم مدیریت نگهداشت مشخص شوند و اگر به عنوان بخشی از تحلیل مانع انجام نشوند، می‌توانند به عنوان بخشی از تحلیل طبقه‌بندی

[1] containment

پیامدها که مبتنی بر تحلیل موانع هستند، انجام شوند. این معمولاً بخشی از استاندارد(های) عملکرد آیتم است.

- طبقه‌بندی پیامد، فقط کارکرد اصلی یک آیتم (به عنوان مثال پمپاژ، ذخیره‌سازی) را ارزیابی می‌کند و خصوصیات شکست یک کارکرد یا آیتم، مانند ضد انفجار[1]، حرارت بیش از حد، اتصال کوتاه، که به عنوان حالات یا مکانیزم‌های شکستِ کارکرد/آیتم شناخته می‌شوند، را طبقه‌بندی نمی‌کند. برای اطلاعات بیشتر به بند ۸٫۳ مراجعه کنید.
- خروجی طبقه‌بندی، مجموعه‌ای از ویژگی‌های تخصیص داده شده به هر تگ خواهد بود. مجموعه‌ای از پارامترها که بایستی با مدل تصمیم‌گیری هم‌راستا شوند. مثال‌هایی از اطلاعاتی که باید به هر تگ تخصیص داده شوند عبارتند از:
  - شکست کارکردی / از دست رفتن کارکرد – پیامد HSE،
  - شکست کارکردی / از دست رفتن کارکرد – پیامد تولید،
  - شکست کارکردی / از دست رفتن کارکرد – پیامد هزینه و دیگر موارد،
  - پیامد از دست رفتن بازدارندگی،
  - مشخص‌کنندهٔ کارکردهای مانع،
  - افزونگی.



شکل ۲ - فرایند طبقه‌بندی پیامدها

[1] explosion proofing

۷٫۳ طبقه‌بندی پیامدهای کارکردهای اصلی و فرعی

فرایند طبقه‌بندی کارکردی به صورت گام‌به‌گام در ادامه توضیح داده شده و در شکل ۲ نشان‌داده شده است.

شماره	گام	فعالیت
۱	اطلاعات فنی	• اطلاعات فنی و مستندات مربوط به سیستم‌ها و آیتم‌ها به جهت شناسایی سیستم‌ها و تجهیزاتی مورد استفاده قرار می‌گیرند، که در طبقه‌بندی پیامدها موضوعیت دارند. سلسله‌مراتب فنی برای ایجاد یک نمای کلی از رابطه فنی بین آیتم‌ها مفید است. بند ۶ را در رابطه با سلسله‌مراتب فنی ببینید.
۲	ورودی از دیگر تحلیل‌ها	• برای اطلاعات مربوط به مستندات و مطالعات مرتبط به بند ۴٫۵ مراجعه کنید. • موانع از طریق ارزیابی ریسک شناسایی می‌شوند، که در آن الزامات عملکرد مانند قابلیت اطمینان و قابلیت بقا تعریف شده است. در فرایند طبقه‌بندی، این سیستم‌ها برای شناسایی راحت در سیستم CMMS به آیتم‌های مربوطه وصل می‌شوند. برای حفظ این کارکردها، الزامات کارکردی به برنامه نگهداشت منتقل می‌شود. • بازدارندگی: برای تگ‌ها/سیستم‌هایی که مرتبط با بازدارندگی هستند، نتایج حاصل از تحلیل بازرسی مبتنی بر ریسک (RBI) را می‌توان به عنوان راهنمایی برای پیامد از دست رفتن بازدارندگی مورد استفاده قرار داد.

		• دسترسی‌پذیری: مطالعات تضمین تولید (برای مثال RAM) می‌توانند ورودی کارکردهای حیاتی برای عملیات باشند.
۳	شناسایی کارکردهای اصلی	• هر سیستمی در واحدی صنعتی به چند کارکرد اصلی (MF) تقسیم می‌شود که کل سیستم را تحت پوشش خود قرار می‌دهد. • کارکردهای اصلی با وظایف اصلی در این فرایند مانند تبادل گرما، پمپاژ، جداسازی، تولید برق، فشرده‌سازی، توزیع، ذخیره‌سازی و غیره مشخص می‌شوند. پیوست A خلاصه‌ای از کارکردهای معمول برای یک واحد صنعتی تولید نفت و گاز ارائه داده است. • هر کارکرد اصلی یک طراحی منحصر به فرد دارد که شامل یک عدد (در صورت لزوم یک عدد تگ) و نامی است که وظیفه و فرایند را توصیف می‌کند.
۴	شناسایی واحدهای فرعی	• کارکردهای اصلی (MF) به کارکردهای فرعی (SF) تقسیم می‌شوند. برای ساده‌سازی ارزیابی پیامد، سطح کارکرد فرعی برای تجهیزات مرتبط با فرایند معمولی می‌تواند با عبارات از پیش تعریف‌شده استاندارد شود. پیوست B را ببینید. • فهرست استاندارد کارکردهای فرعی، باید به سایر کارکردهای فرعی مرتبط با پیکربندی سیستم ضمیمه شود.
۵	تخصیص افزونگی کارکردهای اصلی	• افزونگی کارکردهای اصلی باید مشخص شود، جدول C.2 را برای تعاریف افزونگی ببینید.

		• در مورد سیستم‌های ایمنی یا کارکردهای حفاظتی که به دلیل قابلیت اطمینان کارکردی یا الزامات نظارتی دارای افزونگی هستند، اثر افزونگی را نباید به حساب آورد.
۶	تخصیص پیامدهای کارکردهای اصلی	• کل پیامدِ شکست کارکردهای اصلی بر حسب وضعیتی ارزیابی می‌شود، که در آن کارکرد اصلی دیگر قادر به انجام وظایف لازم خود نباشد. • با فرض این که سایر کارکردها و تجهیزات مجاور به طور عادی کار می‌کنند. • در این ارزیابی، هر گونه افزونگی در کارکرد نادیده گرفته می‌شود، زیرا افزونگی به طور جداگانه مورد بررسی قرار خواهد گرفت. • اقدامات کاهندهٔ دیگر مانند قطعات یدکی، نیروی انسانی، و ابزارها در این مرحله در نظر گرفته نمی‌شوند، • جدی‌ترین و در عین حال واقعی‌ترین اثرات بر روی یک خطای کارکرد با توجه به معیارهای ریسک تعیین خواهد شد. به بند ۴٫۴ مراجعه کنید.
۷	تخصیص افزونگی کارکردهای فرعی	• اگر افزونگی در یک کارکرد فرعی وجود داشته باشد، تعداد واحدهای موازی و ظرفیت هر واحد بایستی مشخص شود. برای مثال به جدول C.2 مراجعه کنید.
۸	تخصیص پیامد به کارکردهای فرعی	• پیامد یک خطا در کارکردهای فرعی در سیستم/واحد صنعتی با توجه به HSE، تولید و هزینه با اتکا به همان اصول ذکر شده برای کارکردهای اصلی ارزیابی می‌شود.
۹	نقشه‌برداری تجهیزات برای کارکرد	• تجهیزاتی (تجهیزاتی که با شماره تگ شناسایی شده‌اند، بند ۶ را ببینید) که کارکردهای فرعی را انجام می‌دهند به کارکردهای فرعی مربوطه اختصاص داده می‌شوند.

		• اگر تجهیزی بیش از یک کارکرد فرعی را اجرا کند (مانند برخی لوپ‌های ابزار دقیق[1])، به حساس‌ترین کارکرد فرعی اختصاص داده می‌شود. • همه تجهیزات (که با شماره تگ شناسایی شده‌اند) به عنوان کارکردی که بخشی از آن هستند، همان توصیف، طبقه‌بندی پیامد و افزونگی به ارث خواهند برد. برای مثال به پیوست C مراجعه کنید.
۱۰	نتایج به ازای هر تجهیز	• تحلیل پیامد باید بر اساس بند ۷٫۴ مستند شود و داده‌های کلیدی در CMMS در دسترس قرار گیرند.

۷٫۴ مستندسازی طبقه‌بندی پیامدها

یک اصل خوب، در دسترس قرار دادن و قابل‌ردیابی ساختن ارزیابی بروزرسانی و پیشرفت‌های نتایج است، زیرا در این صورت اطلاعات و بازخوردهای بیشتری از عملیات در دسترس قرار می‌گیرد. به عنوان یک سطح حداقلی موارد زیر باید مستند شوند:

- معیارهای تصمیم‌گیری؛
- تعریف طبقهٔ پیامدها؛
- شرح کارکردهای اصلی (MF)؛
- شرح کارکردهای فرعی (SF)؛
- تخصیص تجهیزات (تگ‌ها) به کارکرد فرعی؛
- ارزیابی پیامدهای از دست رفتن کارکردهای اصلی و کارکردهای فرعی برای همه دسته‌بندی‌های پیامد از جمله استدلال‌های لازم برای تخصیص طبقه‌های پیامد؛
- ارزیابی کارکرد اصلی و افزونگی کارکرد فرعی؛
- و هر گونه انحراف.

[1] instrument loops

۸ برنامه نگهداشت

۸٫۱ کلیات

این بند شرح می‌دهد که چگونه بایستی از طبقه‌بندی پیامدها برای ایجاد یک برنامه نگهداشت پیشگیرانهٔ مبتنی بر ریسک استفاده شود. هدف از یک برنامه نگهداشت، کنترل یا کاهش ریسک‌های مرتبط با تنزل یک کارکرد است. فعالیت‌های نگهداشت، شامل فعالیت‌های از پیش تعیین‌شده و فعالیت‌های مبتنی بر وضعیت است. برنامه بایستی دربرگیرندهٔ فعالیت‌ها و فواصل نگهداشت برای هر آیتم باشد.

طبقه‌بندی پیامدها، همانطور که در بند ۷ توضیح داده شد، باید به عنوان مبنایی برای انتخاب فعالیت‌ها و فواصل نگهداشت مورد استفاده قرار گیرد.

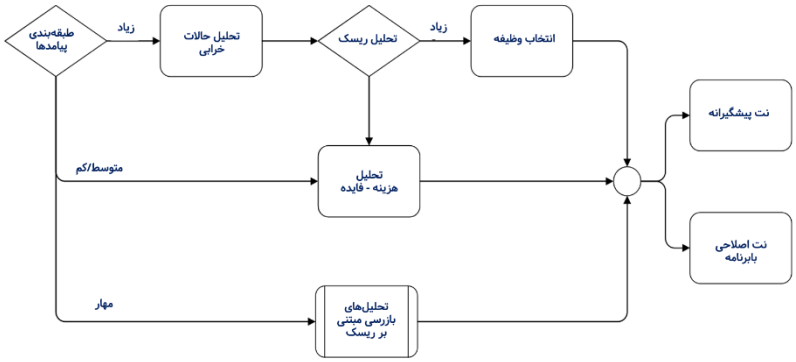
برنامه نگهداشت بایستی مبتنی بر ریسک باشد و حالات شکست بحرانی، بایستی در تمام زمان‌ها مدیریت شده و در صورت لزوم کاهش یابند.

استفاده از مفاهیم نگهداشت عمومی (GMC) یک روش موثر و مقرون‌به‌صرفه برای توسعه یک برنامه نگهداشت مبتنی بر ریسک است. به بند ۸٫۵ مراجعه کنید.

۸٫۲ گردش‌کار ایجاد برنامه نت پیشگیرانه (PM)

۸٫۲٫۱ انتخاب وظایف

نتایج طبقه‌بندی پیامدها همان‌طور که در بند ۷ توضیح داده شد، بایستی به عنوان ورودی فرایندِ انتخابِ وظایف برنامهٔ نت پیشگیرانه مورد استفاده قرار گیرد. معمولاً این تحلیل را می‌توان برای غربال آیتم‌هایی که باید با جزئیات بیشتری تحلیل شوند، مورد بررسی قرار داد. فرایند انتخاب وظایف در شکل ۳ نشان‌داده شده است.



شکل ۳ - ساخت برنامهٔ نگهداشت برای واحد صنعتی جدید

برای آیتم‌های طبقه‌بندی‌شده در پیامدهای شکست زیاد مربوط به HSE، حالت‌های شکستِ آیتم‌ها بایستی با توجه به اثر آن‌ها بر کارکرد آیتم‌ها، شناسایی و تحلیل شوند. این امر همچنین باید برای آیتم‌های طبقه‌بندی‌شده با پیامدهای شکست زیاد در عملیات یا هزینه، به منظور حفظ نظم عملیاتی و کاهش هزینه نیز انجام شود.

رویکرد قابل توصیه، انجام « تحلیل بحرانیت، اثرات و حالات شکست (FMECA)» برای شناسایی حالت‌های بحرانی شکست و توزیع مکانیزم‌های شکست‌هایی است که باید کنترل یا کاهش داده شوند.

برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه انجام تحلیل بحرانیت، اثرات و حالات شکست (FMECA) به IEC 60812 (یا استانداردهای مشابه) مراجعه کنید.

حالت‌های شکستِ شناسایی‌شده در تحلیل حالات شکستی که برای کارکرد آیتم حیاتی هستند، بایستی کنترل شده یا کاهش یابند. این کار باید با استفاده از رویکرد نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) انجام شود، که در آن برای شناسایی روش بهینهٔ کنترل یا کاهش حالات شکست در حال پیشروی، مشخصه‌های شکست تحلیل می‌شوند. این امر می‌تواند شامل شکست پنهان، امکان تشخیص شکست، الگوهای شکست، در دسترس بودن نظارت بر وضعیت و غیره باشد. برای اطلاعات بیشتر در مورد نحوه انجام تحلیل نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) به IEC 60300-3-11 (یا استانداردهای مشابه) مراجعه کنید.

می‌توان برای حالت‌های شکستی که برای کارکرد یک آیتم حیاتی نیستند و آیتم‌هایی که عملکرد آن‌ها بر ایمنی، محیط خارجی، محیط کاری، عملیات یا هزینه تاثیر قابل‌توجهی ندارند، به منظور طولانی کردن طول عمر آیتم بر اساس تحلیل هزینه – سود، حداقلی از الزامات

نگهداشت را اختصاص داد. این می‌تواند شامل رویه‌های عملیاتی، تمیزکاری، روانکاری، تست‌های ساده راستی‌آزما و غیره باشد.

آیتم‌هایی با پیامدهای متوسط یا کم در حیطهٔ شکست کارکردی، ممکن است هنوز حاوی حالت‌های شکستی باشند که آن‌ها را در عملیات ناامن سازد و به همین خاطر نیاز به کنترل یا کاهش داشته باشد. برای اطلاعات بیشتر به بند ۸٫۳ مراجعه کنید.

اگر هیچ‌گونه فعالیت نت پیشگیرانه یا فعالیت‌های تضمین‌کننده مورد نیاز و یا مقرون‌به‌صرفه‌ای شناسایی نشود، ممکن است استراتژی نت اصلاحیِ بابرنامه به آیتم یا حالت خرابی اختصاص داده شود.

فواصل وظایف نگهداشت باید بر اساس دانش و تجربهٔ به‌دست آمده از آیتم‌های مشابهی که در شرایطی مشابه کار می‌کنند، و سپس با تجربه‌ای که برای تاسیسات/آیتم‌های خاص به دست می‌آید، تعیین شوند.

برای آیتم‌هایی با حالات و مکانیزم‌های شکست مشابه، و عملیات تحت شرایط مشابه، مفاهیم نگهداشت عمومی (GMC) را می‌توان به منظور انجام فرایندِ انتخاب وظایف به طور موثرتری توسعه داد. برای اطلاعات بیشتر به بند ۸٫۵ مراجعه کنید.

۸٫۲٫۲ برنامه نگهداشت

برنامه‌ریزی وظایف شناسایی‌شدهٔ نت پیشگیرانه بایستی در یک سیستم مدیریت نگهداری و تعمیرات (CMMS) انجام شود.

در ایجاد برنامه نت پیشگیرانه، تاثیر آن بر عملیات باید در حداقل ممکن باشد. به عنوان مثال امکان نظارت بر وضعیت، ایجاد بسته‌های کاری کارآمد، گروه‌بندی وظایف نگهداشت مشابه درکارزارهای[۱] نگهداشت و برنامه‌ریزی نت سرزده (بدون اعلان قبلی) برای خاموشی‌ها/بازگردانی‌های برنامه‌ریزی‌شده.

[۱] campaigns

در توسعه برنامه نگهداشت بایستی دانش و تجربه داخلی مورد استفاده قرار گیرد. این امر می‌تواند شامل محیط کاری، حجم کاری، قابلیت نگهداشت (نگهداشت‌پذیری) و غیره باشد.

دستورکارهای ایجاد شده بایستی حداقل حاوی اطلاعاتی در مورد اولویت، تاریخ شروع و پایان، موعد سررسید، قطعات یدکی و منابع مورد نیاز، پرسنل، مدت زمان کار، الزامات خاموشی و غیره برای برنامه‌ریزی مناسب و پی‌گیری نگهداشت باشد. برای اطلاعات بیشتر به بند ۱۰/۲ مراجعه کنید.

۸/۳ خصوصیات شکست‌های غیر ایمن تجهیزات

برخی از آیتم‌ها ممکن است دچار حالت‌های شکستی باشند که با وجود ناامن‌سازی آن‌ها در حین عملیات، اما باعث آسیب به کارکرد آیتم نشوند. به عنوان مثال، آسیب عایق‌بندی الکتریکی که باعث ایجاد یک اتصال کوتاه[۱] خطرناک در صورت لمس آن آیتم توسط کارکنان می‌شود. شکست الکتریکی معمولاً نه به عنوان یک شکست کارکردی بلکه به عنوان وضعیتی خطرناک شناخته می‌شود. این حالات شکست یا مکانیزم‌های شکستِ مربوط به خصوصیاتِ یک آیتم را بایستی شناسایی کرد و احتمال شکست و پیامدهای آن و همچنین وظایف نت پیشگیرانه برای کنترل ریسک آن را در نظر گرفت.

این موضوع به بهترین نحو در فرایند انتخاب وظایف، آن‌طور که در بند ۸/۲/۱ توضیح داده شد، شناسایی می‌شود و می‌تواند به عنوان بخشی از مفهوم نگهداشت عمومی مستند شود (بند ۸/۵ را ببینید).

نشان علامت‌گذاری تجهیزات CE[۲] باید شامل ارزیابی ریسک پرسنل به عنوان بخشی از اطلاعات مورد استفاده باشد. استاندارد مربوطه ISO 12100 است.

۸/۴ نگهداشتِ عناصرِ مانعِ فنی

موانع محیطی و ایمنی معمولاً در تحلیل مانع و بر اساس ISO 13702 و NORSOK S-00 تعریف می‌شوند. آیتم‌هایی که کارکردی مانع را اجرا می‌کنند باید شناسایی شده و انتخاب وظایف

---

۱ Short Circuit

۲ Conformité Européenne

نگهداشت برای آیتم‌های دارای کارکرد مانع (ایمنی و/یا محیط) بر اساس فرایند کاری مشابه آیتم‌های دیگر که در بند ۸٫۲ توضیح داده شده است (یعنی شناسایی حالت‌های شکست و فعالیت‌های کنترل‌کننده یا کاهش‌دهندهٔ این حالت‌های شکست) انجام شود.

عملکرد عناصر مانع فنی بایستی تشریح شود تا یک اپراتور نگهداشت بتواند وضعیت آیتم در حال اجرای کارکردی مانع را تست، تایید و گزارش کند. این امر به ویژه در مورد عناصر مانع فنی با شکست‌های پنهان (شکست‌های شناسایی نشده خطرناک) صدق می‌کند، که معمولاً برای پرسنل عملیات و نگهداشت آشکار نیستند.

برای آیتم‌های دارای تست‌های عملکرد به منظور تشخیص شکست‌های شناسایی نشده خطرناک، دستورکار نگهداشت در سیستم مکانیزهٔ نگهداشت (CMMS) باید حداقل شامل موارد زیر باشد:

- توصیف تست و الزامات آن (به عنوان مثال، عدم نگهداشت پیش از تست کارکرد)؛
- خصوصیات شکست (به عنوان مثال شیر در زمان مشخصی بسته نمی‌شود)؛
- معیارهای پذیرش (به عنوان مثال زمان بسته شدن ۱۲ ثانیه)؛
- نحوهٔ گزارش شکست (به عنوان مثال، «ایجاد یک اعلان[1] با حالت شکستِ «خیلی نزدیک»»).

برای تحلیل نتایج تست و تایید در دسترس بودن موانع مطابق با الزامات طراحی و عملیاتی، الزامات معمول سطح یکپارچگی ایمنی (SIL) و استانداردهای عملکرد، سیستمی بایستی وجود داشته باشد.

۸٫۵ مفهوم نگهداشت عمومی

در یک تاسیس، انجام تحلیل بحرانیت، اثرات و حالات شکست (FMECA) و نت مبتنی بر قابلیت اطمینان (RCM) بر روی همه آیتم‌های با پیامد زیاد به صورت جداگانه می‌تواند پرهزینه و وقت‌گیر باشد. استفاده از مفاهیم عمومی نگهداشت (GMC) روشی موثر و مقرون‌به‌صرفه

[1] notification

برای توسعه یک برنامه نگهداشت مبتنی بر ریسک، استانداردسازی فعالیت‌های نگهداشت و به اشتراک‌گذاری تجربه و دانش سازمان است.

۸/۵/۱ کلیات

مفهوم عمومی نگهداشت (GMC) مجموعه‌ای از اقدامات نگهداشت، استراتژی‌ها و جزئیات نگهداشتی است، که روش مقرون‌به‌صرفه‌ای از نگهداشت را برای یک گروه عمومی تعریف‌شده از آیتم‌ها، که تحت چارچوب و شرایط عملیاتی مشابه کار می‌کنند، تعیین می‌کند. استفاده از GMC بایستی تضمین کند که تمام الزامات مربوط به HSE، تولید، هزینه و سایر الزامات عملیاتیِ تعریف‌شده برآورده می‌شوند. این مفهوم باید شامل طراحی و شرایط عملیاتی مربوطه باشد و توسط تحلیلی مبتنی بر روش‌های RCM / FMECA مستند شود. GMC را می‌توان به عنوان مجموعه‌ای از بهروش‌ها برای یک شرکت در نظر گرفت، که باید از طریق یک فرایند کنترل‌شده به عنوان تجربه و فناوری جدیدی بروز شود و در دسترس قرار گیرد. به پیوست D نگاه کنید.

برای کارکردهای مانع بایستی الزامات عملکرد، معیارهای پذیرش و حالات شکست بحرانی در مفاهیم تعریف شوند.

مفهوم عمومی نگهداشت (GMC) بایستی بر روی یک گروه عمومی از آیتم‌ها و بر اساس همان فرایند انتخاب وظایفی که برای آیتم‌های منفرد در بند ۸/۲ شرح داده شد، اعمال شود و شامل فواصل نگهداشت و حداکثر زمان مجاز برای فواصل نگهداشت توصیه‌شده باشد. برای مشاهدهٔ مثالی از چگونگی مستندسازی GMCها به پیوست D مراجعه کنید.

گسترهٔ مستندات بسته به پیچیدگی تجهیزات و ریسک آن‌ها متفاوت خواهد بود.

۸/۵/۲ کاربرد مفاهیم نگهداشت عمومی (GMCs)

مفاهیم نگهداشت عمومی (GMC) در موارد زیر کاربرد دارد:

- تعیین حداقل الزامات یک شرکت برای نگهداشت،
- ساده‌سازی ایجاد برنامه نگهداشت برای آیتم‌ها/فناوری‌های یکسانِ از قبل تحلیل‌شده،
- تضمین یکنواختی و انسجام فعالیت‌های نگهداشت،

- تسهیلِ تحلیلِ گروهی آیتم‌ها،
- فراهم کردن اسناد و مدارک مناسبی از استراتژی‌های نگهداشتِ منتخب،
- تضمین انتقال تجربه بین واحدهای صنعتی با فناوری و عملیات مشابه.

مفاهیم نگهداشت عمومی برای همه انواع آیتم‌های تحت پوشش این سند قابل‌اجرا هستند.

یک GMC در موارد زیر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد:

- برای گروه تجهیزاتی که طراحی یکسانی داشته باشند
- برای تجهیزاتی که دارای حالت‌های شکست، فرکانس شکست و شرایط عملیاتی مشابه باشند،
- تجهیزات مشابهی که توسعه یک مفهوم کلی را توجیه‌پذیر سازند.

در صورت وجود تفاوت‌های قابل‌توجه بین تجهیزات واقعی و تجهیزاتی که پایه و اساس تهیهٔ مفاهیم عمومی نگهداشت (GMCs) بوده‌اند، تجهیزات مورد نظر باید به صورت جداگانه و به عنوان یک کلاس کلی جداگانه از تجهیزات در نظر گرفته شوند. اساساً، حالت‌های شکست تجهیزات مستقل از کارکرد تجهیزات هستند. با این حال، شرایط عملیاتی، موقعیت قرارگیری[۱] و اثرات محیطی ممکن است بر احتمال شکست تاثیر بگذارند که باید قبل از استفاده از مفاهیم عمومی نگهداشت ارزیابی شوند.

برای بسته‌های تجهیزات پیچیده با پیامد زیاد، مانند توربین‌های گازی، گرداننده‌های فوقانی (تاپ درایورها)[۲] و جرثقیل‌های دریایی در صورت شکست، به منظور درک پیچیدگی این نوع آیتم‌ها باید یک تحلیل FMECA/RCM کامل برای هر بسته تجهیزات جداگانه انجام شود. با این حال، برای آیتم‌های منحصربه‌فردی مانند سوپاپ‌ها و فرستنده‌ها که خود بخشی از یک آیتم پیچیده هستند، از مفهوم عمومی نگهداشت به عنوان ورودی برای تحلیل آیتم پیچیده استفاده می‌شود.

---

۱ Location

۲ Top Drives

نت اصلاحی و منابع و قطعات یدکی مورد نیاز نیز می‌توانند به مفهوم عمومی نگهداشت اضافه شوند و آن را به ابزاری برای الگوسازی و خوراکی برای طراحی و مطالعات عملیاتی و نگهداشت تبدیل کنند.

۸/۶ بروزرسانی برنامه نگهداشت / بهبود مستمر

فرایند بهبود مستمر باید با هدف افزایش سطوح ایمنی و در عین حال کاهش زمان و هزینه انجام شود. به بند ۵ و شکل ۱ فرایند مدیریت نگهداشت مراجعه شود.

به منظور سنجش عملکرد نگهداشت بایستی مجموعه‌ای از اهداف یا الزامات ایجاد شود. این امر بایستی شامل معیارهای پذیرش ایمنی، دسترسی‌پذیری و هزینه‌ها باشد. از نقطه‌نظر کل واحد صنعتی، بایستی بتوان این معیارهای پذیرش را در سطوح سیستم و کلاس آیتم/تجهیز تقسیم و عملکرد عناصر مانع فنی منفرد را تایید کرد.

باید به منظور تحلیل اثربخشی نگهداشت امکان استخراج اطلاعات فنی ضروری از سیستم مدیریت نگهداشت (CMMS) وجود داشته باشد. این می‌تواند با ورودی پرسنل عملیات و نگهداشت تکمیل شود. برای گزارش‌دهی، KPIها و تحلیل به بند ۱۰ ارجاع داده می‌شود.

۸/۶/۱ بروزرسانی برنامه نگهداشت

برنامه نگهداشت باید در فواصل منظم بررسی و بروز شود. راه‌اندازهای[۱] بروزرسانی خودکار می‌تواند یک یا چند مورد از موارد زیر باشد:

- فرکانس شکست مشاهده‌شده به طور قابل‌توجهی متفاوت از چیزی که انتظار می‌رود باشد، یعنی:
  - شکستی شدیدتر مشاهده شود، که نیاز به تغییری در استراتژی نگهداشت یا شدت نگهداشت یا جایگزینی واحد داشته باشد؛
  - فرکانس شکست پایین‌تر و یا عدم مشاهده آسیب در PM ممکن است به افزایش فواصل یا حذف برخی از وظایف منجر شود.
- محیط عملیاتی تغییر کرده باشد که باعث پیامدها و احتمالات مختلفی شده است:

[۱] Triggers

- تولید کم‌تر یا بیشتر؛
- تغییر در ترکیب محصول.

- هزینه نگهداشت متفاوت از هزینهٔ مورد انتظار بوده باشد:
  - فناوری جدیدی که می‌تواند نگهداشت را کارآمدتر کند (مانند روش‌های جدید برای نظارت بر وضعیت) در دسترس قرار گرفته باشد؛
  - مقررات بروز شده باشند؛
  - اطلاعاتی از فروشنده دریافت شده باشد؛
  - تغییراتی در تجهیزات بوجود آمده و یا تجهیزات جدید جایگزین شده باشند.

ارزیابی بایستی بر اساس داده‌های تاریخچه‌ای و تجربه انجام شود. برای یک سیستم ایمنی، ارزیابی تعداد شکست‌ها به ازای هر تست، بایستی در مقایسه با الزامات استاندارد عملکرد (PS) انجام شود. اگر تغییر قابل‌توجهی در عملکرد سیستم ایمنی ذکر شده در قیاس با استاندارد عملکرد وجود داشته باشد، این اطلاعات بایستی خوراک ارزیابی ریسک کلی برای واحد صنعتی شود.

برای سیستم‌های غیرایمن بایستی یک تحلیل هزینه - سود بر اساس تجربه صورت پذیرد. بر اساس این ارزیابی، باید برنامه نگهداشت و GMC (در صورت لزوم) بروز شده و در برنامه نگهداشت پیاده‌سازی شوند.

۸٫۷ برنامه نگهداشت و مدیریت فرسودگی

اکثر برنامه‌های نگهداشت مبتنی بر فرکانس شکستی نسبتاً ثابت هستند و به پیشرفت فرسودگی‌ای که سیستم‌ها از آن رنج می‌برند، توجهی ندارند. با این حال، کارکرد نگهداشت باید در همه حال نگاهی به پیشرفت فرسودگی[۱] آیتم‌ها و تجهیزات و انجام نگهداشت و بروزرسانی آن به منظور افزایش سطح اطمینان از عملیات ایمن و قابل‌اعتماد داشته باشد. همان اصولی که برای بهبود مستمر در بند ۸٫۶ توضیح داده شد، می‌تواند در این‌جا نیز مورد استفاده قرار گیرد. هرچند فرایند بهبود مستمر ممکن است چشم‌انداز بلند مدتی نداشته باشد و شکست‌های همزمان در مواقعی که تاسیس به طول عمر مورد نظر خود رسیده باشد را در نظر داشته باشد.

[۱] Agieng

هزینه‌های مربوط به فرسودگی و جابجایی یا بازیابی یک آیتم باید ترجیحاً در فاز طراحی در تحلیل هزینه چرخه عمر (LCC) در نظر گرفته شوند (ارجاع به ISO 1566). در فاز عملیات، می‌توان فهرستی از آسیب‌پذیری‌های رتبه‌بندی شدهٔ ریسک را با توجه به هزینه‌های عملیاتی و الزامات هزینه‌های اصلاحی/سرمایه‌ای مورد انتظار در آینده ایجاد کرد.

ممکن است با نزدیک شدن به پایان طول عمر مورد نظر، تلاش بیشتری مورد نیاز باشد. چنین تلاشی شامل موارد زیر است:

الف) ارزیابی تاریخچهٔ عملیاتی و افت[۱]. باید هرگونه حادثه با افت زیاد، عملکرد غیرعادی و ضمناً هرگونه اثر مضر تغییرات انجام شده بر روی واحد شناسایی شود. اسناد سیستم و اسناد «حین ساخت»[۲] جمع‌آوری و تأیید شوند؛

ب) ارزیابی وضعیت فعلی

پ) ارزیابی فرسودگی در آینده با توجه به عملیات برنامه‌ریزی‌شده برای آینده و بار[۳] برنامه‌ریزی‌شده برای دارایی:

۱) آیا هر شکی از پدیده فرسودگی هست که تا کنون مشاهده نشده باشد اما در حال پیشرفت باشد؟

۲) آیا وضعیت کارکرد و توسعهٔ مانع متناسب با نیازها است؟

۳) آیا هر آیتم/سیستمی به شکلی منسوخ خواهد شد که دیگر قطعات یدکی آن قابل خرید نباشند؟

ت) بر اساس مورد پ، با توجه به موارد زیر تصمیمات گرفته شوند:

۱) هر گونه بروزرسانی برنامه نگهداشت (و در صورت لزوم مفاهیم عمومی نگهداشت GMC) یا تغییر در استراتژی نگهداشت قطعات یدکی،

---

۱ degradation

۲ as-build

۳ Load

۲) جایگزینی یا اصلاح تک جزءها[۱] یا واحدهای بزرگ‌تر،

۳) هر گونه محدودیت عملیاتی برای واحد با توجه به فرسودگی،

۴) تحلیل اختصاصی به عنوان مثال برای ساختار.

[۱] single components

۹ برنامه‌ریزی نگهداشت

۹/۱ برنامه‌ریزی و زمان‌بندی نگهداشت

بایستی برنامه نگهداشتی وجود داشته باشد که هم نت پیشگیرانه و هم نت اصلاحی را پوشش دهد. فعالیت‌های نگهداشت ایمن و/یا حیاتی عملیات بایستی در طرح کلی فعالیت‌های تاسیسات گنجانده شوند.

برنامه PM طبق آنچه در بند ۸ توضیح داده شده است شکل می‌گیرد. این برنامه شامل لیستی از فعالیت‌های نت پیشگیرانه و فواصل زمانی آن برای واحد صنعتی است. به منظور تسهیل برنامه‌ریزی مناسب، دستورکارهای نت پیشگیرانه باید در زمان مناسب در داخل برنامه CMMS ایجاد شوند.

برنامه‌ریزی دستورکارهای نت پیشگیرانه و اصلاحی بایستی شامل آماده‌سازی‌های لازم برای انجام فعالیت، مانند مواد، پرسنل، ابزار، دسترسی‌ها، تاثیر بر عملیات و غیره باشد.

۹/۲ اولویت‌بندی فعالیت‌های نگهداشت

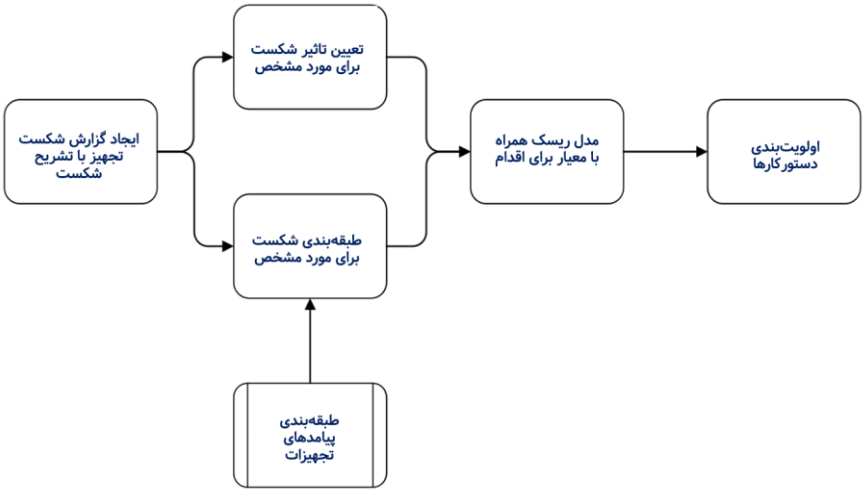
برای تعیین اولویت‌ها و مهلت‌های زمانی فعالیت‌های نگهداشت بایستی معیارهایی تعیین شوند. این معیارها بایستی بر اساس طبقه‌بندی پیامدها، تاثیر شکست، مدت زمان پیشرفت شکست و اقدامات کاهنده تعیین شوند.

اولویت‌بندی فعالیت‌های نت بابرنامه و اصلاحی باید همسو باشد.

دستورکارهای نت پیشگیرانه، مبتنی بر ریسک و فرکانس شکست هستند و باید مطابق با برنامه نگهداشت تعیین‌شده اجرا شوند. بکلاگ (انباشت‌کار) مربوط به برنامه باید بر اساس ریسک، یعنی همان احتمال و پیامد شکست، اولویت‌بندی شود.

اولویت‌بندی نت اصلاحی بایستی بر اساس ریسکی که شکست آن را نشان داده، و به عنوان پیامد و تاثیر/احتمال شکست توصیف می‌گردد، انجام شود. برخی از شرکت‌ها این فرایند را

«انتخاب کار مبتنی بر ریسک»[1] می‌نامند و آن را در سیستم CMMS خود پیاده‌سازی می‌کنند. شکل ۵ مثالی از چنین گردش‌کاری را نشان می‌دهد.



شکل ۵ - اولویت‌بندی دستورکارهای اصلاحی

این فرایند شامل موارد زیر است:

- تخصیص پیامد شکست به آیتم. می‌توان آن را از طریق طبقه‌بندی پیامد تجهیزات در سطح کارکرد کلی اختصاص داد. این پیامد همیشه بایستی با اطلاعات مربوط به حالت شکست واقعی، وضعیت عملیاتی واحد صنعتی، امکان تغییر مسیر فرایند و غیره ارائه شود. از آنجا که این فرایند نمی‌تواند خودکار باشد، نیاز به مشارکت پرسنلی دارد که واحد صنعتی و مورد[2] واقعی را بشناسند. به عنوان مثال حالت‌های خرابی ناایمن (به بند ۸٫۳ مراجعه کنید) برای تجهیزاتِ با پیامد کم؛
- تخصیص اثر شکست. به جدول ۱ و بند ۳٫۱ مراجعه کنید. هم‌چنین ممکن است از مقیاس «زمان تا شکست»[3] نیز استفاده شود، جدول C.3 را ببینید؛

[1] Risk Based Work Selection
[2] Case
[3] Time to Failure

- برای تاثیر شکست «افت[1] یا اولیه[2]»، یک مقیاس زمان برای شکست بایستی اختصاص داده شود و از آن در اولویت‌بندی (زمانی) برای کار تعمیراتی استفاده گردد؛
- ریسک مرتبط با پیامد و احتمالات و همچنین اقدامات ناشی از این ریسک (اولویت‌ها) باید بر اساس معیارهایی معین، مانند یک ماتریس ریسک، تعریف شود. جدول C.3 مثالی از مدل ریسک را نشان می‌دهد که به عنوان یک ماتریس ریسک مورد استفاده برای تعیین اولویت توصیف شده است؛
- اولویت. اقدامات عملیاتی جبرانی که برای حفظ موقت کارکرد استفاده شده است را می‌توان به عنوان افزونگی توصیف کرد؛
- در صورت شکست در کارکرد بحرانی ایمنی، اقدامات جبرانی بایستی انجام شود.

جدول ۱ - مقیاس اثر شکست

اثر شکست	تعریف	توضیح
شکست بحرانی	شکست تجهیزی که باعث توقف فوری توانایی انجام یک کارکرد لازم می‌شود.	اگر چه عملیات واقعی ممکن است برای مدت کوتاهی ادامه یابد، اما شکست‌هایی هستند که نیاز به اقدام فوری برای توقف کارکرد دارند. یک شکست بحرانی منجر به یک تعمیر برنامه‌ریزی‌نشده می‌شود.
شکست افت	شکستی که کارکرد(های) اساسی را متوقف نمی‌کند، اما یک یا چند کارکرد را به خطر می‌اندازد.	شکست می‌تواند تدریجی، جزئی یا هر دو باشد. با هر ترکیبی از خروجی‌های کاهش‌یافته، افزایش‌یافته یا نامنظم ممکن است کارکرد به خطر بیافتد. به طور معمول در شکست افت، تعمیر می‌تواند به تاخیر بیافتد، اما به مرور زمان در چنین شکست‌هایی اگر اقدامات اصلاحی صورت نگیرد، ممکن است به یک شکست بحرانی تبدیل شوند
شکست اولیه	نقص در وضعیت یا حالت یک آیتم به شکلی که در صورت عدم انجام اقدامات اصلاحی ممکن است (یا نیست) این نقص به یک شکست بحرانی و تخریبی منجر شود.	

[1] Degraded failure

[2] Incipient failure

۱۰ گزارش، تحلیل و بهبود

۱۰/۱ کلیات

به منظور اطمینان از بهبود مستمر، گزارش‌دهی و تحلیل عملکرد نگهداشت لازم است. در ادامه توضیح داده شده است که این کار چگونه باید انجام شود.

۱۰/۲ گزارش‌دهی

جدول ۲ حاوی برخی داده‌های مربوط به شکست و نگهداشت است؛ که به عنوان اطلاعاتی حداقلی باید ثبت شوند. استاندارد ISO 14224 الزامات و توصیه‌هایی را برای گزارش اطلاعات مربوط به نگهداشت ارائه می‌دهد که برای مرور کامل‌تر و جزئیات بیشتر می‌توانید به این استاندارد رجوع کنید. نیاز به گزارش‌دهی در سیستم‌ها و تجهیزات مختلف متفاوت است، و برای این کار باید به استفاده از منابع حوزه کارکنان توجه داشته باشد.

جدول ۲ - گزارش داده‌های شکست و نگهداشت

داده‌های نگهداشت	داده‌های شکست
دستهٔ[۱] نگهداشت (PM, CM)	تاریخ شکست
وضعیت تجهیز قبل و بعد از نگهداشت	حالت شکست
نفر-ساعت فعالیت‌های نگهداشت	مکانیزم شکست
قطعات یدکی مورد استفاده	علت شکست
آغاز و پایان زمان فعالیت	تاثیر شکست
زمان نگهداری و تعمیرات فعال	شرایط عملیاتی در هنگام شکست
زمان توقف[۲] تجهیزات	روش تشخیص

[۱] Category

[۲] Downtime

۱۰/۳ شاخص‌های کلیدی عملکرد برای مدیریت نگهداشت

شاخص‌های کلیدی عملکرد یا همان KPIها بایستی برای پشتیبانی از هدف کلی و استراتژی فاز عملیاتی تعریف شوند. این شاخص‌ها، وضعیت فعلی نگهداشت و کارایی سازمانِ نگهداشت و پشتیبانی آن از بهبود مستمر را نشان می‌دهند.

ایجاد مجموعه مناسبی از KPIها، به افراد کمک می‌کند که در یک جهت متمرکز شوند. ترکیبی از KPIهای واکنشی (شاخص‌های تاخیری[۱]، گذشته‌نگر[۲]) و فعال (پیشرو[۳]، رو به جلو[۴]) بایستی انتخاب شود.

نمونه‌هایی از برخی از KPIهای مربوطه در زیر (جدول ۳) نشان داده شده‌اند:

شاخص‌های کلیدی عملکرد	هدف	توضیح
حجم کار[۵] نت پیشگیرانه	نشان دادن میزان کار نت پیشگیرانه	
حجم کار نت اصلاحی	نشان دادن میزان کار نت اصلاحی	
PMهای عقب افتاده	نشان دادن بکلاگ برجستهٔ مرتبط با PMها	تعداد دستورکارها و نفرساعت‌ها باید ثبت شوند
PMهای حیاتی عقب افتادهٔ مربوط به HSE	نشان دادن بکلاگ برجسته مرتبط با PMهای حیاتی مربوط به HSE	تعداد دستورکارها و نفرساعت‌ها باید ثبت شوند
نت‌های اصلاحی عقب افتاده	نشان دادن بکلاگ نت‌های اصلاحی	تعداد دستورکارها و نفرساعت‌ها باید ثبت شوند
نت‌های اصلاحی حیاتی عقب‌افتادهٔ مربوط به HSE	نشان‌دهنده بکلاگ نت‌های اصلاحی حیاتی مربوط به HSE	تعداد دستورکارها و نفرساعت‌ها باید ثبت شوند
نسبت شکست[۶]	تعیین میانگین عدم دسترسی[۷] (PFDAG) به دلیل شکست‌های شناسایی نشدهٔ خطرناک با استفاده از گزارش‌های تست	نسبت شکست هدف باید بر اساس تحلیل ریسک و مانع باشد

۱ Lagging
۲ backward-looking
۳ Leading
۴ forward-looking
۵ Workload
۶ Failure fraction
۷ Average unavailability

برای مثال‌هایی از KPIهای مربوطه به ISO 14224، پیوست E و EN 15341 مراجعه کنید.

KPIهای کلیدی باید در صورت امکان به طور مداوم اندازه‌گیری شوند. سایر KPIهایی که نیاز به جمع‌آوری اطلاعات بیشتری دارند باید در فواصل منظم بروزرسانی شوند. اهداف KPIها باید در یک چارچوب زمانی که قابل‌دستیابی و هر اقدام اصلاحی که موثر خواهد بود، تعیین شود.

اهداف مربوط به KPIهایی که مربوط به عدم دسترسی به تجهیزات حیاتی مرتبط با ایمنی هستند، بایستی بر اساس تحلیل ریسک و مانع تعیین شوند.

۱۰٫۴ تحلیل و بهبود

اثربخشی نگهداشت باید به طور سیستماتیک بر اساس داده‌های گزارش‌شدهٔ نگهداشت ارزیابی شود.

سازمان برای ارزیابی KPIهایی که اهداف و الزامات عملیات را منعکس می‌کنند، بایستی مجموعه‌ای از شاخص‌های کلیدی عملکرد را داشته باشد. به بند ۵ مراجعه کنید. به دلایل عملی، برخی سطوح راه‌انداز[۱] را باید در سطحی بالاتر اعمال کرد تا تحقیق دقیق‌تری با هدف یافتن علت ریشه‌ای شکست انجام شود. راه‌انداز را می‌توان به موارد زیر مرتبط ساخت:

- شکست تجهیزات مرتبط با HSE؛
- از دست رفتن سطح غیرقابل‌قبولی از تولید؛
- هزینه رخدادهای شکستِ منفرد از منظر زمان توقف، هزینهٔ تعمیر و یا هزینهٔ قطعات یدکی؛
- تعداد شکست‌های مکرر در یک دوره زمانی مشخص برای اجزای کلیدی؛
- شکست‌های پنهان (فراتر از الزامات) شناسایی‌شده در حین تست؛
- ارزیابی وضعیت فنی.

علت (های) ریشه‌ای باید بر اساس رخداد(ها) شناسایی شده و اقدامات لازم برای جلوگیری از وقوع مجدد آن‌ها انجام گیرد. تیم باید به مورد واقعی اختصاص داده شود؛ تیمی که معمولاً شامل پرسنل عملیاتی تجهیزات، مهندسان نگهداشت، و کارشناسان تجهیزات است.

---

[۱] trigger levels

مقایسه نتایج حاصل از ارزیابی با معیارهای تعیین‌شدهٔ مربوط به تصمیم‌گیری و/یا معیارهای پذیرش، می‌تواند شامل تطبیق با برنامه نگهداشت باشد. همچنین ممکن است نتایج برای تصمیم‌گیری در مورد جایگزینی[۱]، اصلاح[۲] و ارتقای سیستم‌ها در چشم‌انداز مدیریت چرخه حیات استفاده شود.

در نهایت، اجرای اقدامات شناسایی‌شده، کلیدی برای بهبود پایدار، و همچنین اندازه‌گیری اثر از طریق KPIها و داده‌های قابلیت اطمینان تجهیزات است.

یادگیری از موفقیت‌ها، شکست‌ها و رویدادها کلید بهبود مستمر عملکرد یک واحد صنعتی و سازمان است. تلاش‌ها باید برای اجرای فرایند بهبود مستمری پیشگیرانه و سیستماتیک باشد.

[۱] replacements

[۲] modifications

۱۱ ارزیابی قطعات یدکی

۱۱٫۱ کلیات

ارزیابی قطعات یدکی، که نیاز به قطعات یدکی و استراتژی قطعات یدکی (تعداد، مکان و مدت زمان تدارک) را تعریف می‌کند، بایستی بر اساس نتایج طبقه‌بندی پیامدها (بند ۷) و سایر تحلیل‌های مربوطه مانند تحلیل قابلیت اطمینان و تحلیل مانع (برای مثال‌های بیشتر به بند ۴٫۵ مراجعه کنید) صورت گیرد.

برنامه PM، نوع و برآورد نرخ تقاضا برای قطعات یدکی مورد استفاده در PMها را مشخص می‌کند.

برآورد نرخ تقاضا و قطعات یدکی مورد نیاز برای نت اصلاحی چالش‌برانگیزتر است. منابع معمول برای این کار شامل تاریخچهٔ نگهداشت و موجودی، داده‌های خاص تاسیس، داده‌های عمومی قابلیت اطمینان (مثل OREDA®)، و تجربهٔ پرسنل نگهداشت و فروشنده می‌شود.

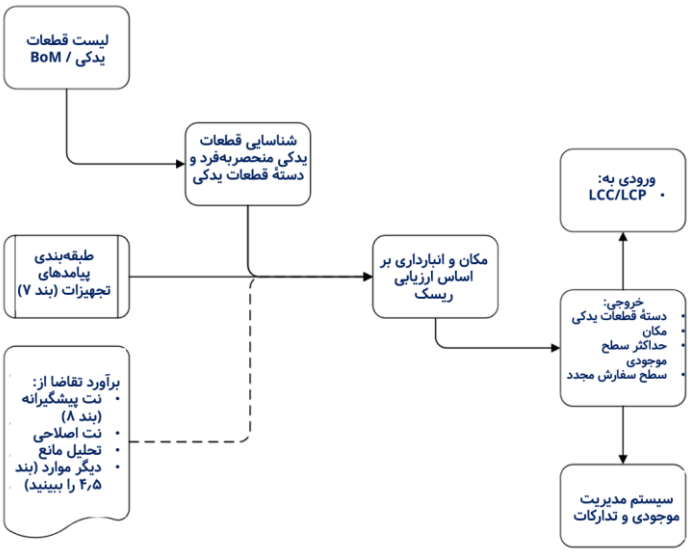
دستورکار نگهداشت[۱] بایستی بیان‌گر قطعات یدکی مورد نیاز برای انجام فعالیت باشد.

پارامترهای بیشتری چون مدت زمان تدارک و مدت زمان حمل و نقل، تاثیر قابل‌توجهی بر تعداد نهایی قطعات یدکی‌ای که باید نگهداری شوند و همچنین مکان نگهداری آن‌ها، خواهد داشت.

۱۱٫۲ گردش‌کار ارزیابی قطعات یدکی

شکل ۶ مروری بر گردش‌کار ارزیابی قطعات یدکی ارائه می‌دهد. بند ۱۱٫۳ تا ۱۱٫۵ به محتوای هر بخش به صورت جداگانه می‌پردازد.

[۱] maintenance order



شکل ۶ - ارزیابی قطعات یدکی

۱۱٫۳ دسته‌بندی‌های قطعات یدکی

قطعات یدکی را می‌توان به صورت زیر دسته‌بندی کرد:

- قطعات یدکی سرمایه‌ای:
  - برای عملکرد کارخانه حیاتی هستند، اما بعید است که در طول عمر تجهیزات دچار خطا (عیب) شوند؛
  - با زمان انتظار طولانی و غیرقابل قبولی از طرف تامین‌کننده تحویل داده می‌شوند و معمولا بسیار گران هستند؛
  - اغلب این قطعات یدکی در صورتی که به وسیلهٔ
  - اغلب، این قطعات یدکی اگر در سفارش اولیه مجموعهٔ سیستم[1] دیده شده باشند، با هزینهٔ بسیار کم‌تری قابل تامین هستند.
  - همچنین به آن‌ها قطعات یدکی بیمه‌ای نیز گفته می‌شود.
- قطعات یدکی عملیاتی:
  - قطعات یدکی مورد نیاز برای حفظ قابلیت‌های عملیاتی و ایمنی تجهیزات در طول عمر عملیاتی عادی آن‌ها.

[1] System package

- مواد مصرفی:
  - ماده یا آیتمی که خاص نیستند و یک‌بارمصرف هستند (غیرقابل تعمیر).

قطعات یدکی دریافت‌شده از فروشندگان و تامین کنندگان مختلف باید ثبت و به شکلی منحصربه‌فرد و با استفاده از شماره تجهیزات OEM در سیستم مدیریت نگهداشت (CMMS) شناسایی شوند.

۱۱٫۴ مکان و انبارداری

قطعات یدکی معمولاً در مکان‌های مختلفی نگهداری می‌شوند. تعیین مکان بهینه برای یک قطعهٔ یدکی بایستی با استفاده از مدل ریسکی انجام شود که ابعاد آن شامل پیامدهای در اختیار نداشتن قطعات یدکی در محل نگهداری و نرخ تقاضای آن‌ها باشد. برای مشاهدهٔ مثالی از بکارگیری یک ماتریس ریسک برای جهت تعیین مکان نگهداری قطعات یدکی، به ضمیمه C مراجعه کنید. نرخ تقاضا را می‌توان از طریق نت پیشگیرانه و اصلاحی تخمین زد. پیامد عدم وجود قطعات یدکی در محل را می‌توان با استفاده از طبقه‌بندی کارکردی که در بند ۷ شرح داده شده است، مشخص ساخت.

۱۱٫۵ سطح سفارش و بازسفارش

سطح سفارش مجدد و مقدار سفارش، پارامترهای مهمی برای کنترل دسترسی به قطعات یدکی بدون ایجاد موجودی مازاد[۱] یا کم‌تر از حداقل لازم[۲] است. برای تخمین این پارامترهای مربوط به قطعات یدکی عملیاتی و مواد مصرفی می‌توان از روش‌ها و فرمول‌های موجود سنتی استفاده کرد. قطعات یدکی سرمایه ای اما به صورت موردی و بر اساس ارزیابی ریسک برآورد می‌شوند. خروجی، سطحی از قطعات یدکی است که حداقلی از ترکیب هزینه‌ها و ریسک‌ها را با خود دارد.

سطح سفارش مجدد بر اساس نرخ تقاضا و زمان تحویلی، که با یک عامل ایمنی ناشی از عدم قطعیت تطبیق داده شده باشد، تعیین می‌شود. مقدار سفارش بر اساس نرخ تقاضا، هزینه به ازای هر سفارش و هزینه نگهداشت تخمین زده می‌شود.

---

۱ Overstock

۲ Understock

۱۲ پرسنل و منابع

به منظور دستیابی به کیفیت در مهندسی نگهداشت، از جمله در طبقه‌بندی پیامدها، توسعه برنامه، پذیرش تغییرات و ایجاد مبنایی برای بهبود مستمر، لازم است پرسنل نگهداشت و اپراتورهای تولید در ارزیابی ریسک و آماده‌سازی فعالیت‌های نگهداشت درگیر شوند. صرف‌نظر از این که مفاهیم نگهداشت عمومی (GMCs) اعمال شده باشد یا برنامه نگهداشتی بر اساس تحلیل RCM / RBI / SIL توسعه داده شده باشد؛ یک برنامه نگهداشت پویا مستلزم مستندسازی مناسبی از ارزیابی‌ها برای اصلاحات و بهبودهای آتی با توجه به تجربه‌های جدید و تغییرات بوجود آمده در شرایط عملیاتی است. نوع زیر از پرسنل/تجربه باید در نظر گرفته شود:

- پرسنل نگهداشت با تجربه‌ای خاص از انواع مختلف سیستم‌ها/تجهیزات، که به طور معمول در سطح ارشد شامل صلاحیت‌های حوزه‌های مکانیکی، ابزار، الکتریکی و خوردگی می‌شود؛
- برنامه‌ریزان نگهداشت و/یا سرپرستان نگهداشت؛
- پرسنل عملیات و پردازش با کنترل تجربه فرایند/تولید تاثیر یک شکست؛
- پرسنل عملیات و فرایند با تجربه رسیدگی به اثرات یک شکست بر تولید ؛
- پرسنلی با تجربه خاص مربوط به ارزیابی ریسک و تحلیل نگهداشت که اغلب به عنوان تسهیل‌کننده فرایند عمل می‌کنند؛
- مهندسان نگهداشت.

پرسنل بالا ممکن است توسط سازمان عملیاتی، فروشندگان یا مشاوران به کار گرفته شوند.

پیوست‌ها

Annex A

(Informative)

Main function (MF) description and boundaries

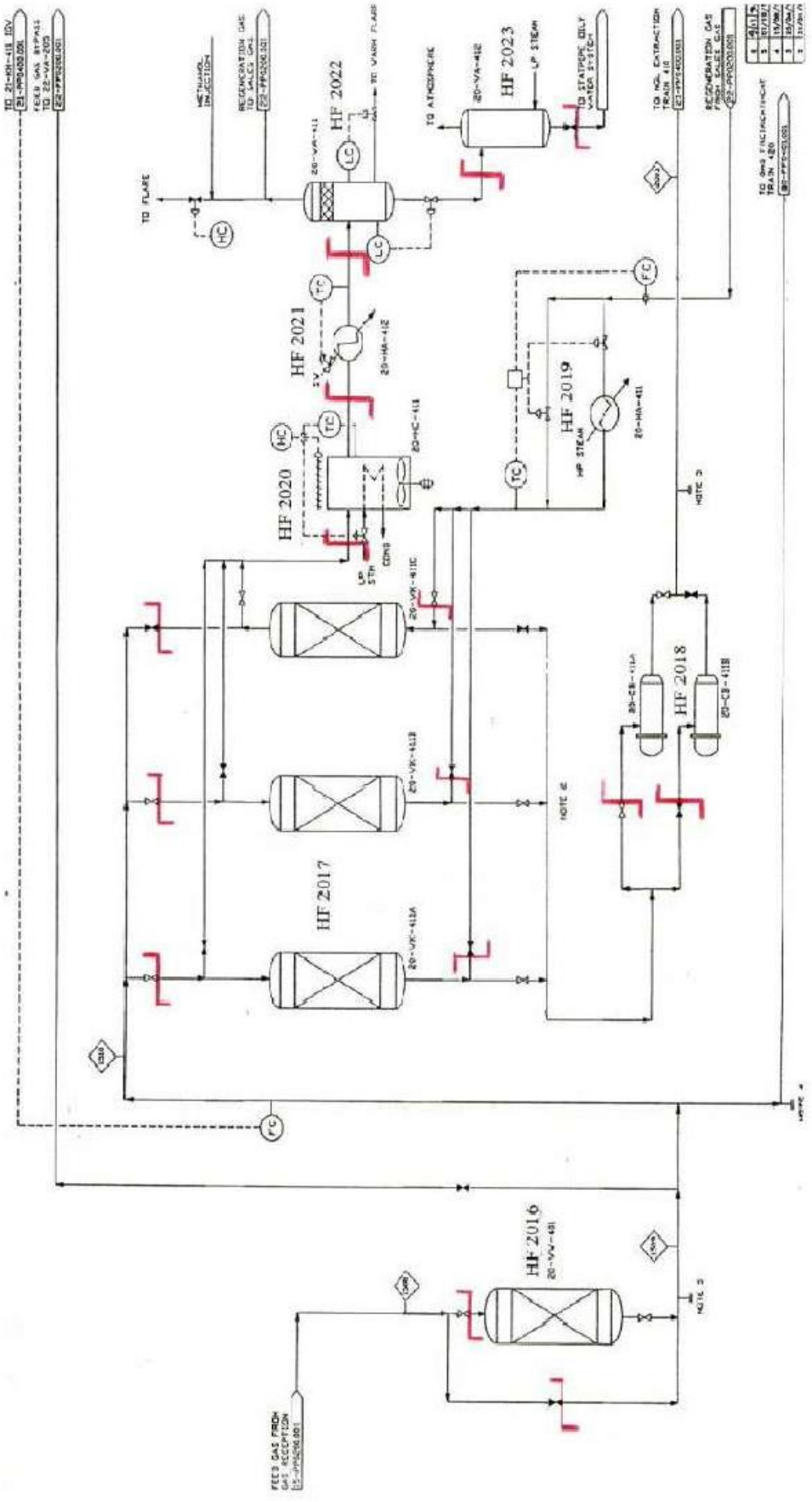
Descriptions of MFs should aim to describe an active function (i.e. ’Pumping‘instead of ’Pump‘). Descriptions commonly used for MFs are shown in Table A.1. Normally a further specification is required to describe the MF sufficiently. If relevant, the availability, capacity and performance should be specified.

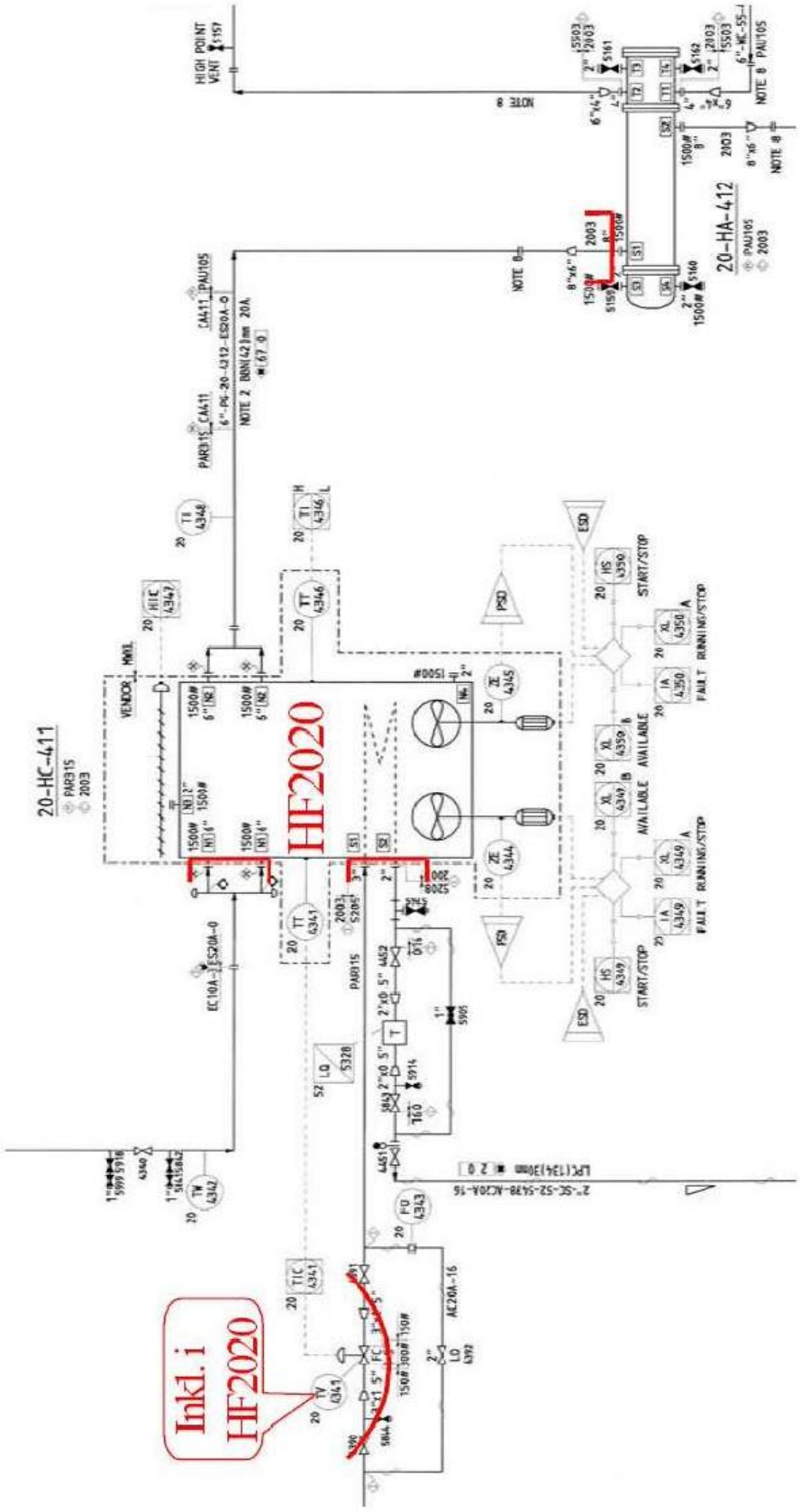
Table A.1 – Examples of MF descriptions

MF description	Sub title, examples
Accumulation	Instrument/plant air, heating/cooling medium
Cementing	
Circulating	Heating/cooling medium
Compressing	Gas export/injection
Cooling	
Detecting	Fire and gas
Distributing	(Main/emergency) power, hydraulic, tele
Drying	Air, gas
Expanding	
Filling	Lubrication oil
Filtering	
Fire fighting	Sprinkler, deluge, water spray, foam, aqueous film foaming foam, hydrants
Generating	(Main/emergency) power
Heating	
Injecting	Chemicals, gas, water
Life Saving	Mob, lifeboat, basket, raft, escape chute
Lifting	Deck crane, personnel, goods
Logging	Well, production, mud
Manoeuvring	
Metering	Fiscal (gas/oil), CO2
Pumping	Oil/gas export, bilge, seawater
Regenerating	Glycol
Scrubbing	

Separating	Production, test, cyclone- (water/sand/oil), centrifuge
Storing	Chemicals, potable water, lubrication/seal oil
Transferring	Oil/gas pipe (riser)

Examples displaying the MF HF2020 (along with others) with boundaries marked on a flow diagram, and the same MF with boundaries marked on the more detailed P&ID is shown on Figure A.1 and Figure A.2.


HF 2023
HF 2022
HF 2021
HF 2020
HF 2019
HF 2018
HF 2017
HF 2016
TO FLARE
TO ATMOSPHERE
LP STEAM
HP STEAM
METHANOL INJECTION
REGENERATION GAS TO SALES GAS
TO VIASH FLARE
TO NGL EXTRACTION TRAIN 410
REGENERATED GAS FROM SALES GAS
FEED GAS FROM GAS RECEPTION
NOTE 3
NOTE 4


HF2020
20-HC-411
20-HA-412
Inkl. i HF2020

Annex B

(Informative)

Simplifying consequence assessment of standard sub functions

The consequence assessment of the MF already performed may be used as a basis for establishing the consequence assessment for the standard sub functions. It is recommended that these evaluations are verified by experienced process personnel and adjusted individually, if needed.

An example of guidelines for the standardised sub functions for one project is shown in Table B.1.

Note to entry: 'Other functions'have to be assessed independently.

Table B.1 – Project guideline example of consequence assessment of standardized sub functions, based on the MF consequence assessment

Standard sub function	Classification of loss of function				Comment
	RED	HSE	PROD	Other	
Main task	MF	MF	MF	MF	
Pressure, relief	Config-uration	H	L	L	**RED:** No redundancy for the failuremode 'Fail to operate on demand'
Shut down, process	A	H	L	L	**RED:** No redundancy for the failuremode 'Fail to operate on demand'.
Shut down, equipment	MF	M	L	MF	**Other:** Inherits the highest consequence from the MF
Controlling	MF	MF	MF	MF	
Monitoring	MF	M	L	L	
Local indication	MF	L	L	L	
Manual shutoff	MF	(MF)	(MF)	(MF)	

Table Key:

HSE/PROD/Other	See examples and definitions in Annex C H/M/L "Medium" or "Low"
MF	Will inherit MFs
RED	Redundancy, see definition in Table C.2
(MF)	Reduce with one level from MF

Annex C

(Informative)

Risk assessment criteria

C.1 Risk assessment using risk matrix

An example of a consequence classification matrix is shown in Table C.1. The classification matrix used for maintenance purposes should be harmonized with the corporate risk matrix. For maintenance purposes it is usually sufficient to have 3-5 consequence classes, whereas a corporate risk matrix can have many more consequence classes. The different consequence categories should also be the same as used in the corporate risk matrix. The consequence classes should be aligned so the highest consequence is used for planning and prioritization. ISO 14224 gives another example of failure consequence classification.

Table C. 1 - Example of consequence classification matrix

Consequence category	C1	C2	C3
Safety	No potential for injuries. No effect on safety systems.	Potential for injuries requiring medical treatment. Limited effect on safety systems.	Single/multiple fatality or serious personnel injuries. Render safety critical systems inoperable.
Environment	No/minor spill	Medium discharge	Major discharge
Production	No production loss	Delayed effect on production (no effect in x days) or reduced production	Down time loss of production DT > X days
Other	No operational or asset cost consequences Cost < X (USD)	Moderate operational or asset cost consequences X < Cost < Y (USD)	Significant operational or asset cost consequences Cost > Y (USD)
Containment	Non-flammable media Non-toxic media Natural/normal pressure /temperature media	Flammable media below flashpoint Moderately toxic media High pressure/ temperature media (>100 bar/80 °C)	Flammable media above flashpoint Highly toxic media Extremely high pressure /temperature media

Table C. 2 – Example of redundancy definitions

RED	Redundancy degree definition
A	No redundancy i.e. the entire system is required to avoid any loss of function.
B	One parallel unit can suffer a fault without influencing the function.
C	Two or more parallel units can suffer a fault at the same time without influencing the function

C.2 Decisions based on consequence classification

As described in Clause 7, the consequence classification is used to plan activities and prioritize resources.

The consequence classification is used to decide the priority of a corrective work order, together with the failure mode and state of degradation. There should be a matrix in place to set the due date for each corrective work order based on the mentioned criteria. The due date can be changed to a later date then the default date due to lack of spare parts, access, personnel etc. but the priority of the work order should remain the same. To get hold of the required spare parts and resources should then also be of the same priority.

If the due date is not met, this should be flagged, and in case of work order for high consequence items, be classified as a non-conformity and subject to proper follow-up and risk assessment.

Table C.3 gives an example of due dates for corrective maintenance task based on the consequence classification.

Table C. 3 – Example of priority/time to repair based on classification

Consequence	Priority/ time to repair	Comments
High	5 days	Barrier equipment < 2 days
Medium	30 days	
Low	180 days	
Un-Prioritized	360 days	Unclassified

Redundancy should also be taken into consideration when setting due date and prioritizing work.

C.3 Spare parts

An example of consequence classes which can be used to determine the optimum location for spare parts is given in Table C.4. Input from the consequence classification can be used or modified for this purpose. The consequence classes combined with demand rate gives location of spare parts as shown in Table C.5.

Table C.4 – Example of consequence classes for spare parts

Consequence	Description
High	Equipment of a system that shall operate in order to maintain operational capability in terms of safety, environment and production.
Medium	Equipment of a system that have installed redundancy, of which either the system or its installed spare must operate in order to maintain operational capability in terms of safety, environment and production.
Low	No consequence for safety, production or environment.

Table C.5 – Example of risk matrix for spare parts

Consequence Demand rate	Low	Medium	High
First line spare parts, frequently used.			
Not frequently used.			
Capital spare parts. Seldom or never used.	No stock	No stock	Holding optimized by use of risk assessment case by case

C.4 Risk matrix

The consequence classification gives, as the term imply, the consequence in the case of loss of function. As part of performing a FMECA and RCM analysis the probability of each failure mode is defined. The probability gives an indication about the uncertainty of when the failure mode is expected to occur.

The consequence of failure and the expected failure frequency from the FMECA-analysis can be combined to establish the risk for the failure modes for each items failure mode, and the overall risk for each item.

From the FMECA/RCM-analysis the probability of the failure mode and failure mechanism is defined. If defined as part of a generic maintenance concept, when assigned to an item the total risk for the particular failure mode for the particular item is defined.

The risk is used as a basis for the maintenance interval for the defined failure mode, see Annex D.3 for an example.

When one generic maintenance concept is applied to two different items with different consequence classification or redundancy the suggested maintenance activities and intervals can be different. I.e. items with higher consequence classification will normally have more maintenance and at shorter intervals. For failure modes that do not affect the function of the item, like EX-protection, the maintenance should be the same regardless of the functional consequence classification. See Annex D.4 for an example of a generic maintenance concept.

The expected failure frequency for each equipment and each failure mode can be calculated based on installation- or companywide maintenance records or using generic failure data from OREDA© or similar sources.

However, for practical purposes it is often better to use qualitative data and expert judgements to set an expected failure frequency, like 2-5 years, 5-10 years etc., especially for new installations or item where there is little data available to establish a quantitative failure frequency.

Annex D

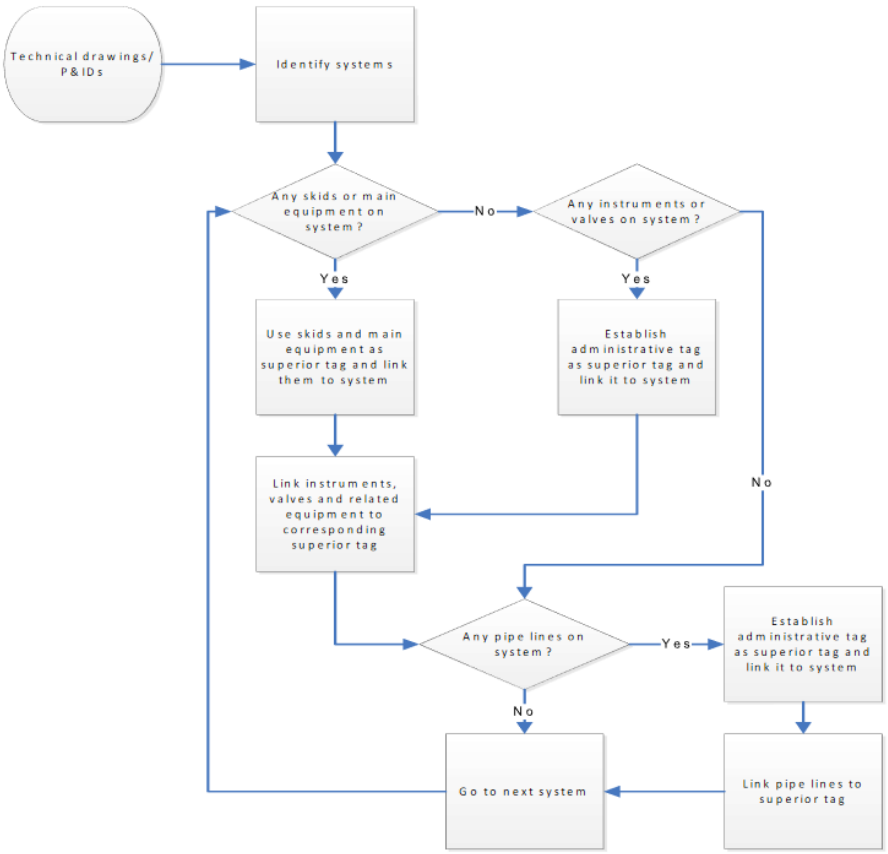
(Informative)

Practical examples

D.1 Technical hierarchy

The level of detail with regards to tagging is in many ways a deciding factor to ensure that the equipment will receive the adequate maintenance. On the Norwegian Continental Shelf there is an industrial heritage of tagging to a detailed level where even instrumentation and equipment in support of MFs and sub functions are tagged The tagging is to be consistent from drawings, the actual equipment in the installation and the CMMS and is an important part of documenting the equipment through its life cycle.

Figure D.1 illustrates the workflow to establish a technical hierarchy.



To establish a technical hierarchy it is necessary with a set of technical drawings, e.g. flow and one-line diagrams, P&IDs etc. and a list of tags and a tool for linking tags to each other.

The top of the technical hierarchy normally starts with the installation code with the system numbers listed in Figure D.2. The usage of system numbers may vary from plant to plant NORSOK Z-DP-002 uses system numbers between 00 and 99. Other standards like SFI [Ship research institute of Norway (Skipsteknisk Forskningsinstitutt)] would have a 3 digit numbers as system numbering, but the principles may be similar.

Technical drawings can be used to identify skids, packages and main equipment that can work as a superior tag for the connected instruments, valves and other kinds of equipment. There can be several levels beneath a level, e.g. a skid that contains 2 pumps with electric motors. The skid will then be the top level, the pumps will be the 2nd level, and the electric motors will be the 3rd level to the corresponding pump. Each level can hold corresponding instruments and valves. See Figure D.2.

Start with a system by identifying skids and main equipment. Then link all the skids and main equipment that will be used as a superior tag to the system number in the tree structure. Next step is to identify the instruments, valves and other kinds of equipment on the system and connect them to the corresponding skid or main equipment. If there are no skids or main equipment, but only e.g. instruments or valves, then administrative tags should be established to form the level above. The instruments, valves and other kinds of equipment are then linked to the administrative tags. In instrument loops one of the components can represent the whole loop e.g. a transmitter or valve, while the rest of the loop lie beneath.

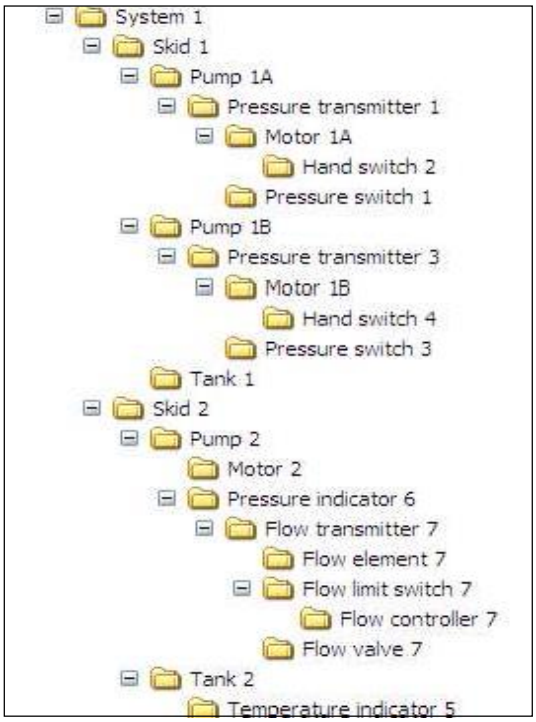


Figure D.2 – Technical hierarchy

D.2 Functional hierarchy

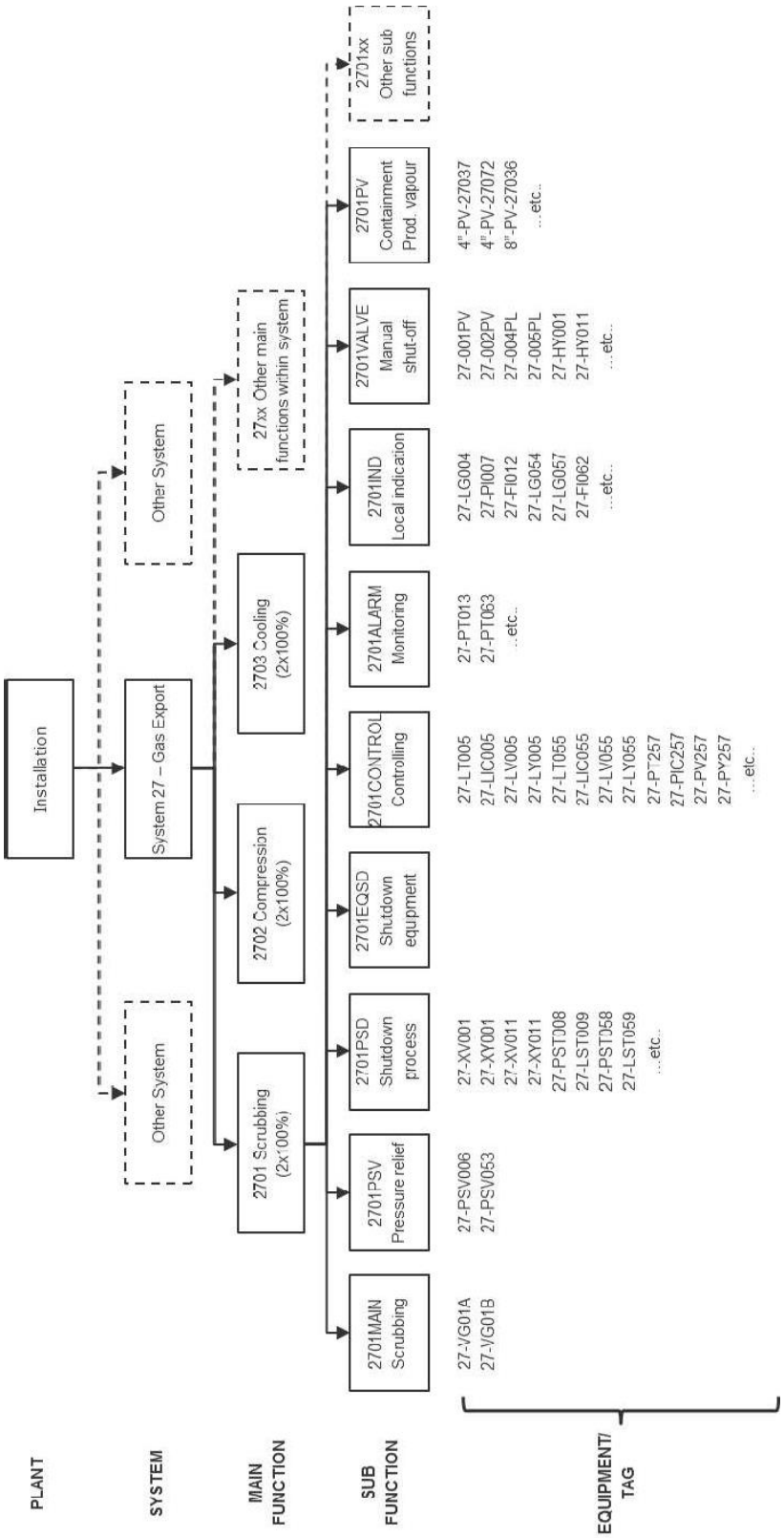
The functional hierarchy is a logical diagram linking all the plant functions noted as MF and sub functions, see Annex A. The level of detailing of the functional hierarchy may vary, but usually 2 to 3 levels are sufficient.

The plant system 27 (gas export) is shown in Figure D.3 in a schematic diagram of a plant (platform) which has been broken down into equipment identified by its tag number. The defined MFs covering part of this system and the standardised sub functions for one of these MFs are illustrated as an example.

Each tag within one sub function is given the same classification because a fault on any of these units (identified by the tag numbers) will cause the same consequence on the MF.

D.3 Documentation of consequence analysis

A typical example of a consequence analysis of a MF (2701 Scrubbing), with standard sub functions listed, is shown in Figure D.4. This MF consists of two parallel units, each able to perform 100 % of the scrubbing function in relevant operating mode. Although this example identifies 100 % redundancy for this MF, redundancy is ignored at this time. For the purpose of determining the consequence class all MFs should be considered as single, irrespective of their design redundancy. The consequence classification is 3 (high), 2 (medium) and 1 (low). The degree of redundancy is set by characters A, B or C for the relevant operating mode. The degree of redundancy for sub-functions is set based on number of parallel units and capacity (Cap: 50 %, 100 %).


PLANT
SYSTEM
MAIN FUNCTION
SUB FUNCTION
EQUIPMENT/ TAG
Installation
Other System
System 27 – Gas Export
Other System
2701 Scrubbing (2x100%)
2702 Compression (2x100%)
2703 Cooling (2x100%)
27xx Other main functions within system
2701MAIN Scrubbing
2701PSV Pressure relief
2701PSD Shutdown process
2701EQSD Shutdown equipment
2701CONTROL Controlling
2701ALARM Monitoring
2701IND Local indication
2701VALVE Manual shut-off
2701PV Containment Prod. vapour
2701xx Other sub functions
27-VG01A
27-VG01B
27-PSV006
27-PSV053
27-XV001
27-XY001
27-XV011
27-XY011
27-PST008
27-LST009
27-PST058
27-LST059
...etc...
27-LT005
27-LIC005
27-LV005
27-LY005
27-LT055
27-LIC055
27-LV055
27-LY055
27-PT257
27-PIC257
27-PV257
27-PY257
...etc...
27-PT013
27-PT063
...etc...
27-LG004
27-PI007
27-FI012
27-LG054
27-LG057
27-FI062
...etc...
27-001PV
27-002PV
27-004PL
27-005PL
27-HY001
27-HY011
...etc...
4"-PV-27037
4"-PV-27072
8"-PV-27036
...etc...

Z-008	CONSEQUENCE OF MAIN FUNCTIONS AND ITS FUNCTIONS

System 27: GAS EXPORT AND METERING

Main Function: 2701	SCRUBBING		Parallel Units: 2	Capacity per unit: 100%	Redundant grade: B
Documents	PID: P&ID 01-01	PFD: PFD 01-01		Rev: B	Last updated: dd.mm.yy

Failure mode	System effect:	Installation effect:	S	P	O
Does not work	Not able to remove liquids from gas. Gas export system shuts down/is not available.	Gas production is shut down. Oil production to be maintained according to tariff quotas. CO_2 and environmental consequence.	1	3	1

Function	**Description**	**PU*Cap - Red**	**Classification (S,P,O-> Max)**
2701 MAIN	Scrubbing	2*100 - B	1,3,1 -> 3
2701 ALARM	Monitoring	2*100 - B	2,1,1 -> 2
2701 CONTROL	Controlling	2*100 - B	1,3,1 -> 3
2701 IND	Local indication	2*100 - B	1,1,1 -> 1
2701 PSD	Shutdown, Process	1*100 - A	3,1,1 -> 3
2701 EQSD	Shutdown, Equipment	2*100 - B	2,1,3 -> 3
2701 PSV	Pressure relief	1*100 - A	3,1,1 -> 3
2701 VALVE	Manual shut-off	2*100 - B	1,2,1 -> 2
2701 PV	Containment, Process Vapour	2*100 - B	1,3,1 -> 3

Table Key

Classification (S: Safety; P: Production; O: Other):

3: High

2: Medium

1: Low

D.4 Documentation of generic maintenance concept (GMC)

A GMC is a set of maintenance actions, strategies and maintenance details, which can be seen as a collection of best practices for a company. The GMC should be defined by a structured RCM analysis where failure modes and failure mechanisms are identified.

All tags should be linked to a relevant GMC and should be available for reference directly in the CMMS. Use of dummy concepts should be restricted to a minimum and only linked to tags where a detailed generic maintenance analysis has revealed no need for any maintenance activity. Equipment which is part of an instrument loop, but no concept is applicable, should be linked to same concept as the superior tag, i.e. instrumented valve.

Each concept should specify which type of equipment the concept is covering and which type of equipment that is excluded. Each concept should be detailed at such level that it provides sufficient information, as keywords or by a short description, about relevant maintenance activities and intervals of such activities in order to maintain the equipment's intended function. It should be avoided to specify maintenance activity at the concept which is not relevant for the actual functional location which the concept is linked to.

The following table shows the final result and not the documentation of the entire process.

Table D.1 – Generic maintenance concept

Equipment class:	El. Motor < 300 kW
Concept note:	Applies for electrical motors independently of voltage and design
Responsible discipline:	E-Electrical
Approved by:	nn
Approved date:	dd.mm.yy

Object	Activity No.	Activity group	Activity description	D	M	S	Unit	Maintenance Interval pr. Consequence class			Duration	Work load	
								High	Medium	Low		Resource x time	Total man hours
Motor	66030-51A	51 Lubrication	Lubrication of el.motor	MECH	N	N	M	3	6	-	0,5	MECH x 0,5	0,5
Motor	66030-02A	02 Near visual check	For outside motors, check external and internal condition of junction boxes. If the JB has flame slits, check and lubricate.	ELEC	N	N	M	12	12	12	1,5	ELEC x 1,5	1,5
Motor	66030-15A	15 Measurement	Megger test stator and rotor windings	ELEC	N	Y	M	12	12	12	0,5	MECH x 0,5	0,5
Motor	66030-71A	71 Overhaul	Overhaul of electrical motor	ELEC	N	Y	H	24000	48000	-	20	2 x ELEC x 20	40

Failure mode analysis:

Preventive Activity(s)	Failure Mode	Failure Mechanism	Failure Cause	Frequency (yrs/failure)	Analysis Reference	Local Effect	Hidden Failure
66030-02A, 66030-71A	SPO - Spurious operation	Wear	Wear	5-10 Years	Project	Loss ofY function	
66030-15A	ATS - Failure to start on demand	General electrical failure	Protection trip due to overcurrent, overload & short circuit	5-10 Years	OREDA	Loss of function	N
66030-15A, 66030-71A	LOO - Low output	General electrical failure	Voltage unbalance	> 20 Years	OREDA	Degraded Function	N
66030-51A	ELU - External Leakage	Vibration	Bearing friction, lubrication	5-10 Years	OREDA	Degraded Function	N
66030-51A	STD - Structural deficiency	Vibration	Winding failure	5-10 Years	OREDA	Degraded Function	N
66030-51A	VIB - Vibration	Vibration	Bearing fracture/fault	2-5 Years	Project	Degraded Function	N
66030-02A	OHE - Overheating	General material failure	Bearing fracture/fault	5-10 Years	Project	UnsafeY failure	
66030-02A, 66030-71A	FRO - Failure to rotate	General material failure	Mechanical damage	5-10 Years	Project	Loss ofY function	

Legend:

D) Discipline	Craft/competence (e.g. MECH: mechanic, ELEC: electric, OPER: operator)
M) Requirement from government/company	Regulations and company requirements For barrier functions: - Safety critical failure with connected testing interval - SIL requirement (acceptance level)
S) Shutdown	Shutdown required to undertake repair, and possibly production shutdown depending on redundancy and HSE requirements
Equipment class	ISO 14224 provides a recommended structure for equipment class

Operating and frame conditions	Physical operating and frame conditions for the concept
Responsible	Responsible person/discipline for this concept
Revision	Revision number
Consequence class	Consequence class for maintainable item from consequence classification
Activity description	Description of PM activities
Ref to main doc	Reference to detailed description of maintenance activity
Maintenance Interval	Generic maintenance interval established based on consequence classification, operating conditions etc.
Interval unit	Months, years, hours etc

۰۲۱ ۸۸۵۳۹۶۳۵-۸

تهران، خیابان استاد مطهری، خیابان میرعماد، نبش کوچه نهم، پلاک ۲۰، واحد ۶

w w w . p e g a h e a f t a b . c o m

l p e g a h e a f t a b