

## تلمبه آبکش شاهکار مهندسی از قرن ششم (ه.ش)

یوسف یاسی<sup>۱</sup>

**چکیده:** ابوالعزین رزاز الجزری از جمله دانشمندانی است که در قرن پنجم (ه.ش) می‌زیسته است و آنچه از وی به جا مانده، گویای توان بالای او در شاخه‌های مختلف علم مهندسی مکانیک از جمله مکانیک سیالات، طراحی اجزاء، مکانیزمها و مجموعه‌های مکانیکی و حتی رباتیک است. از میان طرحهای باز مانده از وی می‌توان از انواع فواره‌ها، تلمبه‌های آبکش و ساعت‌های مختلف آبی نام برد که هر یک در نوع خود شاهکاری بی‌مانند در گستره دانش مهندسی محسوب می‌شوند که بعضاً حتی بینندگان امروزی را نیز دستخوش شگفتی می‌سازند. در تحقیق انجام گرفته بخشی از این طرحها بررسی و بازنگری، باز طراحی و ساخت و آزمون شده است. در این میان، دستگاه تلمبه آبکش که از جمله شاهکارهای وی در طراحی مکانیک سیالات است، انتخاب شد و در برنامه کاری این تحقیق قرار گرفت. این دستگاه شامل یک چرخ آبی است که با جریان آب رودخانه به دوران می‌آید و قادر است با دوران خود سازکار مکشی یک پمپ یا تلمبه را فعال سازد تا آب از سطح رودخانه با این سازکار مکیده و به بالا دست پمپاژ شود. تاکنون سابقه‌ای از ساخت این تلمبه در ایران وجود نداشته است و برای اولین بار پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران در قالب پروژه ای تحقیقاتی تحت عنوان " طراحی و ساخت ابداعات و اختراعات دانشمندان ایران در طول تاریخ" و بر اساس مستندات موجود طراحی و ساخته شدند. آزمایشهای انجام گرفته حاکی از عملکرد کامل و دقیق این تلمبه بودند.

واژه‌های کلیدی: تلمبه آبکش، پمپ توربین<sup>۲</sup>، الجزری.

۱. عضو هیئت علمی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، پژوهشکده مکانیک، تهران، ایران. yousefyasi@yahoo.com

(دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۱/۱۴)

(پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۳/۳)

## ۱. مقدمه

## الجزری

ابوالعزین رزاز الجزری از جمله دانشمندان تراز اول دنیای اسلام است که به‌عنوان پدر علم مهندسی مکانیک در ایران شناخته می‌شود [۱]. وی در دانش مهندسی از نوادر تاریخ علم محسوب می‌شود و لقبی که به وی اتلاق شده از آن نظر است که وی مکانیزمهایی شگفت‌انگیز را در کتاب *دانش‌تیهایی در باره مکانیزمهای هوشمند*<sup>۱</sup> خود (الکتاب فی معرفت الحیل الهندسیه) در سال ۵۸۵ هجری شمسی مطرح کرده است [۲]. نام و کنیه کامل وی بدیع الزمان ابوالعزین رزاز الجزری است که در نیمه دوم قرن ششم و اوایل قرن هفتم هجری شمسی مصادف با نیمه دوم قرن دوازدهم و اوایل قرن سیزدهم میلادی می‌زیسته است [۱، ۲ و ۳]. وی از دانشمندان و مهندسان برجسته دنیای اسلام است که اگر چه برخی از محققان عرب وی را عرب تبار دانسته‌اند، لکن زبان نوشتاری کتاب وی که عربی است و در واقع، زبان علمی رایج آن دوران بوده است، نمی‌تواند بیانگر ملیت وی باشد. از طرف دیگر، برخی از دانشمندان عصر حاضر به دلیل واقع بودن محل تولد الجزری در کشور ترکیه امروزی وی را ترک تبار خوانده‌اند [۴]. به هر حال بنا به گفته خود او در مقدمه کتاب یاد شده که اکثراً با نام "الجامع بین العلم و العمل فی صناعته الحیل" از آن یاد شده است، وی از سال ۵۷۰ هجری در دربار نورالدین محمدبن ارسلان، از سلاطین خاندان ارتقیان که از اتابکان سلاجقه هستند، می‌زیسته است. استقرار وی در دربار ارتقیان پس از ارسلان نیز تا پایان عمر الجزری ادامه داشته است. آنچه مسلم است، ارتقیان بر ناحیه "جزیره" (واقع در ترکیه امروزی) واقع در بین النحرین حکمرانی می‌کرده‌اند و کنیه "الجزری" نیز به نوعی او را با زادگاه خود مرتبط می‌سازد. بزرگ‌ترین شهر این منطقه که در آن عصر "آمد" نامیده می‌شده است، زیستگاه وی بوده که امروزه، با نام "دیاربکر" مشهور است. بدین ترتیب، با توجه به اقوام مستقر در این منطقه که برخی از اکراد نیز در میان آنها بوده‌اند و ابن جبیر نیز در سفر خود به آن نواحی به حضور اقوام کرد تبار در این ناحیه اشاره کرده [۱، ۲ و ۵] و با توجه به سلطه سلجوقیان بر ایران و حکومت محلی ارتقیان تحت لوای سلجوقیان، می‌توان به قطعیت در باره ملیت ایرانی الجزری حکم کرد، ضمن اینکه ناحیه بین النحرین تا پیش از اسلام و حتی پس از اسلام تا پایان حکومت سلجوقیان همواره تحت سیطره حکومت شاهان ایران بوده است.

از جمله ابداعاتی که در کتاب *الجامع بین العلم و العمل فی صناعته الحیل* از الجزری ذکر شده است، می‌توان انواع تلمبه‌های آبکش، آفتابه‌ها و تشتها، دستگاههای خون‌گیری، فواره‌ها و ساعت‌های آبی را بر شمرد. در بیشتر این طرحها از زیرمجموعه‌های نسبتاً ساده مکانیکی استفاده شده که با هماهنگی بخشیدن به عملکرد آنان الجزری توانسته است مجموعه‌هایی پیچیده و دقیق را طراحی

کند. البته، یک بار دیگر نیز در اینجا می‌توان نوعی تفکر طراحی گام به گام و تکاملی را مشاهده کرد. این‌گونه تفکر طراحی را می‌توان به‌صورتی کاملاً مشابه در آثار علمی و مهندسی احمدبن موسی بن شاکر خراسانی نیز مشاهده کرد [۳ و ۶].

#### ۲.۱. کتاب الجزاری

عنوان قدیمی‌ترین نسخه خطی از کتاب الجزاری *الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعة الحیل* و یا به فارسی "اختصار در تئوری و عمل از هنرهای مکانیکی" است که در واقع، ترجمه مستقیم از نسخه عربی الحسن [۷] است. البته، ترجمه انگلیسی عنوان کتاب بر اساس نسخه موجود در کتابخانه بودلین آکسفورد از روی عنوان عربی کتاب *فی معرفه الحیل الهندسیه* برابر با دانش در بسیاری از ابزار آلات مکانیکی ذکر شد است [۷]. وایتمن و هاووزر<sup>۱</sup> با استفاده از نسخه بودلین و برگرفته از هفت مقاله موجود در آن ابداعات و اختراعات قید شده در آن را به شش گروه به شرح زیر تقسیم کرده‌اند:

- ده دستگاه ساعت آبی و شمعی؛
- ده مجرا یا لوله و ارقام مناسب برای جلسات آشامیدنی؛
- ده تنگ و کاسه حجامت (فاصد) و پس از شست و شو قبل از نما؛
- ده فواره که با تغییر شکل به‌طور متناوب در شکل پاشش فواره و ماشین آلات برای آب پاشی دایمی؛
- پنج دستگاه ماشین آلات بالا برنده آب از چاه یا سطوح پایینتر؛
- پنج دستگاه متفرقه.

در واقع، پنجاه دستگاه موجود در کتاب با حروف الفبای عربی از یک تا پنجاه شماره‌گذاری شده‌اند و هر دستگاه یا شکل به زبان عربی ساده است که به آسانی قابل درک و توضیح داده شده است، و هر یک با یک طراحی کلی همراه شده است.

الجزری برای دستگاههای پیچیده طرحهای دقیق همراه با جزئیات لازم برای اجزای هر دستگاه یا زیر مجموعه مرتبط ارائه می‌دهد، به طوری که طراحی و عملکرد آن بخش کاملاً می‌تواند قابل درک شود. در مجموع، ۱۷۴ طراحی در کل کتاب وجود دارد. یک حرف الفبا نشانه هر بخش در یک دستگاه است. متن نحوه ساخت و ساختمان این دستگاه با کمک حروف توضیح داده شده

است به طوری که خواننده می‌تواند دستگاه را با خواندن متن با اشاره به تصاویر به طور کامل درک کند.

هم اکنون پانزده نسخه خطی از کتاب الجزاری با متن عربی و یک نسخه ترجمه فارسی در کتابخانه‌های جهان نگهداری می‌شود [۷]. یکی از اصلی‌ترین نسخ موجود نسخه احمد MS III 3472 موجود در کتابخانه توپکاپی سارایی در شهر استانبول است. این نسخه نزدیک‌ترین نسخه به زمانی است که الجزری نوشتن خود را در سال ۱۲۰۶/۶۰۲ به پایان رسانیده است [۷].

## ۲. شرح تلمبه آبکش

یکی از طرح‌های بارز و پر اهمیت که در تحقیق مذکور مورد توجه، بررسی و بازنگری، بازطراحی و ساخت و آزمون قرار گرفته، طرح تلمبه آبکش الجزری است. دستگاه تلمبه آبکش از جمله شاهکارهای الجزری در طراحی مکانیک سیالات و ترکیب ماشین‌آلات سیالاتی چون پمپ و توربین در یک مجموعه است.

قدیمی‌ترین تمدنهای بشری در کنار رودخانه‌ها، دریاچه‌ها، آبگیرها و به‌طور کلی، در مناطقی که منابع آبی مشهود یا سهل‌الوصول داشته‌اند به‌وجود آمده‌اند. این به‌دلیل حیاتی بودن این نعمت الهی برای انسان و نیاز بی‌وقفه انسان به آب است. اما آب همواره در دسترس انسان نبوده و در جاهایی مثل چاهها، رودخانه‌ها یا آبگیرها بوده که دسترسی به آن برای انسان مشکلاتی ایجاد می‌کرده است. لذا، با توجه به این نکته انسان به فکر ساخت وسایلی افتاد که آب را در اختیار خود بگیرد که از جمله این وسایل پمپ توربین یا تلمبه آبکش رودخانه‌ای است که برای رساندن آب از داخل رودخانه به سرزمینهای زراعی و محلهای مورد نیاز استفاده می‌شده است.

در واقع، بر اساس شواهد و قراین موجود این احتمال وجود دارد که الجزری با توجه و با ایده گرفتن از سیفون دستگاه آتش نشان بیزاننتین<sup>۱</sup> به طراحی اولین دستگاه پمپ توربین مکشی با عمل دوگانه اقدام کرده است [۸]. در اختراع پمپ مکشی رفت و برگشتی وی برای اولین بار از شیرهای یکطرفه، ترکیبی از مکانیزم لنگ و لغزنده و سازکار بازگشت سریع، و سیلندرهای دوگانه بهره‌گرفته است [۸]. اهمیت فوق‌العاده این پمپ در دلایل سه‌گانه زیر نهفته است [۳، ۷ و ۹].

• به کارگیری لوله مکش واقعی [برای مکش سیال به محیط نیمه خلأ] در یک پمپ برای اولین بار در تاریخ فناوری؛

- به کار گیری عملکرد دوگانه ( مکش و دمش) برای اولین بار در تاریخ فناوری؛
- تبدیل حرکت دورانی به حرکت خطی با بهره‌گیری از سازکار لنگ و لغزنده.

اساساً می‌توان این دستگاه را به‌عنوان یک " پمپ توربین " شناخت، لکن از آنجا که در مهندسی هیدرولیک امروزه واژه " پمپ توربین " به پمپی اطلاق می‌شود که به صورت معکوس در مدار نصب شده است و به‌عنوان یک توربین عمل می‌کند، لذا، مرجح است که نام "تلمبه آبکش " را به این دستگاه اطلاق کرد. از طرف دیگر، هر دو واژه "پمپ" و "توربین" لاتین هستند و "تلمبه آبکش" به فرهنگ فارسی نیز نزدیک‌تر است.

این تلمبه در واقع، ترکیبی از یک توربین آبی ساده از نوع چرخ آبی با جریان زیر گذر و یک پمپ پیستونی است. عملکرد دستگاه بدین ترتیب است که چرخ آبی با جریان آب رودخانه به دوران می‌آید و انرژی جنبشی آب به وسیله چرخ آبی جذب و سازکاری مناسب به پمپ پیستونی منتقل می‌شود و آن را فعال می‌سازد. کار این پمپ مکش آب از رودخانه و تحویل آن به ارتفاع بالاتر است [۱ و ۲].

به‌طور خلاصه این پمپ به وسیله یک توربین آبی ساده ( چرخ آبی) فعال می‌شود. مکانیزم فعالسازی پمپ بدین ترتیب است که آب رودخانه چرخ آبی را به دوران می‌آورد و توان و دوران آن از طریق یک محور به یک چرخ دنده منتقل می‌شود. به منظور تنظیم سرعت دوران و تبدیل آن به سرعت مورد نیاز پمپ و تأمین توان لازم، چرخ دنده مزبور با یک چرخ دنده ثانوی با قطر بزرگ‌تر درگیر می‌شود. حرکت دورانی این چرخ به وسیله یک مکانیزم لنگ و لغزنده بازگشت سریع به حرکت خطی پیستونها تبدیل می‌شود که با جلو و عقب رفتن آنها در دو سیلندر افقی متقابل مجهز به شیرهای یکطرفه کار مکش آب از رودخانه و پمپاژ آن به بالا دست از طریق لوله‌های مرتبط صورت می‌پذیرد. جزئیات سازکار دستگاه در ادامه مقاله ارائه شده است.

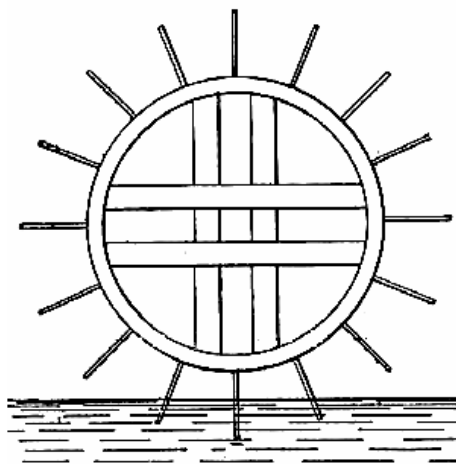
به‌طور کلی، این دستگاه شامل دو قسمت اصلی توربین یا سازکار فعال ساز مجموعه و تلمبه مکنده و دمنده آب به بالا دست است که در ادامه، جزئیات بخشهای مختلف دستگاه بیان شده است.

## ۲. ۱. چرخ آبی (توربین)

سازکاری که در واقع، گرداننده و توان دهنده این مجموعه است یک توربین آبی است. این توربین از طرحهای اولیه مرتبط با توربینهاست که امروزه با عنوان "چرخ آبی" شناخته می‌شود. چرخهای آبی از طراحی ساده‌ای برخوردارند و عمدتاً با قرار گرفتن در مسیر عبور جریان آب انرژی آن را جذب می‌کنند [۱۰]. چرخ آبی به کار گرفته شده در این مجموعه از نوع چرخ جریان زیرگذر است که جریان آب رودخانه هنگام عبور از زیر این توربین با پره‌های آن برخورد می‌کند و آنرا به دوران در می‌آورد.

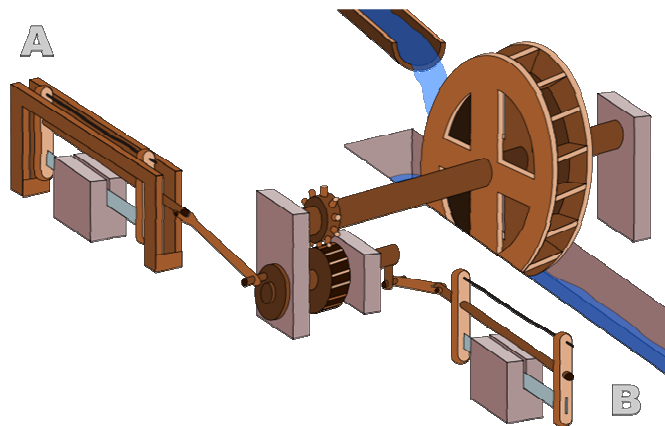
۱۶۰ تلمبه آبکش شاهکار مهندسی از قرن ششم (ه.ش)

در واقع، انرژی جنبشی آب موجب دوران توربین می شود و انرژی جریان را به چرخ دوار منتقل می کند. با توجه به ابعاد توربین و طول پره ها که فاصله بین مرکز توربین تا جریان زیرگذر را پوشش می دهند، گشتاور قابل توجهی در اثر گردش توربین ایجاد می شود که از این گشتاور به منظور به کار انداختن سایر بخشها استفاده می شود [۱۰]. در شکل ۱ نمایی از این توربین نشان داده شده است.



شکل ۱: نمایی از این چرخ آبی (ترسیم نگارنده)

البته، به کارگیری چرخ آبی و استفاده از توان جریان آب برای فعالسازی سازکار لنگ در ساختار اره های آبی (اره هیراپولیس) در قرون سوم و چهارم میلادی به دست رومیها پدیده ای شناخته شده بوده است [۱۱]، لکن طرح تلمبه آبکش با استفاده از لنگ و لغزنده و پمپ پیستونی را برای اولین بار جزری ارائه کرده است. در شکل ۲ نمایی از اره آبی رومیها نشان داده شده است [۱۱].



شکل ۲: نمایی از اره آبی رومیها [۱۱]

## ۲.۲. سازکار دستگاه مکش و دهش

این سازکار مشتمل بر قطعات زیر مجموعه زیر می‌شود:

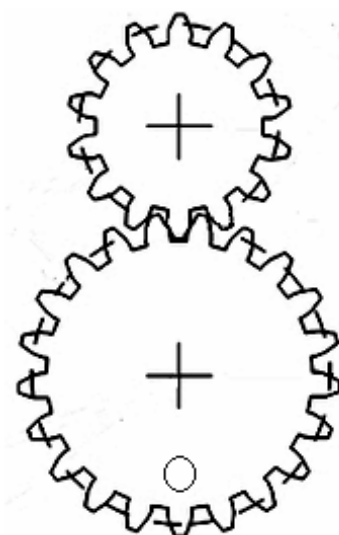
- سازکار انتقال قدرت
- سازکار لنگ
- سازکار پمپاژ

### ۲.۲.۱. مکانیزم انتقال قدرت

این سازکار شامل دو چرخ دنده است که چرخ دنده با قطر کوچک‌تر به طور مستقیم توسط محوری به توربین متصل است و با گردش توربین به دوران می‌آید. از آنجا که به‌طور طبیعی چرخهای آبی از سرعت زاویه‌ای زیادی برخوردار نیستند [۱۲ و ۱۳]. لذا، سرعت دورانی چرخ دنده کوچک که به توربین متصل است نیز طبیعتاً با سرعت توربین برابر است و لذا نمی‌تواند سرعت لازم را برای حرکت تناوبی سازکار لنگ و لغزنده به منظور فعالسازی قسمت مکنده (پمپ) تأمین کند.

به منظور تأمین سرعت دورانی لازم، این چرخ دنده با چرخ دنده دیگری که ابعاد بزرگ‌تری دارد، درگیر می‌شود و با چرخش خود ضمن گرداندن آن توان توربین را نیز به آن انتقال می‌دهد. چرخ دنده بزرگ‌تر سرعت تناوب دستگاه را تنظیم می‌کند و ابعاد آن بر اساس اندازه حرکت خطی سیستم‌های مکش و دهش تعیین می‌شود. این بدین معناست که اساساً تعیین اندازه چرخدنده بزرگ مبتنی بر سرعت دورانی توربین و سرعت تناوبی مورد نیاز برای پمپاژ آب است و لذا، پیش از

تعیین ابعاد چرخ‌دنده بزرگ باید سرعت دورانی توربین براساس سرعت آب در محل نصب چرخ آبی و سرعت طراحی سیستم لنگ برآورد شود، اگر چه هر گونه انحرافی از اعداد و ارقام پیش بینی شده برای سرعت و مقدار جریان آب رودخانه فقط موجب کاهش یا افزایش سرعت پمپاژ و در نتیجه، مقدار آب پمپ شده می‌شود. در حاشیه پیرامونی چرخ دنده بزرگ پین برجسته‌ای محکم شده است که با دوران چرخ حول مرکز چرخ دوران می‌کند. در شکل ۳ تصویر چرخ دنده‌ها و پین محکم شده بر روی چرخ بزرگ‌تر نشان داده شده است.



شکل ۳: چرخ دنده‌ها و پین محکم شده بر روی چرخ بزرگ‌تر ( ترسیم نگارنده)

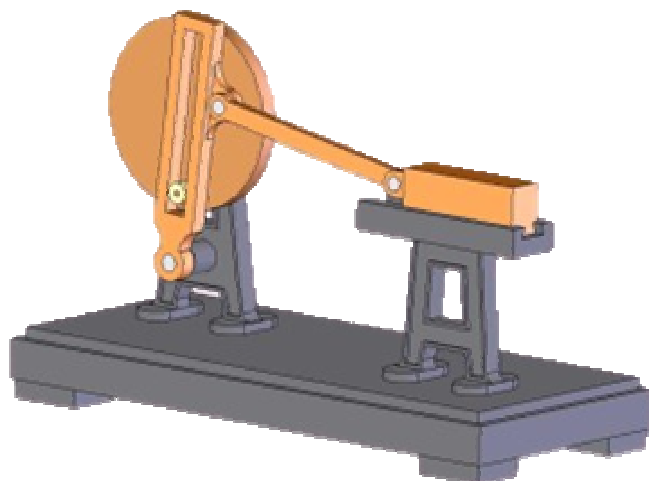
## ۲.۲.۲. سازکار لنگ

اولین سازکار لنگ شناخته شده را می‌توان در اره آبی هیراپولیس مشاهده کرد [۱۱]. همچنین، می‌توان این سازکار را در دستگاہهای هیدرولیک طراحی شده در قرن ۹ میلادی به دست بنو موسی در کتاب *الحیل* مشاهده کرد [۱۴ و ۱۵]. جزری در سال ۱۲۰۶ اولین نمونه سازکار لنگ خود را طراحی کرد [۱۶]. وی این مکانیزم را با یک سازکار لغزنده بازگشت سریع در طرح پمپ توربین خود با سیلندرهای دوگانه به کار برد [۱۷]. مکانیزم لنگی که وی به کار گرفته است، در واقع، حرکت دورانی پیوسته یک چرخ را به وسیله یک محور شکافدار، که پینی که بر روی سطح چرخ متصل است و حین



دوران چرخ در شکاف محور به بالا و پایین می‌رود، به حرکت خطی پیستونها تبدیل کند. در اینجا فشار پین در حال دوران با چرخ به جداره شکاف موجب راندن محور به چپ و راست و به شکل متناوب می‌شود [۱۷]. امروز، مشابه این سازکار را می‌توان در موتورهای احتراق داخلی و کنترلرهای اتوماتیک یافت [۱۸]. الجزری در طراحی دستگاه آبکش و پمپ دوار دوگانه خود از سازکار لنگ و لغزنده استفاده کرده است [۱۷ و ۱۹]. پمپ آب وی در واقع، اولین پمپ شناخته شده‌ای است که از سازکار لنگ و لغزنده برگشت سریع استفاده کرده است [۲۰].

به‌طور کلی، سازکار لنگ به کار رفته در این سیستم امروزه، تحت عنوان "سازکار لنگ و لغزنده بازگشت سریع" شناخته می‌شود در واقع، به شکل امروزی این سازکار از دو مکانیزم جداگانه که به‌صورت مرکب به کار گرفته شده‌اند، تشکیل شده است. یکی از این دو مکانیزم، سازکار لنگ و لغزنده و دیگری سازکار بازگشت سریع است [۱۳]. در این سازکار حرکت چرخشی به یک حرکت رفت و برگشتی متناوب تبدیل می‌شود. در این حرکت متناوب زمان رفت از زمان بازگشت بیشتر است و حرکت بازگشتی به‌سرعت صورت می‌گیرد. از این سازکار در صنعت برای ساخت ماشینهای صفحه تراش و برخی از دستگاههای پرس (فشرده سازی مواد) استفاده می‌شود که در آنها لازم است سرعت حرکت تیغه در حالت بدون بار بیش از سرعت آن در حال باربرداری باشد [۲۱ و ۲۲]. این سازکار شامل محوری است که می‌تواند و به‌صورت متناوب حول نقطه مهار خود حرکتی زاویه‌ای داشته باشد. این محور دارای شکافی است که پین مستقر بر روی چرخ‌دنده بزرگ همزمان با چرخش چرخ دنده در داخل آن به راحتی به بالا و پایین می‌لغزد. بدین ترتیب، ضمن اینکه پین توان چرخشی چرخ آبی را به محور انتقال می‌دهد، موجب حرکت متناوب آن به چپ و راست می‌شود. این محور از دو طرف چپ و راست به دو محور پیش راننده پیستونها متصل می‌شود و بدین ترتیب، حرکت زاویه‌ای خود را به‌صورت متناوب به آنها انتقال می‌دهد و موجبات حرکت رفت و برگشتی آنها را فراهم می‌سازد. با این ترتیب، حرکت دورانی چرخ‌دنده به حرکت خطی متناوب رفت و برگشتی تبدیل می‌شود [۱ و ۲۱]. البته، باید توجه داشت که حضور سیلندرها به‌منظور هدایت پیستونها و برای جلوگیری از دوران یا هر گونه حرکت زاویه‌ای و حرکت در مسیر خطی خود الزامی است.



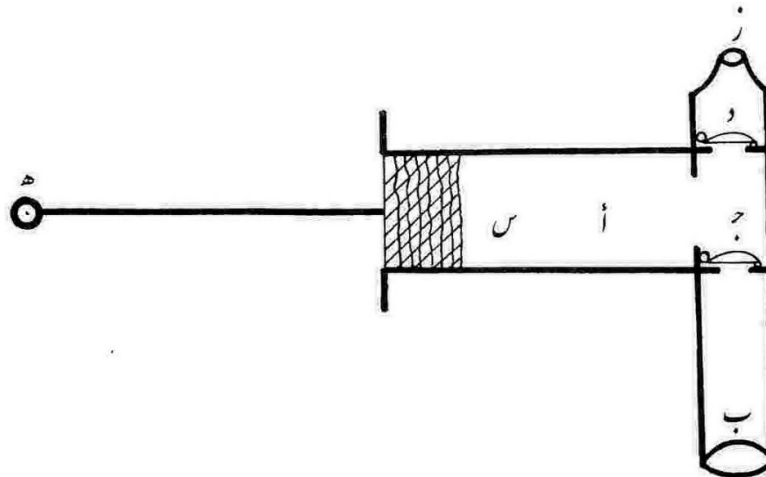
شکل ۴: جزئیات مربوط به سازکار لنگ و لغزنده [۲۱]

در شکل ۴ جزئیات مربوط به این سازکار مشهود است [۲۱]. البته، در سازکار مورد بحث دو دسته پیستون به دو طرف لغزنده متصل می شود، به طوری که در زمانی که یکی از پیستونها در حالت مکش قرار دارد، دیگری در حال دهش است. جزئیات بیشتر طراحی این سازکار را می توان در کتب طراحی مکانیزمهای مهندسی مکانیک جست و جو کرد [۲۱ و ۲۲].

#### ۳.۲.۲. سازکار پمپاژ

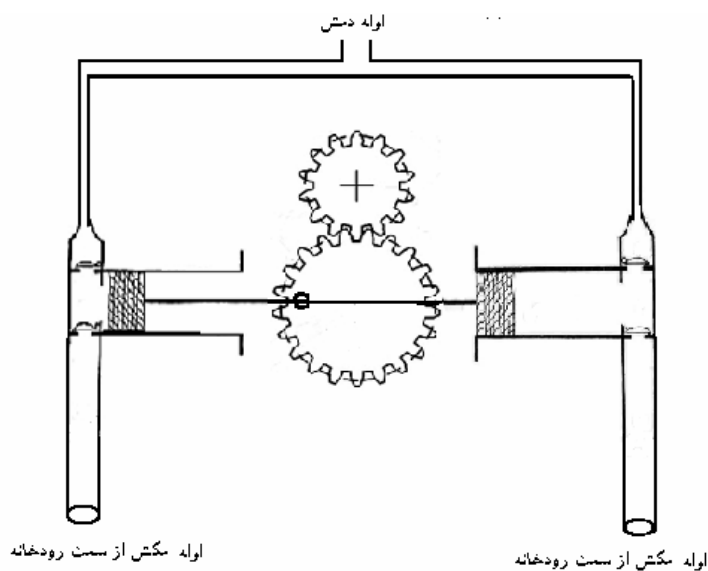
این مجموعه شامل دو لوله افقی است که در طرفین مکانیزم لنگ و چرخ دنده ها قرار گرفته اند. که در داخل هر یک پیستونی قرار دارد. این لوله ها در واقع، حکم سیلندر را داشته و پیستونها قادرند به صورت جذب در داخل آنها به جلو و عقب حرکت کنند. دسته های دو پیستون به وسیله قلابهایی آزاد به محور بیرونی سازکار لنگ قلاب شده اند و با حرکت تناوبی آن دسته های پیستونها به جلو و عقب رانده و موجب حرکت پیستونها به صورت متناوب به جلو و عقب می شوند. این دو پیستون هنگام رفت عمل دهش و در هنگام برگشت عمل مکش را انجام می دهند. در اینجا در اثر حرکت رو به عقب پیستون عمل مکش آب از رودخانه به داخل سیلندر صورت می پذیرد. این عمل در واقع از طریق لوله ای که یکسر آن در داخل رودخانه و سر دیگر آن به سیلندر در بر گیرنده پیستون مورد بحث متصل است انجام می گیرد. ساختمان پیستون بر اساس آنچه الجزری در کتاب خود نوشته، از دو صفحه مدور تشکیل شده است که با فاصله از یکدیگر در انتهای دسته پیستونها نصب شده اند و

فاصله بین آنها به وسیله نخ یا طناب کنفی که به دور دسته پیستون پیچیده شده، پر شده است. این مجموعه طناب کنفی و دو صفحه مدور حجمی استوانه‌ای شکل می‌دهد و کار پیستون، رینگهای فشار و رینگهای آببندی را همزمان انجام می‌دهند. در شکل ۵ سازکار سیلندر و پیستون کنفی در آغاز مرحله دمشی (پمپاژ) نشان داده شده است.



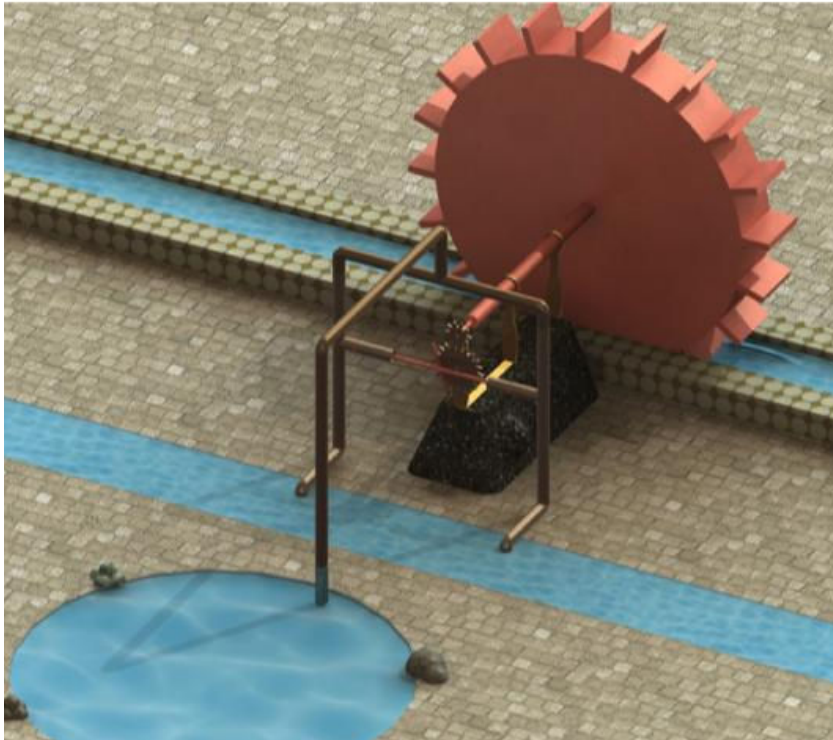
شکل ۵: سازکار سیلندر و پیستون کنفی در آغاز مرحله دمشی [۱]

در شکل ۵ اجزای " د " و " ز " شیرها یا دریچه‌های یکطرفه، لوله " ب " لوله مکش، لوله " ا " سیلندر، " س " پیستون کنفی و " ه " دسته پیستون را نشان می‌دهد. در قسمت ورودی لوله مکش قطر لوله بیشتر از مقطع دهش آن در نقطه " ز " است. این تغییر مقطع به منظور کاهش فشار و افزایش سرعت آب در لوله است. این پیستون در حین حرکت رفت آب مکیده شده به داخل لوله سیلندر را به سمت بیرون می‌فشارد. در اینجا در مسیر مکش یک شیر یکطرفه نیز قرار دارد تا راه خروج مسیر ورودی را مسدود سازد تا آبی که در پیستون تحت فشار قرار می‌گیرد، از مسیر ورودی به داخل رودخانه باز نگردد. بدین ترتیب، آب تحت فشار به مسیر خروجی هدایت می‌شود. در اینجا نیز شیر یکطرفه مشابه‌ای در مسیر دمشی یا پمپاژ قرار می‌گیرد تا از بازگشت آب پمپ شده به داخل سیلندر جلوگیری به عمل آورد. لوله دمشی آب پمپ شده را به ارتفاع بالاتر (بسیار زراعت، حدوداً نه متر) هدایت می‌کند [۱ و ۲]. در شکل ۶ تمام مجموعه چرخ دنده‌ها و سیلندر پیستونها نشان داده شده است.



شکل ۶: سازکار سیلندر و پیستون کنفی در پایان مرحله دمش (ترسیم نگارنده)

در تصویر ۶، پیستون سمت چپ به پایان مرحله پمپاژ (نقطه مرگ چپ) رسیده است و پیستون سمت راست در آغاز مرحله دمش قرار دارد. در این لحظه هر چهار شیر یکطرفه بسته هستند و سیلندر سمت راست از آب پر است. با حرکت پیستون سمت راست به طرف راست آب با فشار از پیستون خارج می‌شود و شیر یکطرفه سمت راست بالا را باز می‌کند و آب به بیرون دمیده می‌شود. در چنین حالتی شیر یکطرفه سمت چپ نیز به‌طور همزمان در اثر فشار آب ورودی باز می‌شود تا شرایط لازم برای مکش از سمت چپ فراهم شود. این فرایند با چرخش چرخ دنده‌ها به وسیله چرخ آبی به‌طور متناوب ادامه می‌یابد. در شکل ۷ تصویر کامپیوتری از تمام سازکار تلمبه آبکش (پمپ توربین) نشان داده شده است.



شکل ۷: نمایش سه بعدی کامپیوتری تلمبه آبکش ( ترسیم نگارنده)

### ۳. نتیجه گیری

یکی از دستاوردهای ملموس اجرای این پروژه در واقع، ساخت دستگاه "پمپ توربین آبی" یا "تلمبه آبکش" و دستیابی به نمونه‌ای ساخته شده از طرحی است که قرن‌ها پیش الجزری طراحی کرده بود. بدین ترتیب، امکان مشاهده عینی تفکر خلاق و مهندسی الجزری به وجود آمد. آزمایش نمونه ساخته شده نشان دهنده عملکرد صحیح و هماهنگی کامل بین کلیه سازکارهای استفاده شده در مجموعه تلمبه آبکش بود، لکن به‌منظور دستیابی به توان لازم برای پمپاژ آب و بررسی دقیق رفتار پمپ و توربین و مجموعه آنها لازم است نمونه‌ای صنعتی با امکان آزمون در رودخانه یا حتی در آزمایشگاه مجهز به زمینه آزمایش مورد نیاز ساخته شود. با انجام دادن این آزمون‌ها امکان تهیه منحنیهای عملکردی توربین و پمپ به‌صورت مجزا و به‌دست آوردن منحنیهای راندمان و عملکرد مجموعه فراهم

می‌شود [۲۳]. بدین ترتیب، می‌توان با تعریف و اجرای طرحهای تکمیلی به توسعه تلمبه مذکور پرداخت تا بتوان از آن در سطحی صنعتی و انبوه استفاده کرد. مضافاً اینکه شاید با اجرای چنین برنامه‌های تحقیقاتی در این خصوص به طرحهایی دیگر با عملکرد مشابه یا پیشرفته‌تر دست یافت. از طرف دیگر، با آموزش مهندسی نکات علمی و فنی این تلمبه در رشته‌های مهندسی مرتبط می‌توان بهینه‌سازی آن را برنامه‌ریزی کرد. بر اساس نتایج به‌دست آمده از تدریس و پژوهش درباره این تلمبه شاید بتوان تولید و کاربرد انبوه و گسترده آن را در دستور کار قرارداد تا از به کارگیری موتور پمپهای بنزینی خارجی در کشاورزیهای مشروب از رودخانه‌ها و جریانهای منشعب از رودخانه جلوگیری به عمل بیاید تا بدین ترتیب، از خروج ارز برای خرید این موتور پمپها و تعمیر و نگهداری آنها جلوگیری شود. از طرف دیگر، با به‌کارگیری این تلمبه‌ها نه تنها گامی در جهت کارآفرینی و تولید داخل برداشته می‌شود، بلکه مصرف سوخت و روغن و آلودگیهای مرتبط با آنها نیز متوقف می‌شوند. این در حالی است که ضمن تولید با کیفیت این محصول برای بازار داخل، می‌توان نیم‌نگاهی به صادرات و رقابت در بازارهای خارجی نیز داشت.

ناگفته نماند که امروزه، با توجه به کارگیری توربینهای آبی کوچک و پمپ توربینها در صنعت تولید انرژیهای پاک بحث ادغام انواع پمپها با طرحهای مختلف توربینهای آبی کوچک مطرح شده است، به طوری که می‌توان هم اکنون نمونه‌هایی از این پمپ توربینها یا تلمبه‌های آبکش را که ادغامی از مدل‌های دیگر پمپ و توربین است، در بازار مولدهای کوچک انرژی مشاهده کرد. باید خاطر نشان کرد که هم اکنون کشور چین با به‌کارگیری ترکیبی از یک توربین آبی از نوع فرانسوی<sup>۱</sup> و یک پمپ گریز از مرکز بازار این گونه پمپ توربینها را به خود اختصاص داده است.

به‌طور کلی، باز طراحی و ساخت و بررسی جزئیات علمی و فنی طرح تلمبه آبکش به وسیله پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران گستره‌هایی بس فراتر از اجرای یک پروژه تحقیقاتی را تحت پوشش قرار می‌دهد. شاید از جمله اهداف این طرح، که می‌توان آن را جزئی از مهم‌ترینها برشمرد، دمیدن روحی تازه در کالبد دانش به خاک فراموشی خفته این سرزمین باشد. شاید با زدودن این غبار بتوان عظمت و توانایی دانشمندان قدیم ایران را در گوش اهل علم و دانش و صاحبان صنعت این مرز و بوم و حتی جهانیان طنین انداز کرد. با اجرای این طرح و ارائه نتایج آن در مراجع علمی می‌توان نیاموخته‌های علم و دانش گذشته خود را به نسل‌های جدید امروز آموخت تا شاید بتوان بدین‌وسیله امکان توسعه و تکامل این فناوریها و یافتن راهکارهای مناسب برای به روز رسانی و به‌کارگیری آنها در علوم و صنایع امروز را ایجاد کرد.

از دیگر دستاوردهای مهم و غیر فنی اجرای این پروژه یا طرحهایی از این دست احیای هویت ایرانی دانشمندان این آب و خاک در سطح جهان است. در موارد بسیاری مشاهده شده است که دانشمندان ایرانی در گذشته در مناطقی میزیسته‌اند که هم اکنون جزئی از خاک ایران زمین محسوب نمی‌شود و لذا، دول کنونی با استفاده از محل تولد، زندگی یا فوت این دانشمندان بدون توجه به سوابق تاریخی، آنها را به کشور خود منصوب می‌دانند [۴]. با اجرای این‌گونه طرحها و ارائه نتایج آنها در مجامع علمی بین‌المللی می‌توان به احیای نام دانشمندان ایرانی و جلوگیری از سوء استفاده دیگر کشورها در به‌کارگیری نام دانشمندان این مرز و بوم به‌عنوان دانشمندان خارجی کمکهای ارزنده‌ای کرد.

## مراجع

1. Al-Hassan, A. Y. ed.(1979), A compendium on the theory and practice of the mechanical arts, Institute for the History of Arabic Science, Aleppo
۲. ناطق، محمد جواد، نفیسی، حمیدرضا و رفعت جاه، سعید (۱۳۸۰)، مبانی نظری و عملی مهندسی مکانیک در تمدن اسلامی (الجامع بین العلم و العمل النافع فی صناعه الحیل)، تصنیف ابوالعزین اسمعیل الجزری، ترجمه و تحشیه، مرکز نشر دانشگاهی، تهران، ایران.
3. Hill, D. (1978), *The book of ingenious devices*, Banu (Sons of) Musa bin Shakir, Springer.
4. Uzun, A., Vatanserver and Fahri(2008), Al Jazari machines and new technologies, *Acta Mechanica at Automatica*, Vol. 2, No.3.
۵. اتابکی، پرویز (۱۳۶۰)، سفرنامه ابن جبیر، محمدبن احمد بن جبیر، (ترجمه)، انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ایران.
۶. یاسی، یوسف، هاشملو، صفر، بایمرامی، محمد، طباطبایی، فاطمه و کریمی، آزاده (۱۳۸۸)، چراغهای خودرکار نوری بر دانش ایران باستان (۱۳۸۸)، *فصلنامه آموزش مهندسی ایران*، شماره ۴، سال ۱۱، صص. ۱۶۹-۱۵۳.
7. Al-Hassan, A. Y. (1976), Taqi al-Din and Arabic mechanical engineering, with an offset copy of MS Chester Beatty No. 5232, Institute for the History of Arabic Science, University of Aleppo, pp. 38-42. .
8. Donald Routledge Hill (1996), *A History of engineering in classical and medieval times*, By Published by Routledge, pg 150.
9. Hill, Donald Routledge (1998), *Studies in medieval Islamic technology*, edited by David King, Ashgate.
10. Yassi, Y. (2013), Experimental study of a high speed micro waterwheel, ISME, Tehran, Iran

11. Ritti, T., Grewe, K. and Kessener, P. (2007), A relief of a water-powered stone saw mill on a Sarcophagus at Hierapolis and its implications, *Journal of Roman Archaeology*, 20, pp. 138–163.
12. Ron, Sh. (1996), Water wheel engineering, *Designing for substantial future conference*- Sep 27 to Oct 7.
13. Zoë, J. M. (Eng) (2005) Structural engineering with architectural design, Domestic electricity generation using waterwheels on moored barge, School of the Built Environment, Heriot-Watt University.
14. Beeston, A. F. L. Beeston, Young, M. J. L. , Latham, J. D., Bertram Serjeant, R. (1990), *The cambridge history of Arabic literature*, Cambridge University Press, p. 266, ISBN 0-521-32763-6
۱۵. غزنی، سرفراز (۱۳۷۲)، ابتکارات خارق العاده مکانیکی یا کتاب الحیل، مؤسسه چاپ انتشارات آستان قدس، چاپ اول.
16. Ganchy, S. and Gancher, S. (2009), *Islam and science, medicine, and technology*, The Rosen Publishing Group, p. 41.
17. Hassan, Ahmad Y. (1976), *Taqi al-Din and Arabic mechanical engineering*, Institute for the History of Arabic Science, University of Aleppo, pp. 38-42 .
18. Hill, Donald Routledge (1998), *Studies in medieval islamic technology*, II, p. 231-232.
19. Beeston, A. F. L., Young, M. J. L., Latham, J. D., Bertram Serjeant, R. (1990), *The cambridge history of arabic literature*, Cambridge University Press, pp. 270–1, ISBN 0-521-32763-6
20. Romdhane, L. and Zeghloul, S. (2010), *Al-Jazari (1136–1206), history of mechanism and machine science* (Springer) 7: 1–21
21. Neil, Sclater (2011), *Mechanisms and mechanical devices*, 5TH ed., Mac- Graw Hill Publications, U.S.A.
22. Gans, Roger F. (1991), *Analytical kinematics analysis and synthesis of planer mechanism*, Butterworth-Heinemann, University Of Michigan.
23. Lal, L. (1956), *Hydraulic machines*, Metropolitan book co. private Ltd