

آیا واقعاً مشکل از پمپ است یا از سیستمی که پمپ در آن کار می‌کند؟

آیا پمپ مشکل دارد یا سیستم؟

✗ مشکل از سیستم است نه از پمپ

✓ سیستم درست، پمپ سالم

نتیجه سیستم نامناسب

افزایش هزینه‌ها	کاهش عمر پمپ	افزایش مصرف انرژی	افزایش هزینه نگهداری	افزایش توقف تولید
5 تا 3 برابر	60%	20 تا 40%	3 تا 2 برابر	100% تا 100%

هزینه واقعی خرید پمپ

85%

هزینه‌های سیستم

هزینه‌های پمپ

نتیجه سیستم مناسب

کاهش هزینه‌ها	افزایش عمر پمپ	کاهش مصرف انرژی	کاهش هزینه نگهداری	کاهش توقف تولید
70 تا 90%	3 تا 2 برابر	10 تا 25%	30 تا 50%	60 تا 80%

قبل از تعویض پمپ، سیستم را بررسی کنید. بسیاری از خرابی‌ها ریشه در طراحی و بهره‌برداری سیستم دارند، نه خود پمپ.

چند بار یک پمپ را تعویض کرده‌اید، اما مشکل همچنان باقی مانده است؟

اجازه دهید با یک سؤال آغاز کنیم.

اگر پمپی را سه بار تعویض کنید و خرابی دوباره تکرار شود، واقعاً مشکل از پمپ است یا از جایی دیگر؟

این سؤال را در بسیاری از کارخانه‌ها مطرح کرده‌ام.

اغلب پاسخ اولیه مشابه است:

«پمپ کیفیت خوبی نداشت.»

«سازنده مشکل داشت.»

«قطعات اصلی نبود.»

«بهره‌برداری درست انجام نشد.»

اما تجربه‌ای که طی سال‌ها فعالیت در حوزه طراحی، ساخت، نصب، راه‌اندازی، تعمیرات اساسی و تحلیل خرابی پمپ‌های صنعتی به دست آورده‌ام، بارها نشان داده است که در بسیاری از موارد، پمپ قربانی است، نه مقصر.

پمپ خراب می‌شود.

مکانیکال سیل آسیب می‌بیند.

یاتاقان از بین می‌رود.

پروانه فرسوده می‌شود.

اما منشأ اصلی خرابی در جای دیگری پنهان است.

در سیستم.

داستان کارخانه‌ای که چهار بار پمپ خرید

چند سال پیش در یکی از واحدهای صنعتی برای بررسی خرابی‌های مکرر یک پمپ فرآیندی دعوت شدیم.

طبق سوابق موجود، طی کمتر از سه سال:

- چهار پمپ تعویض شده بود.
 - بیش از ده مکانیکال سیل مصرف شده بود.
 - چندین بار یاتاقان‌ها تعویض شده بودند.
 - هزینه‌های مستقیم از چند میلیارد تومان فراتر رفته بود.
- همه تصور می‌کردند مشکل از پمپ است.

اما پس از چند روز بررسی مشخص شد پمپ اساساً مشکل خاصی نداشت.

مشکل در طراحی خط مکش بود.

چند زانویی نامناسب.

افت فشار غیرمجاز.

و NPSH ناکافی.

پمپ‌ها تعویض می‌شدند.

اما سیستم همان سیستم باقی می‌ماند.

در نتیجه قربانی بعدی آماده می‌شد.

بزرگ‌ترین اشتباه صنایع

یکی از رایج‌ترین خطاهای صنعتی این است که تجهیزات به صورت مستقل تحلیل می‌شوند.

در حالی که پمپ بخشی از یک سیستم است.

پمپ به تنهایی معنا ندارد.

عملکرد آن تحت تأثیر عوامل متعددی قرار دارد:

- مخزن
- لوله کشی
- شیرآلات
- شرایط فرآیندی
- کیفیت سیال
- ارتفاع مکش
- فشار سیستم
- دمای سیال

به همین دلیل است که بهترین پمپ دنیا نیز در یک سیستم ضعیف عملکرد مناسبی نخواهد داشت.

آماری که مدیران باید بدانند

مطالعات قابلیت اطمینان و نگهداری تجهیزات دوار نشان می‌دهد بخش قابل توجهی از خرابی‌های تجهیزات ناشی از مشکلات سیستمی و بهره‌برداری است، نه نقص ذاتی تجهیز. همچنین در بسیاری از صنایع، بیش از دو سوم کسب‌وکارها حداقل ماهی یک بار توقف برنامه‌ریزی نشده را تجربه می‌کنند (Manufacturing.net).

طبق نظرسنجی جهانی ABB از ۳۲۱۵ مدیر نگهداری و تعمیرات در صنایع مختلف:

- بیش از ۶۷ درصد صنایع حداقل ماهی یک بار توقف ناخواسته دارند.
 - متوسط هزینه توقف حدود ۱۲۵ هزار دلار در ساعت برآورد شده است.
 - ۹۲ درصد پاسخ‌دهندگان اعلام کرده‌اند که بهبود نگهداری و قابلیت اطمینان باعث افزایش دسترس‌پذیری تجهیزات شده است (Manufacturing.net).
- بنابراین هر بار که ریشه اصلی خرابی تشخیص داده نمی‌شود، تنها یک پمپ از دست نمی‌رود؛ بلکه بخشی از سودآوری سازمان نیز از بین می‌رود.

نشانه اول: پمپ خارج از نقطه BEP کار می‌کند

یکی از مهم‌ترین مفاهیم در مهندسی پمپ، نقطه بهترین راندمان یا BEP است. بسیاری از پمپ‌ها سال‌ها خارج از این محدوده کار می‌کنند. نتیجه چیست؟

- افزایش ارتعاش
- افزایش بار شعاعی
- افزایش دما
- کاهش عمر یا تاقان‌ها
- افزایش مصرف انرژی

پمپ آسیب می‌بیند.

اما علت اصلی در واقع شرایط سیستم است.

نشانه دوم: مشکل در NPSH

اگر بخواهم یک عامل را به عنوان قاتل مشترک بسیاری از پمپ‌های صنعتی معرفی کنم، آن عامل کمبود NPSH است.

در ظاهر پمپ خراب می‌شود.

اما واقعیت این است که سیستم شرایط مناسبی برای تغذیه پمپ فراهم نکرده است.

نتیجه:

- کاویتاسیون
- تخریب پروانه
- کاهش راندمان
- افزایش ارتعاشات

نشانه سوم: طراحی نامناسب لوله کشی

بارها مشاهده کرده‌ام که هزینه تعویض پمپ پرداخت شده اما هیچ‌کس به مسیر لوله‌کشی نگاه نکرده است.

زانویی نزدیک مکش.

تغییر قطر ناگهانی.

افت فشار زیاد.

جریان نامتقارن.

همگی می‌توانند عمر پمپ را به شدت کاهش دهند.

در چنین شرایطی تعویض پمپ شبیه تعویض لامپ در مداری است که مشکل سیم‌کشی دارد.

نشانه چهارم: تغییر شرایط فرآیندی

گاهی پمپ در زمان خرید کاملاً درست انتخاب شده است.

اما سال‌ها بعد شرایط فرآیند تغییر کرده است.

• ظرفیت تولید افزایش یافته است.

• نوع سیال تغییر کرده است.

• دمای فرآیند تغییر کرده است.

• فشار سیستم افزایش یافته است.

اما پمپ همان پمپ قبلی باقی مانده است.

در نتیجه تجهیز وارد محدوده‌ای می‌شود که برای آن طراحی نشده بود.

چرا برخی کارخانه‌ها دائماً پمپ می‌خرند؟

در بسیاری از پروژه‌ها متوجه شده‌ام که سازمان‌ها دو رویکرد متفاوت دارند.

گروه اول:

خرابی می‌بینند.

قطعه تعویض می‌کنند.

پمپ جدید می‌خرند.

و منتظر خرابی بعدی می‌مانند.

گروه دوم:

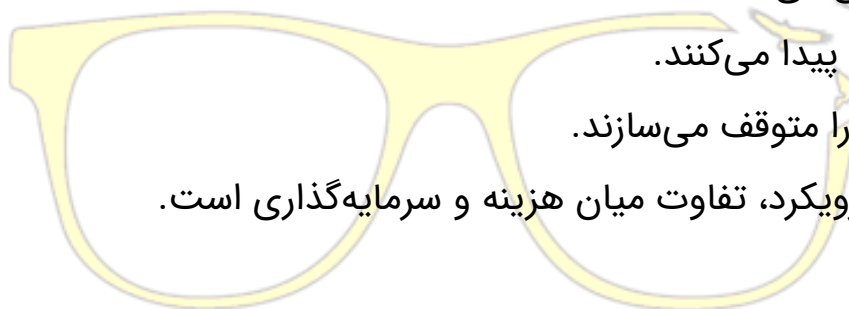
خرابی را تحلیل می‌کنند.

سیستم را بررسی می‌کنند.

علت ریشه‌ای را پیدا می‌کنند.

و چرخه خرابی را متوقف می‌سازند.

تفاوت این دو رویکرد، تفاوت میان هزینه و سرمایه‌گذاری است.



از تعمیر پمپ تا مهندسی سیستم

یکی از مهم‌ترین درس‌هایی که صنعت امروز باید بیاموزد این است که بسیاری از مشکلات پمپ‌ها در کارگاه تعمیرات حل نمی‌شوند.

آن‌ها در مرحله مهندسی حل می‌شوند.

در طراحی سیستم.

در انتخاب صحیح.

در تحلیل فرآیند.

در پایش عملکرد.

و در نگاه سیستمی.

نقش داده در تشخیص حقیقت

سازمان‌های پیشرو حدس نمی‌زنند.

آن‌ها اندازه‌گیری می‌کنند.

- دبی
- فشار
- ارتعاش
- دما
- توان مصرفی

را پایش می‌کنند.

زیرا داده‌ها معمولاً زودتر از خرابی صحبت می‌کنند.

تجرب‌های که نگاه من را تغییر داد

سال‌ها پیش تصور می‌کردم مأموریت ما تعمیر پمپ است.

امروز معتقدم مأموریت اصلی ما جلوگیری از نیاز به تعمیرات غیرضروری است.

بسیاری از موفق‌ترین پروژه‌هایی که در آن‌ها حضور داشته‌ام، پروژه‌هایی نبودند که در آن‌ها پمپ تعمیر شد.

بلکه پروژه‌هایی بودند که علت واقعی خرابی کشف شد و دیگر خرابی تکرار نشد.

نتیجه‌گیری

اجازه دهید به همان سؤال ابتدای مقاله بازگردیم.

اگر یک پمپ را چند بار تعویض کرده‌اید و مشکل همچنان باقی است، آیا واقعاً مشکل از پمپ است؟

شاید پاسخ منفی باشد.

شاید پمپ تنها پیام‌آور مشکلی بزرگ‌تر باشد.

مشکلی که در طراحی سیستم، بهره‌برداری، فرآیند یا مدیریت دارایی‌های فیزیکی پنهان شده است.

و شاید مهم‌ترین تفاوت میان سازمان‌های متوسط و سازمان‌های پیشرو دقیقاً همین باشد:

سازمان‌های متوسط تجهیزات را می‌بینند.

سازمان‌های پیشرو سیستم‌ها را.

اقدامک‌ها

اقدامک اول

فهرست تمامی پمپ‌هایی را که طی سه سال گذشته بیش از دو بار تعمیر اساسی شده‌اند تهیه کنید.

اقدامک دوم

برای هر خرابی تکراری، تحلیل ریشه‌ای علت (RCA) انجام دهید.

اقدامک سوم

شرایط NPSH و خط مکش تمامی پمپ‌های حیاتی را بازبینی نمایید.

اقدامک چهارم

نقطه عملکرد واقعی پمپ‌ها را با BEP مقایسه کنید.

اقدامک پنجم

هزینه توقف تولید ناشی از هر خرابی را جدا از هزینه تعمیرات محاسبه نمایید.

اقدامک ششم

نگاه خود را از «تعمیر تجهیز» به «بهبود سیستم» تغییر دهید.

نویسنده : علی منتظرالظهور تابستان ۱۴۰۵

درباره نویسنده

این مقاله حاصل سال‌ها تجربه در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی، فولاد، معدن، نیروگاهی و آب و فاضلاب است؛ تجربه‌ای که نشان داده است بسیاری از خرابی‌های پمپ، در حقیقت نشانه‌ای از مشکلات پنهان در سیستم هستند، نه خود پمپ.

پاورقی و منابع

۱. Pump Handbook – Karassik.
۲. API 610 Centrifugal Pumps.
۳. Hydraulic Institute Standards.
۴. Reliability Centered Maintenance – John Moubray.
۵. ISO 55000 Asset Management.
۶. ABB Value of Reliability Survey 2023. ([Manufacturing.net](https://www.manufacturing.net))
۷. مطالعات برنامه‌ریزی نگهداری و شاخص (Symestic) PMP.
۸. تجربیات اجرایی نویسنده در حوزه طراحی، ساخت، نصب، تعمیرات اساسی و تحلیل خرابی پمپ‌های صنعتی.
۹. کتاب «دانش معماری سازمانی» - تألیف نویسنده.

