



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران

دانشگاه تهران، تهران

۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵

11890-NWWCE

بررسی و مقایسه پمپ‌های سانتریفوژ Overhung و Between bearings با حلزونی‌های

تک و دو مجرای از دیدگاه نیروهای وارده و نت

(مطالعه موردی تعمیرات پمپ‌های تصفیه‌خانه آب شهید منجری و شهید محمدی اهواز)

رضا بهرام کیا^۱، علی رضا حسونی زاده^۲

۱- کارشناس ارشد مهندسی مکانیک، کارشناس نگهداری و تعمیرات شرکت آب و فاضلاب اهواز

۲- کارشناس ارشد مدیریت، مدیر واحد نگهداری و تعمیرات شرکت آب و فاضلاب اهواز

Rezabahram2008@yahoo.com

خلاصه

با توجه به اینکه تولید مستمر در تصفیه‌خانه‌های آب از اولویت‌های شرکت‌های آب و فاضلاب است و پمپ‌های سانتریفوژ در این راستا اهمیت زیادی دارند لذا در این مقاله به بررسی و مقایسه پمپ‌های سانتریفوژ Overhung و Between bearings با حلزونی‌های تک و دو مجرای، پرداخته شد و نیروهای شعاعی و محوری وارده به هر کدام از این نوع پمپ‌ها با توجه به ساختمانشان مورد بررسی قرار گرفت. همچنین از منظر نگهداری و تعمیرات هر دو نوع پمپ بررسی شده و آماری از میزان خرابی این پمپ‌ها در تصفیه‌خانه‌های آب اهواز، ارائه گردید. نهایتاً مشخص گردید چه نوع پمپی و به چه علت، برای استفاده در تصفیه‌خانه‌های آب با توجه به حساسیت امر آب‌رسانی در تصفیه‌خانه‌ها و در شرایط مختلف، مناسب‌تر است و می‌بایست هنگام خرید هر کدام از دو نوع پمپ علاوه بر ظرفیت مورد نیاز به چه نکات دیگری توجه داشت تا بالاترین راندمان را در بهره برداری داشته باشیم.

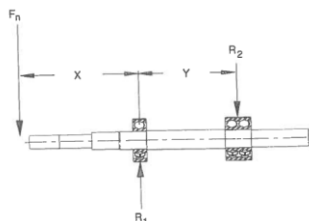
کلمات کلیدی: نت، Between bearings، Overhung، نیروی‌های شعاعی، نیروهای محوری

۱. مقدمه

کاهش هزینه‌های تعمیرات از اولویت‌های اصلی هر شرکت است که می‌تواند علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی در بخش تعمیرات، از کاهش و یا قطع تولید جلوگیری کرده و هزینه‌های ناشی از آن را نیز کاهش دهد. این امر برای شرکت‌های آب و فاضلاب که جزء شرکت‌های شبکه‌ای هستند و می‌بایست، مدام در حال فعالیت باشند، بسیار حساس‌تر است چرا که در این نوع از شرکت‌ها، می‌بایست تولید و توزیع مدام صورت گیرد و زنجیره تولید و توزیع قطع نگردد. کوچکترین خرابی می‌تواند فرآیند را با مشکل مواجه کرده و تبعات اقتصادی و یا حتی اجتماعی خاص خود را به همراه داشته باشد. لذا می‌بایست، به بخش نگهداری و تعمیرات با حساسیت ویژه‌ای نگریسته شود. یکی از مهم‌ترین عوامل در جلوگیری از بروز حوادث مکرر، طراحی اولیه و انتخاب تجهیز مناسب، برای کارکردی خاص است. لذا در این مقاله سعی بر آن شده که دو نوع متداول از پمپ‌های سانتریفوژ موجود در صنعت آب و فاضلاب مورد بررسی قرار گیرند، تا بتوان با انتخاب صحیح نوع پمپ، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات که حجم عمده‌ای از هزینه‌های شرکت‌های آب و فاضلاب را به خود اختصاص می‌دهند را کاهش داد. و ساعات توقف و قطع تولید را به کمترین میزان ممکن رساند. پمپ‌های سانتریفوژ طبقه‌بندی‌های مختلفی دارند یکی از انواع این طبقه‌بندی‌ها، پمپ‌ها به سه دسته Between bearings، Overhung و Vertically suspended تقسیم می‌شوند. [۱] که در این مقاله با توجه به گستردگی استفاده از پمپ‌های Between bearings و Overhung در صنعت آب و فاضلاب، این نوع پمپ‌ها مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۱-۱- پمپ‌های سانتریفیوژ اورهنگ (Overhung)

از این پمپ‌ها در سایزهای مختلف و کاربردهای متنوع استفاده می‌شود و رنج‌های بسیاری را از نظر فشار و دبی را پوشش می‌دهد. در این نوع از پمپ‌ها، پروانه بعد از دو بیرینگ قرار دارد (شکل ۱) که اصطلاحاً با نام اورهنگ شناخته می‌شوند. از نظر نیروی اعمالی در حالت ثابت دیاگرام نیرو برای این نوع از پمپ‌ها در شکل (۲) نشان داده شده است. (از نیروی وزن شافت صرف نظر شده است و f_m نیروی اعمالی وزن پروانه است)



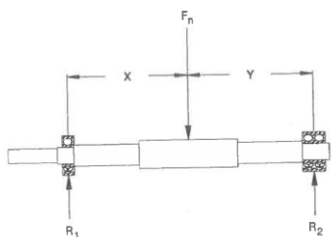
شکل ۲- دیاگرام نیرو در پمپ‌های اورهنگ [۲]



شکل ۱- نمونه ای پمپ‌های اورهنگ

۱-۲- پمپ‌های سانتریفیوژ میان بیرینگ (between-bearing)

در این پمپ‌ها نیز که از نوع سانتریفیوژ هستند سیال با استفاده از نیروی گریز از مرکز اعمالی توسط پروانه، انرژی گرفته و پمپاژ می‌گردد. اما تفاوت کلی این نوع پمپ‌ها با پمپ‌های اورهنگ در ساختمان آن‌ها می‌باشد در این پمپ‌ها سیال از دو طرف پروانه وارد شده و عمل پمپاژ صورت می‌پذیرد. (شکل ۳) پروانه بین دو باتاقان قرار دارد که تعادل نیرویی در حالت استاتیکی برای این نوع از پمپ‌ها به صورت شکل شماره (۴) است.



شکل ۴- دیاگرام نیرو در پمپ‌های میان بیرینگ [۲]



شکل ۳- نمونه ای پمپ‌های دو میان بیرینگ

۱-۳- طبقه بندی پمپ‌ها بر اساس مجرای حلزونی

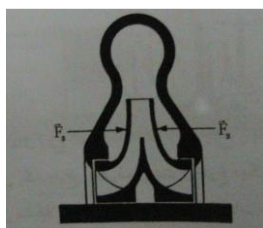
در پمپ‌های سانتریفیوژ حلزونی‌هایی به شکل‌های مختلفی وجود دارد که هم از نظر هندسی و هم از نظر تقسیم بندی داخل حلزونی با یکدیگر اختلاف دارند. ولی آنچه در صنعت آب و فاضلاب متداول است، حلزونی‌های تک بخشی و دو بخشی است. در این طبقه بندی پمپ‌ها بر اساس اینکه حلزونی دو بخشی باشد و یا تک بخشی تقسیم بندی می‌شوند. در پمپ‌های سانتریفیوژ با حلزونی تک مجرای حلزونی تنها یک مجرا دارد. این نوع از پمپ‌ها برای کارهای سبک تا نسبتاً متوسط کاربرد داشته و هم می‌توانند از نوع میان بیرینگ و یا اورهنگ باشند. اما در پمپ‌های سانتریفیوژ با حلزونی دو مجرای، حلزونی به دو بخش تقسیم شده و نیمی از سیال از یک بخش و نیمی دیگر از بخش دیگر به پروانه رسیده و عمل پمپاژ صورت می‌گیرد. این نوع حلزونی نیز در پمپ‌های میان بیرینگ و اورهنگ استفاده می‌گردد. لازم به ذکر است در بسیاری مواقع دیده شده که تقسیم بندی بر اساس تعداد مجرای حلزونی با اینکه پمپ تک مکشه و یا دو مکشه باشد اشتباه گرفته می‌شود در حالی که پمپ می‌تواند دو مکشه باشد و حلزونی تک مجرا داشته باشد و یا برعکس تک مکشه باشد و حلزونی دو مجرای داشته باشد.

۲- بررسی نیروهای وارد به پروانه در پمپ‌های اورهنگ و میان بیرینگ

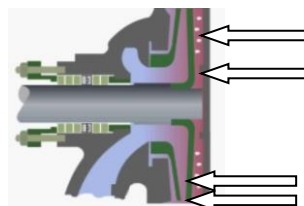
۲-۱- نیروی محوری یا تراست:

در پمپ‌های اورهنگ سیال از یک طرف وارد پروانه می‌شود و قسمتی از سیال پر فشار از فاصله بین رینگ سایشی و پروانه به پشت پروانه راه پیدا کرده و به پشت پروانه فشار وارد می‌کند این کار با توجه به سطح زیاد پروانه، می‌تواند باعث حرکت رو به جلو پروانه شده و نیرو را به شافت و متعاقباً به بیرینگ‌ها وارد نماید.

در صورتی که بیرینگ‌ها توانایی تحمل این نیروی محوری را نداشته باشند باعث آسیب به آن‌ها می‌گردد. (شکل ۵) اما در پمپ‌های میان بیرینگ، به دلیل ورود سیال از دو طرف به چشمه پروانه عملاً نیروهای محوری در دو طرف اعمال شده و یکدیگر را خنثی می‌کنند به این ترتیب که چنین پمپ‌هایی در حالت نرمال نمی‌بایست هیچ نیروی محوری را تحمل کنند ولی به دلیل عدم تقارن در ساخت و یا عدم تقارن در ورود سیال به دو طرف پروانه یک نیروی محوری ایجاد می‌گردد که می‌توان با ایجاد یک فاصله بین پروانه و بخش حلزونی از تعادل اتوماتیک استفاده نمود و نیروی محوری یک طرفه را خنثی نمود. در صورتی که عدم تقارن باعث یک نیروی محوری گردد، چرخ به یک طرف حرکت کرده و فاصله تنگ تر می‌گردد همین کوچک شدن فاصله خود باعث تغییر فشار در دیواره‌های دو طرف گردیده و یک نیروی خلاف جهت ایجاد می‌گردد که با نیروی وارد شده مقابله کرده و به صورت اتوماتیک تعادل نیرویی برقرار می‌شود. (شکل ۶)



شکل ۶- تعادل نیروی وارد به پروانه دو مکشه [۴]

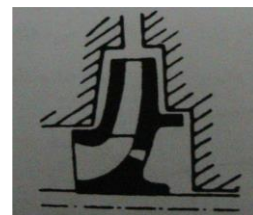
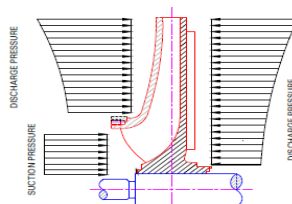
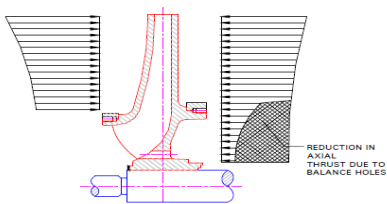


شکل ۵- نیروی وارد به پشت پروانه در پمپ‌های اورهنگ [۳]

۲-۲ روش مقابله با نیروی محوری در پمپ‌های اورهنگ

برای مقابله با نیروهای محوری در این نوع از پمپ‌ها روش‌های متعددی وجود دارد از جمله میتوان به سوراخ‌های تعادل در پروانه اشاره کرد به این ترتیب که در پروانه چندین سوراخ را با رعایت بالانس دینامیکی ایجاد می‌کنند تا فشار ناحیه پشت و جلوی پروانه متعادل گردد در نتیجه از نیروی وارد به پروانه تا حد بسیار زیادی جلوگیری به عمل می‌آید. (شکل ۷). از دیگر روش‌ها می‌توان به ایجاد پره در پشت پروانه اشاره کرد نصب پره‌هایی در پشت پروانه باعث خروج قسمتی از سیال که در پشت پروانه قرار دارد، می‌گردد و با این کار می‌توان نیروی محوری ایجاد شده تا حد مناسبی کاهش داد ولی این روش تمام نیروی ایجاد شده را خنثی نمی‌کند. [۴] عملکرد بهتر پره‌های پشت پروانه به زاویه، طول، کیلرانس بین پروانه و پوسته و تعداد آن‌ها بستگی دارد که از بین موارد ذکر شده تاثیر زاویه پره‌ها و طول آن‌ها از بقیه بیشتر است. [۵] (شکل ۸)

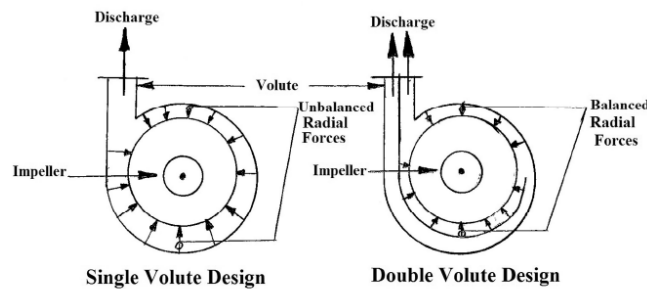
تعادل اتوماتیک نیز از جمله راهکارهایی است که برای کاهش نیروی محوری از آن استفاده می‌شود در این روش چرخ آزادانه روی محور تغییر مکان می‌دهد اما با تغییر مکان آن در یک جهت، فاصله بین قسمت‌های ثابت و متحرک تغییر کرده، با ایجاد اختلاف فشار جهت نیروی محوری عکس شده و تغییر مکان پروانه محدود می‌شود (شکل ۹) البته خرید پمپ‌هایی که این اتاق تعادل را داشته باشند هزینه نسبتاً زیادی دارد و استفاده از آن‌ها زیاد متداول نیست.



شکل ۷- پروانه با اتاق تعادل. [۴] شکل ۸- توازن نیرو با استفاده از پره‌های پشت پروانه. [۵] شکل ۹- توازن نیرو با ایجاد سوراخ‌های تعادل. [۵]

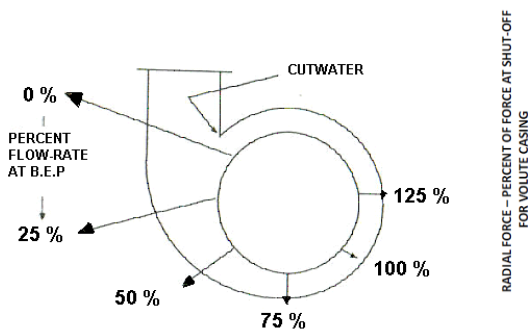
۳-۲ نیروهای شعاعی ناشی از شکل حلزونی

در پمپ‌های سانتریفیوژ سیال پس از ورود به چشمه پروانه در هنگام خروج افزایش انرژی داشته و سرعت می‌گیرد و بنا به شکل پروانه در هنگام خروج از پره، قسمتی از انرژی سرعتی آن به فشار تبدیل می‌گردد. اما در این زمان نیز سرعت آن بسیار بالا است. برای افزایش فشار سیال و تبدیل این سرعت به فشار، شکل حلزونی پمپ‌ها را نیز به صورت دیفیوز می‌سازند. به این ترتیب که در ابتدای ورود سیال به ورودی بخش حلزونی، سرعت آن بالا است ولی در ادامه حرکت سیال، بدلیل افزایش سطح حلزونی، از سرعت آن کم شده و فشار آن افزایش می‌یابد. اما ایجاد چنین شرایطی برای باعث ایجاد یک عدم تقارن از نظر نیرویی شده و فشار دو طرف سیال که به پوسته و حلزونی و متعاقباً به پروانه وارد می‌شود، تعادل نداشته که به مرور زمان این عدم تعادل نیرو می‌تواند با ایجاد لرزش و آسیب به بیرینگ‌ها و پروانه، باعث خرابی گردد. برای جلوگیری از چنین آسیبی برخی سازندگان پمپ، راه کارهایی مانند ایجاد پره در داخل حلزونی و یا از جدا کننده بخش حلزونی، استفاده می‌کنند اما هنوز پمپ‌هایی وجود دارند که به این مورد توسط سازنده توجه نشده است. همچنین می‌توان با انتخاب یا تقان‌های بزرگتر که تحمل بار شعاعی بیشتری دارند می‌توان با این نیروی نامتقارن که به نیروی رادیال فورس معروف است، مقابله کرد. اما در پمپ‌های میان بیرینگ که در آن‌ها حلزونی دو مجرا دارد، در بخش حلزونی، از همان ابتدای ورود، سیال به دو قسمت مساوی تقسیم می‌شود این پوسته دو جداره، از دو حلزونی با قوس ۱۸۰ درجه تشکیل شده که نقطه شروع حلزونی دوم ۱۸۰ درجه بعد از نقطه شروع حلزون اصلی است. این تقسیم بندی در عمل باعث کاهش چشم گیر نیروهای نامتقارن بخش حلزونی گردیده و از مشکلات مربوط به آن تا حد بسیار زیادی جلوگیری به عمل می‌آید. البته تمام نیروهای شعاعی به طور کامل از بین نمی‌روند زیرا علی‌رغم قرینه بودن شکل حلزونی، گذار سیال معمولاً به طور کامل از دو حلزونی یکسان نیست، که خود می‌تواند باعث یک عدم توازن شعاعی در پمپ گردد. شکل شماره (۱۰) نمایی از تقسیم حلزونی و نیروهای شعاعی وارده را نشان می‌دهد. [۶] همچنین قراردادادن پره‌های هدایت کننده سیال که به صورت پره‌های ثابت در خود حلزونی تعبیه می‌شوند باعث کاهش نیروی شعاعی شده و عملکرد پمپ را افزایش می‌دهد.

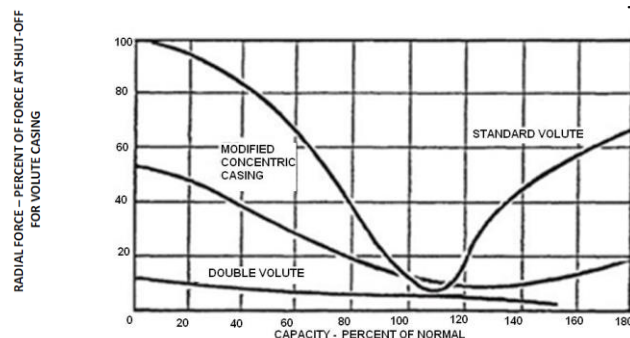


شکل ۱۰- توازن نیرو با حلزونی‌های یک و دو قسمته. [۵]

بررسی‌های به عمل آمده در خصوص میزان نیروی شعاعی در قسمت های مختلف نشان داد بهترین گزینه جهت کاهش نیروی شعاعی استفاده از حلزونی دو قسمتی است چرا که می‌توان گفت تقریباً در تمام قسمت های حلزونی میزان نیروی شعاعی وارده تغییر محسوسی نکرده و انبالاتی نیروی شعاعی وجود ندارد اما در پمپ‌های با یک حلزونی همانگونه که در شکل شماره (۱۱) پیدا است در محدوده ۱۰۰ تا ۱۲۰ درصد در شکل (۱۲) نیروی شعاعی بسیار کم شده در حالی که در قسمت کات واتر شدت نیروی شعاعی بسیار بالا است که این امر باعث ایجاد انبالاتی شدید نیروی شعاعی می‌گردد.



شکل ۱۲- تقسیم بندی حلزونی. [۲]



شکل ۱۱- تغییرات نیروی شعاعی وارده در قسمت های مختلف حلزونی. [۲]

۴-۲ افزایش نیروی شعاعی ناشی از عدم کارکرد پمپ در نقطه BEP

در نزدیکی نقطه بهترین عملکرد (BEP) زاویه جریان در خروجی پره تقریباً با زاویه کاتواتر برابر است، که نتیجتاً توزیع فشار تقریباً یکسانی را ایجاد می‌کند. اما در بارهای جزئی، در تمامی نقاط محیطی جریان خروجی از پره، با سرعت مطلق که اصطلاحاً به آن C_2 گفته می‌شود دچار کاهش سرعتی می‌شود تا سرعت جریان را به سرعت میانگین حلزونی که با CSP نشان داده می‌شود برساند. در دبی‌های بسیار کم تفاوت این دو سرعت، بسیار زیاد بوده و خروج جریان از پره و ورود به حلزونی مانند جریان یک جت به محفظه بزرگ است. این امر باعث جدایش جریان شده و جدایش جریان باعث افزایش مینیموم فشار می‌گردد. در این حالت نوسانات شدید فشاری در محیط پره به وجود می‌آید. این نوسانات منجر به نیروی شعاعی بزرگی می‌شود که در حالت دبی برابر صفر بیشترین مقدار خود را داراست. اما در دبی‌های بسیار زیاد، شرایط به گونه‌ای دیگر است در دبی‌های بسیار زیاد که فاصله از نقطه BEP زیاد می‌گردد، سطح مقطع حلزونی دیگر جوابگوی این حجم دبی نبوده و به دلیل بزرگی زاویه حمله جریان، در نازل تخلیه، جدایش اتفاق می‌افتد. که نهایتاً منجر به ایجاد نیروی شعاعی به پره می‌گردد. لذا هنگام خرید نصب و بهره‌برداری می‌بایست به عملکرد بهینه پمپ توجه بسیار نمود اشکال (۱۳) و (۱۴) درک بهتری از این موضوع را ارائه می‌دهد. با توجه به توضیحات داده شده، حلزونی‌های دو مجرای با توجه به اینکه تقارن نیرویی برای آن‌ها در جدایش در حالت دبی‌های پایین وجود دارد، عملکرد بهتری در مقابل چنین نیروهای شعاعی دارند. اما ممکن است عواملی مانند عدم تقارن در ساخت، نصب غیر صحیح و یا عدم توازن دقیق تقسیم سیال از خنثی شدن دو نیروی ایجاد شده در حلزونی جلوگیری کرده و باعث بروز اعمال دو نیرو که می‌تواند غیر همزمان هم باشند، به پمپ می‌گردد که اثرات بسیار مخرب تری به دنبال خواهد داشت. [۷].



شکل ۱۳- جدایش در تخلیه و نیروی شعاعی در دبی‌های بالا [۷]. شکل ۱۴- جدایش در ورودی و نیروی شعاعی در دبی‌های پایین [۷].

۵- مقایسه نگهداری برای پمپ‌های اورهنگ و پمپ‌های میان بیرینگ:

عمده فعالیت‌های نگهداری برای هر دونوع از پمپ که شامل روانکاری، آچارکشی، تنظیم کوپلینگ و الایمنت، بازرسی‌های پارامترهای دما فشار ارتعاش می‌باشد، یکسان بوده و تفاوت آنچنانی ندارند. تنها تفاوت موجود که می‌تواند نگهداری از پمپ‌های میان بیرینگ را از پمپ‌های اورهنگ متمایز سازد، قابلیت باز شدن پوسته بالایی پمپ بدون باز کردن فلنج‌ها و رکلاژها است. همین قابلیت باعث می‌گردد تا در مواقع بروز مشکل جهت بازرسی از پروانه و دیگر قسمت‌های پمپ، بتوان براحتی و بدون هیچ مشکلی از قسمت‌های داخلی پمپ بازدید نمود و حتی تعمیرات لازم را بدون دستکاری قسمت‌های انتهایی و یا فونداسیون پمپ انجام داد. شکل (۱۵)



شکل ۱۵- نمای دمونتاز پمپ‌های دو مکشه between-bearing [۸].

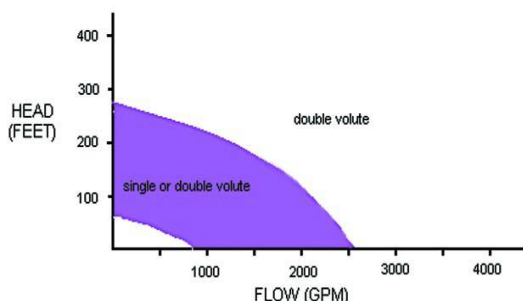
۶- مزایا و معایب پمپ‌های میان بیرینگ (between-bearing)

هر تجهیز دارای مزایا و معایبی است که باعث می‌شود با بررسی آن‌ها در مورد بکارگیری آن در محلی خاص، تصمیمات لازم گرفته شود. شناخت این مزایا و معایب پمپ‌ها، می‌تواند در انتخاب و یا عدم انتخاب آن‌ها نقش مؤثری داشته باشد و از صرف هزینه‌های ناشی از عدم شناخت چنین تجهیزاتی جلوگیری نماید مزایا و معایب این نوع از پمپ‌ها در جدول (۱) و (۲) آورده شده است.

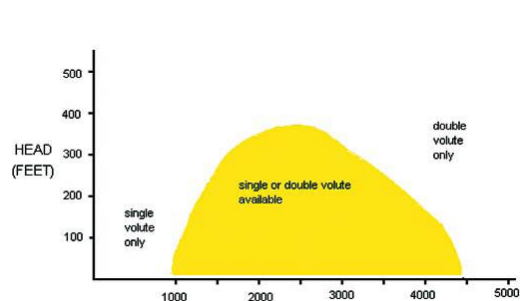
جدول ۱- مزایا و معایب پمپ‌های میان بیرینگ. [۹]

مزایای پمپ‌های میان بیرینگ (between-bearing)	معایب پمپ‌های میان بیرینگ (between-bearing)
روتور می‌تواند بدون درآوردن لوله‌های مکش خارج شود	به علت فلج‌های بزرگی که به دلیل چند تکه بودن پوسته پمپ نیاز دارند معمولاً این نوع پمپ‌ها دارای وزن بالاتر و اندازه بزرگتری نسبت به پمپ‌های مکش در انتها هستند مخصوصاً برای پمپ‌های با فشار کاری بالا
ادامه مزایای پمپ‌های میان بیرینگ (between-bearing)	ادامه معایب پمپ‌های میان بیرینگ (between-bearing)
جهت تعمیرات جابجایی روتور نیاز نیست	با توجه به شفت میانی که از پروانه میگذرد در این پمپ‌ها چشمه پروانه تنگ تر می‌شود که با تمدیداتی سطح آنرا افزایش که این می‌تواند باعث مشکلات هنگام کاهش npsH و چرخش در مکش می‌شود البته در برخی طرح‌های جدید سعی شده تا حد زیادی سرعت چرخش در مکش کاهش یابد.
کاهش مشکلات مربوط به بریدن و یا تغییر شکل شافت	حساسیت نسبت به لوله کشی قبل از ساکشن که می‌بایست زانویی‌ها و اتصالات به صورت استاندارد نصب شوند
کاهش NPSHR مورد نیاز به دلیل اینکه به هر کدام از چشمه‌های پروانه نصف کل دبی پمپ وارد می‌شود.	داشتن دو مکانیک سیل که ممکن است تعمیرات و نگهداری را برای آن‌ها بیشتر کند
نیروهای هیدرولیکی محوری وجود ندارد.	ساختمان این نوع پمپ‌ها تنظیمات مکانیک سیل را مشکل میکند.
راندمان بالاتر بدلیل اینکه نیرویی صرف بالانس نیروهای محوری نمیشود.	برای جریان‌های کمتر از ۴۰۰ گالن در دقیقه نباید از این نوع پمپ‌ها استفاده کرد. [۱۰]
۱٪ مقدار NPSHR را کاهش می‌دهد. [۱۱]	نسبتاً گران قیمت هستند.

البته در خصوص دامنه کاربرد پمپ‌ها اگر بخواهیم بطور دقیق تری این دامنه را مورد بررسی قرار دهیم می‌توان به نمودارهای شکل‌های (۱۶) و (۱۷) مراجعه کرد این نمودارها، دامنه کاربرد هر کدام از انواع پمپ‌ها را نشان می‌دهد.



شکل (۱۷) دامنه کاربرد برای پمپ‌های حلزونی تک و دو مجرای و overhung impeller. [۱۲]



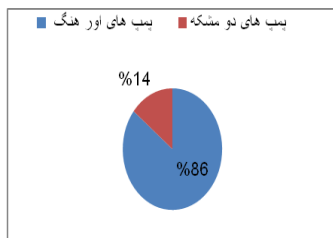
شکل (۱۶) دامنه کاربرد برای پمپ‌های با حلزونی تک و دو مجرای و between the bearing. [۱۲]

جدول ۲- مزایا و معایب پمپ‌های اورهنگ

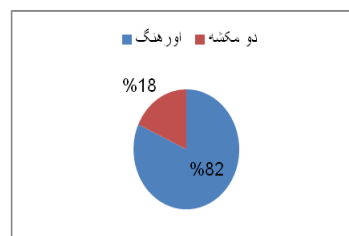
مزایای پمپ‌های اورهنگ	معایب پمپ‌های اورهنگ
مناسب برای کارهای سبک و متوسط	لزوم باز کردن اتصالات جهت تعمیرات
قیمت مناسب	مناسب نبودن در فشار کاری بالا به دلیل افزایش نیروی شعاعی در پمپ‌هایی که حلزونی یک مجرای دارند
داشتن یک سیل آب بند که تعمیرات را ساده می کند	بالا رفتن بیشتر سطح ارتعاشات با کوچکترین عامل ایجاد نامیزانی در پمپ‌هایی که اتاق تعادل ندارند.

۷- بررسی آماری تعداد خرابی‌های پمپ‌های اورهنگ با حلزونی تک مجرای و میان بیرینگ با حلزونی دو مجرای در تصفیه‌خانه آب شهید منجری اهواز

جهت بررسی تعداد خرابی‌ها ایستگاه پمپاژ آب خام، تصفیه‌خانه شهید منجری تعداد خرابی‌ها از ابتدای سال ۹۴ تا انتهای شهریور سال ۹۵ مورد بررسی قرار گرفت، ایستگاه پمپاژ شامل هشت دستگاه پمپ بوده که دو دستگاه آن پمپ‌های دو مکشه و مابقی، پمپ‌های اورهنگ می باشند شرایط کاری برای تمام پمپ‌ها تقریباً یکسان بوده و تفاوت محسوسی از لحاظ کارکرد، جنس قطعات و کیفیت، بین آن‌ها وجود ندارد این بررسی نشان داد که از تاریخ یاد شده شمار تعداد خرابی‌های عمده در پمپ‌های اورهنگ بسیار بالاتر از پمپ‌های دو مکشه می‌باشد، حتی اگر دامنه بررسی بیشتر می‌شد تفاوت درصد خرابی‌ها نیز بیشتر می‌گردید. در این تحقیق دو ایستگاه پمپاژ آب تصفیه در دو تصفیه‌خانه آب، در شهر اهواز نیز بررسی شد تصفیه‌خانه شهید محمدی آب اهواز، دارای ایستگاه پمپاژ آب تصفیه‌ای است که در آن شش دستگاه پمپ اورهنگ با راه‌انداز درایو وجود دارد ولی در تصفیه‌خانه شماره دو شهید منجری دارای هشت دستگاه پمپ‌های دو مکشه با اندازه و ظرفیت بسیار بیشتری است که بدون درایو راه‌اندازی می‌شود که باز هم نتایج نشان داد تعداد خرابی‌های پمپ‌های دو مکشه علی‌رغم نداشتن امکان تغییر دور در مقایسه با پمپ‌های اورهنگ بسیار کمتر است. شکل (۱۸ و ۱۹)



شکل ۱۹-مقایسه تعداد خرابی‌های پمپ‌های اورهنگ و میان بیرینگ دو مکشه در بخش آب خام تصفیه‌خانه شماره دو آب اهواز



شکل ۱۸-مقایسه درصد تعداد خرابی‌های پمپ‌های اورهنگ بخش آب تصفیه تصفیه‌خانه شماره یک و پمپ‌های میان بیرینگ دو مکشه، بخش آب تصفیه تصفیه‌خانه شماره دو (بدون در نظر گرفتن شرایط کاری یکسان)

۸- بررسی علل خرابی متعدد پمپ‌های اورهنگ با حلزونی تک مجرا در مقایسه با پمپ‌های میان بیرینگ با حلزونی دو مجرای

بررسی‌های ارتعاش سنجی از پمپ‌های اورهنگ و دو مکشه که شرایط کاری یکسانی داشتند در یک دوره یک ساله نشان داد که تغییرات ارتعاش در جهت‌های مختلف برای پمپ‌های دو مکشه بسیار کم بوده و در مدت زمان یک سال از نصب، افزایش ارتعاشات بسیار ناچیز بوده است ولی در مورد پمپ‌های اورهنگ بررسی دامنه ارتعاشات نشان داد که پس از نصب پمپ، به دامنه ارتعاشات هر ماه مقداری اضافه می‌شود که با عملیات اصلاحی که شامل آچارکشی و تنظیم کوپلینگ و تعویض لاستیک‌های کوپلینگ می‌شد تا حدی این نوسانات کنترل می‌گردید اما نه تنها به طور کامل و مطابق محدوده استاندارد قرار نمی‌گرفت، بلکه پس از مدتی نیز به دامنه آن اضافه می‌گردید که مهم‌ترین دلیل آن را می‌توان خارج شدن تجهیز از تعادل و بالانس برشمرد. البته بالانس تجهیز تا حد خوبی جواب‌گو بود ولی پس از مدت کوتاهی ارتعاشات دوباره به تجهیز برمی‌گشت با بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردید در پمپ‌های اورهنگ کوچکترین عامل در تغییر بالانس، باعث ایجاد لرزش‌های مخرب و فزاینده شده و عمر تجهیز را به شدت

کاهش می دهد از طرفی با توجه به اینکه در این نوع از پمپها پروانه بعد از دو تکیه گاه قرارداد و در پشت پروانه، اسلیو مورد استفاده قرار می گیرد در بخش پشت پروانه تغییر مقطع ناگهانی شافت باعث ایجاد تمرکز تنش شده و نیروهای معکوس شونده به شافت از طرف حلزونی می گردد زیرا در این پمپها حلزونی به صورت تک مجرای بوده و همواره یک نیروی شعاعی از طرح حلزونی به پروانه وارد می گردد این در حالی است که اگر پروانه دچار خوردگی نیز شود به دلیل اختلاف سطح پروانه و عدم تقارن محیطی آن علاوه بر لرزش اثر نیروی شعاعی نیز بالاتر رفته که می تواند باعث ایجاد خستگی در شافت گردیده و شافت از ضعیف ترین و مستعد ترین بخش که همان ناحیه تمرکز تنش است شکسته می شود. به همین دلیل یکی از مهم ترین عواملی که باعث بریدن شافت در پمپهای تک مکشه اور هنگ می شود نیروی شعاعی ناشی از عدم تقارن در حلزونی است لذا پمپهایی اور هنگی که دارای شافت کم قطر هستند برای کارهای مداوم و سنگین که ارتعاشات و نیروهای معکوس شونده هم وجود دارد توصیه نمیگردد. همچنین یکی دیگر از مهم ترین عوامل بروز مشکل در پمپهای اور هنگ باز و بسته کردن مکرر پمپ از اتصالات است به این معنا که رکلاژ و اتصالات میانی، نیاز به دقت بالا برای نصب دارند و در صورت عدم توازن در نصب، میتوانند حتی به خود پمپ نیرو وارد کرده و باعث انحراف بسیار ناچیز آن شوند، همین انحراف ناچیز، در مدت زمان زیاد می تواند اثرات مخربی را به دنبال داشته باشد. در حالی که پمپهای دو مشکه جهت بسیاری از تعمیرات تنها قسمت بالایی پمپ باز شده و دیگر نیازی به باز و بسته کردن مجدد رکلاژها نیست.

۹. نتیجه گیری

در پمپهای اور هنگ با حلزونی تک مجرای همواره شاهد یک نیروی شعاعی از طرف حلزونی به پروانه و متعاقب آب شافت و بیرینگ ها هستیم و همچنین در صورت خوردگی پروانه ناشی از سایش و یا کاویتاسیون اثر نیروی شعاعی بیشتر شده و نیروهای معکوس شونده به پروانه وارد می گردد که می تواند منجر به خرابی و یا حتی شکست شافت گردد. همچنین به دلیل آسیب های ناشی از باز و بست مکرر، پمپ از حالت استاندارد طراحی خارج شده و حتی با بالانس پروانه و شافت و دقت در نصب، بالانس خود دستگاه سخت انجام می شود و حتی پس از مدت کوتاهی از کارکرد پمپ دوباره از تنظیم خارج شده و نیاز به بالانس مجدد پیدا می کند اما در پمپهای دو مشکه این مشکلات به مراتب کمتر بوده و تعداد تعمیرات نسبت به پمپهای اور هنگ بسیار پایین است همچنین در مواردی که ممکن است پمپ خارج از محدوده کاری کار کند مانند پمپهای شبکه آب رسانی که آب را به خطوط شبکه پمپاژ می کند، به دلیل تغییر نرخ مصرف آب در ساعات شبانه روز، نوسانات فشار وجود دارد لذا با توجه به عملکرد بهتر پمپهای دو مشکه میان بیرینگ استفاده از آنها منطقی تر است و همچنین در مواردی که سرعت مخصوص نسبتاً بالا است. بهتر است از این پمپهای دو مشکه استفاده کرد، البته هزینه تهیه و نصب این نوع از پمپها تقریباً یک ونیم برابر مشابه اور هنگ آن است که با توجه به نیاز شرکت های آب و فاضلاب به استمرار تولید و کاهش هزینه های تعمیرات، استفاده از این نوع پمپها هم از نظر اقتصادی و هم از نظر فنی توجیه مناسب تری دارد اما برای نصب چنین پمپهایی لازم است دقت در توازن بخش مکش سیال رعایت شده و معیار های نصب با دقت کافی لحاظ گردند تا بتوان بالاترین راندمان را از این پمپها کسب کرد. رعایت معیارهای خرید می بایست در تمام سطوح طراحی نصب و بهره برداری لحاظ شده تا پمپ در نقطه بهینه کاری مورد بهره برداری قرار گیرد و مشکلات مربوط به جدایش سیال و متعاقب آن افزایش نیروی شعاعی وافت راندمان کاهش یابد. همچنین لازم است در خرید هر دو نوع پمپ با توجه به کارکرد به نوع پمپ و اینکه میان بیرینگ باشد و یا اور هنگ دقت لازم صورت پذیرد و با توجه به شرایط موجود در کارکرد، نگهداری و تعمیرات و تناسب با هزینه های خرید و بهره برداری بهترین گزینه انتخاب گردد همچنین بهتر است در هر دو نوع پمپ میان بیرینگ و اور هنگ، حلزونی دو قسمتی بوده تا نیروهای شعاعی وارد به پروانه و شافت و به بیرینگ ها کمتر شود. حتی در صورت اجبار در خرید پمپ با حلزونی یک مجرای لازم است به وجود پره های داخل حلزونی که نیروهای شعاعی را تعدیل میکند توجه شود. توجه به معیار های خنثی کننده نیروی محوری در پمپها نیز می تواند از بروز بسیاری از مشکلات آتی بهره برداری جلوگیری کند.

۱۰. مراجع

۱. استاندارد API 610
2. Comprehensive Pump Series - Best Practices of Centrifugal Pumps. central air conditioning and trading and services.
۳. فیلم دوره آموزشی شرکت ملی پتروشیمی.
۴. پمپهای گریز از مرکز - روش تعادل پمپهای محوری - گروه پمپ توربو



کنگره علوم و مهندسی آب و فاضلاب ایران
دانشگاه تهران، تهران
۲۶ و ۲۷ بهمن ماه ۱۳۹۵



5. axial thrusting in centrifugal pumps – experimental analysis. Vasant Godbole.Rajashri Patil , S.S. Gavade.(2012).
۶. پمپ‌ها انواع و اصول کار، بهره برداری ، تعمیرات و نگهداری-مهدی نصر ازادانی
7. Centrifugal pumps, Johhan F.Gulich, Springer, Leipzig, 2007
8. www.fairbavksni jhuis .com
9. • Pump User’s Handbook: Life Extension”, Allan R. Budris & Heinz P. Bloch, Third Edition, 2010, The Fairmont Press, Inc.
10. Design Consideration of Different Volute Casing at Best Efficiency Point for Commercial.
Ravi Shastri and Anjani Kumar Singh and Manish Kumar Singh .(2014). International *Journal* of Computational Engineering Research
۱۱. پژمان نجم آبادی .اهمیت .NPSH و راههای مقابله با پدیده کاویتاسیون . شرکت کالای پمپ
12. don’t forget doable volute pompe By L. Steven Anderson, PE, Las Vegas Valley Water District.(2007)