فصلنامه آموزش مهندسی ایران، سال یازدهم، شماره ٤٤، زمستان ١٣٨٨، ص١٦٩- ١٥٣

چراغهای خودکار نوری بر دانش ایران باستان

یوسف یاسی[١]، صفر هاشملو[٢]، محمد بایرامی[٢]، فاطمه طباطبائی[٣] و آزاده کریمی[٣]

چکیده: از جمله ابداعاتی که در کتاب *الحیل* بیان شده است، چراغهایی هستند که از نظر طراحی و سازکار در نوع خود بی نظیرند. *الحیل* عنوان کتابی است که در قرن سوم هجری در شهر بغداد توسط احمد بن موسی به رشته تحریر در آمده است. احمد بن موسی یکی از سه فرزند موسی بن شاکر خراسانی است که در تاریخ علم و دانش به "بنو موسی (فرزندان موسی)" مشهورند و از زمره دانشمندان برجسته ایرانی پس از اسلام به شمار می‌رود. از وی اختراعات و ابداعات زیادی در زمینه علم مکانیک به جا مانده است که شرح آنها در نسخ خطی کتاب *الحیل* بیان شده است. طراحی مجدد، بازسازی و آزمودن مکانیزمهای به کار رفته در طراحی این چراغها در قالب طرحی پژوهشی با عنوان "طراحی و ساخت فناوریهای دانشمندان قدیم ایران" در پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران به مرحله اجرا در آمده است. در این مقاله مکانیزمهای به کار رفته در این چراغها و کارکرد آنها از دیدگاه مهندسی امروز بررسی و چگونگی فرایند طراحی آنها ارزیابی شده است. در فرایند طراحی این چراغها نوعی تفکر تکاملی مشاهده می‌شود که با پیروی از این تفکر، هر چراغ از مکانیزم چراغ قبلی بهره جسته و در جهت کامل کردن کارکرد آن مکانیزم دیگری نیز بدان افزوده شده است. در طرحهای مذکور چراغ اول از سازکار تغذیه خودکار روغن از محل یک مخزن اصلی برخوردار است و چراغ دوم مکانیزم فتیله خودکار دارد و چراغهای سوم و چهارم که در واقع، یک طرح محسوب می شوند، آمیزه‌ای از دو مکانیزم به کار رفته در دو چراغ اول و دوم هستند. اما در طراحی آخرین چراغ، احمد بن موسی فقط مکانیزم حفاظت از شعله در برابر وزش باد را مطرح کرده است، ولی از آنجا که کلیه چراغهای مذکور در کتاب *الحیل* در اینجا مورد بررسی قرار گرفته‌اند، لذا، به چراغ مقاوم در برابر باد نیز پرداخته شده است.

در نهایت، نمونه‌های بازسازی شده مورد آزمون قرار گرفتند و نتایج به دست آمده از آزمونها نشان دادند که کارکرد این چراغها با آنچه در کتاب *الحیل* قید شده است، یکسان است. از دیگر یافته های مهم این طرح می توان از طراحی مکانیزمهای کنترل مکانیکی و هیدرو مکانیکی نام برد که با توسعه به هنگام آنان می توان از آنها در آموزش مهندسی و صنعت بهره گرفت.

واژه‌های کلیدی: کتاب الحیل، احمد بن موسی بن شاکر خراسانی، بنو موسی، چراغهای خودکار و چراغ.

---

١. عضو هیئت علمی سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران yousefyassi@yahoo.com
٢. کارشناس سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.
٣. سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران، تهران، ایران.

۱. مقدمه

کتاب *الحیل* یا ابتکارات خارق العاده را احمدبن موسی بن شاکر خراسانی حدود سال ۲۳۶ هجری قمری برابر با ۸۵۰ میلادی در شهر بغداد به زبان عربی نوشته است. این کتاب را خاورشناس و پژوهشگر نامی، دکتر دونالد آر. هیل، برای نخستین بار از روی سه نسخه خطی عربی به انگلیسی ترجمه کرده است [۶،۱ و ۸]. در حال حاضر، نسخ خطی به جا مانده از کتاب *الحیل* عبارت‌اند از: نسخه واتیکان در ایتالیا، نسخه برلین گوتا در آلمان و نسخه سوم در موزه توپکاپی ترکیه[۲،۱و۸].

برادران بنو موسی (بنو موسی به معنای پسران موسی است) از جمله شخصیتهای مهم سیاسی و علمی قرن سوم هجری یا نهم میلادی بودند. پدر آنها موسی بن شاکر خراسانی نام داشت که ملقب به «آل‌منجم» بود[۶]. گفته می‌شود که وی در جوانی راهزنی می‌کرده و در راهها و جاده‌های خراسان راه را بر کاروانها می‌بسته و امنیت را از گذرگاه کاروانیان باز می‌گرفته است. موسی مردی شجاع، حسابگر و محتاط بود و پیش از اینکه دزد زدگان از او انتقام بگیرند و او را از سرپرستی فرزندانش محروم کنند، قیمومت آنها را به دوستش خلیفه (مأمون) واگذار کرد و فرزندان او تحت سرپرستی مأمون قرار گرفتند و بعدها در شمار دانشمندان طراز اول دربار خلیفه بغداد درآمدند[۱]. برادران بنو موسی به ترتیب سن عبارت اند از: محمد، احمد و حسن که کتاب *الحیل* از احمد بن موسی بن شاکر خراسانی به جا مانده است[۲و۶]. در این کتاب یکصد طرح با ذکر چگونگی و نوع عملکرد هر یک ذکر شده است. این دستگاهها به قدری جالب و شگفت انگیزند که در ابتدا به نظر می‌رسد برای کارهایی ساخته شده‌اند که تردستان و معرکه‌گیران از آن استفاده می‌کنند، ولی با اندکی دقت و تأمل اهمیت و ارزش علمی آنها آشکار می‌شود و نشان می‌دهد که طراح آنها از اصول و رموز و قوانین پیچیده ائرواستاتیک(دستگاههای خودکار با فشار هوا)، هیدرواستاتیک(دستگاههای خودکار با فشار مایعات) و پنومواستاتیک(دستگاههای خودکار با فشار باد) آگاهی فراوان داشته و از اندیشه‌ای خلاق و نو برخوردار بوده است[۳،۴و۷].

دستگاههای خودکار بیان شده درکتاب *الحیل* اصول مکانیکی خاصی از نظر طراحی، ساخت و عملکرد دارند و در امر بازسازی و آزمون کارکرد آنها رعایت تمام این اصول لازم و ضروری است و بر روی نتیجه کار اثر خواهد گذاشت[۴و۸]. نقشه های ابتدایی هر یک از دستگاهها با استفاده از متون و اشکال ارائه شده در کتاب *ابتکارات خارق العاده مکانیکی* یا *الحیل*[۱] تهیه شدند. پس از نمونه سازی و آزمونهای اولیه و حصول اطمینان از کارکرد دستگاهها بر طبق کتاب *الحیل* و رفع اشکالات احتمالی کار، طراحی نهایی و تهیه نقشه های مهندسی و ساخت نمونه پایانی آغاز شد.

این دستگاهها قبلاً در ایران ساخته نشده بودند و برای اولین بار توسط پژوهشکده مکانیک سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران در قالب پروژه‌ای تحقیقاتی با عنوان "طراحی و ساخت فناوریهای دانشمندان قدیم ایران" و بر اساس مستندات موجود طراحی و ساخته شده‌اند.

در بخشی از این کتاب احمدبن موسی درباره طرحهایی در ارتباط با تعدادی چراغ روغن سوز صحبت کرده است. در طراحی این چراغها نوعی تفکر ترکیبی تکاملی مشاهده می‌شود؛ ترکیبی بدان معنا که طراحی یک چراغ با مکانیزم چراغ دیگر آمیخته و چراغ جدیدی طراحی شده است و تکاملی از آن نظر که طرحی که در یک چراغ به کار رفته، به صورتی کامل‌تر در چراغ دیگر نیز استفاده شده است.

در این تحقیق اساس طراحی این چراغها و مکانیزمهای مرتبط با آنها مطالعه و پس از طراحی مجدد به ساخت آنها اقدام شده است، آن‌گاه نمونه‌های ساخته شده آزمون شده است تا صحت کارکرد آنها بررسی شود.

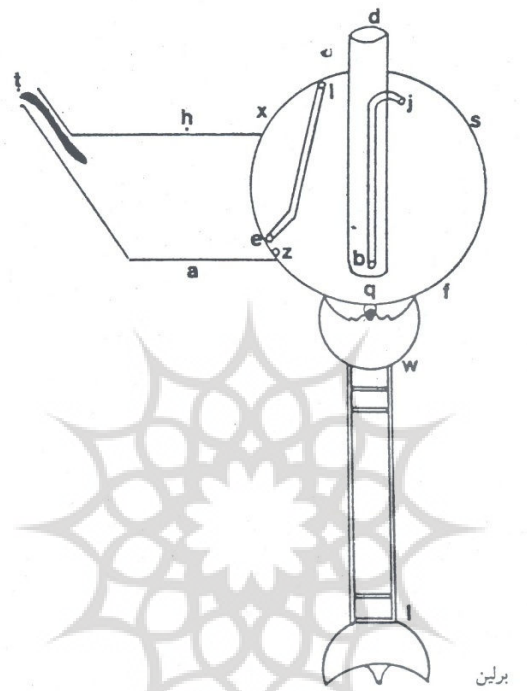
از جمله نکاتی که می‌توان در اجرای این طرحها به آنها اشاره کرد، استخراج مکانیزمهای موجود در هر چراغ و چگونگی ترکیب آنها با یکدیگر است که فراگیری، انتقال و به‌کارگیری آنها توسط مهندسان و استادان می‌تواند گستره‌های کاربردی بیشتری را در صنایع و آموزش مهندسی امروز به روی آنها باز کند.

۲. چراغ اول

چراغ با تغذیه روغن خودکار

این چراغ دارای دو مخزن است: یکی مخزن اصلی که همواره سرشار از روغن نگاه داشته می‌شود و دیگری مخزن چراغ. مخزن اصلی در واقع، تغذیه کننده مخزن روغن در چراغ است و می‌تواند در محلی دورتر از چراغ و پنهان از دید بینندگان چراغ قرار گیرد. مخزن اصلی از طریق لوله تنفس (el) و مجرای پایینی (z) به مخزن چراغ متصل است که در شکل ۱ مشاهده می شود.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



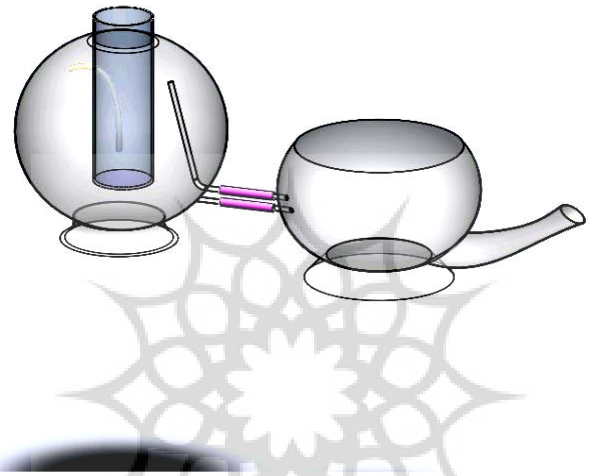
شکل ۱ : تصویر شماتیک چراغ با تغذیه روغن خودکار

مکانیزم ورود روغن به داخل مخزن اصلی و تغذیه آن به داخل مخزن چراغ از طریق مجرای پایینی مطابق با فرایند زیر طراحی شده است[۱و۲]:

الف. با ریختن روغن به مخزن اصلی و با گشودن مجرای خروجی هوا (s) این مخزن همزمان با مخزن چراغ پر می‌شود. با رسیدن سیال به سطح (h)، ریختن روغن متوقف و مجرای تنفسی (s) مسدود می‌شود. بدین ترتیب، ارتباط روغن داخل مخزن اصلی با فشار آتمسفر قطع می‌شود.

ب. با روشن کردن چراغ روغن داخل آن مصرف می شود و سطح آن در داخل مخزن چراغ پایین می‌آید تا جایی که ارتباط مجرای لوله تنفس (el) با هوا گشوده می شود و به سبب این ارتباط مجدداً روغن از مخزن اصلی به سوی مخزن چراغ روان می شود تا دیگر بار مجرای لوله تنفس به زیر روغن فرو برود و ارتباط مخزن اصلی با هوا (فشار آتمسفر) قطع شود. بدین ترتیب، مادام که مخزن اصلی مملو از روغن باشد، سطح روغن در داخل مخزن چراغ یکنواخت باقی می‌ماند و فقط هر از چند گاهی [بسته به حجم مخزن اصلی و میزان روغن مصرفی در چراغ]، باید مخزن اصلی با روغن

پر شود. در شکل ۲ تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده از چراغ با تغذیه روغن خودکار در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران نشان داده شده است.



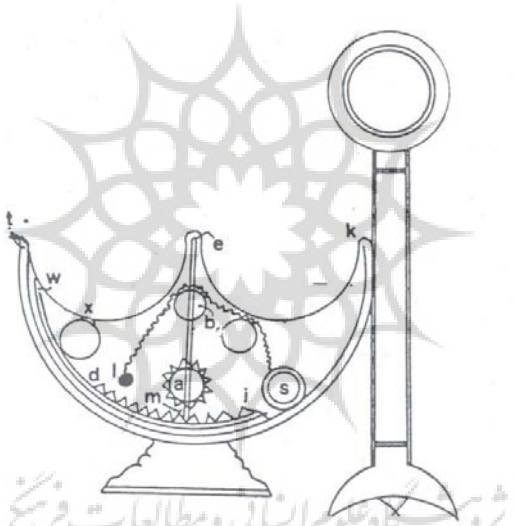
. **شکل۲: تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده از چراغ با تغذیه روغن خودکار در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران**

۳. چراغ دوم

چراغ با فتیله خودتنظیم

این چراغ از نظر شکل ظاهری شبیه چراغهای معمولی روغن سوز قدیمی است که شکل کلی آنها به صورت یک قوری فلزی با لوله‌ای بلند است. فتیله چراغ از لوله آن سر بیرون آورده است، به طوری که ضمن سوختن شعله بر سر آن دیده می‌شود. دنباله فتیله از میان لوله عبور می‌کند و در داخل مخزن مملو از روغن چراغ قرار می‌گیرد. انتهای داخلی فتیله به یک دنده شانه‌ای فلزی چند دندانه‌ای (حداکثر پنج دندانه) متصل می‌شود. مکانیزم جا به جا کننده فتیله یک چرخ دنده است که قادر است حول محوری که در دو طرف بدنه چراغ قرار داده شده است، دوران کند. این چرخ دنده در پایین بادنده‌های دنده شانه‌ای درگیر است، به نحوی که چرخش آن حول محورش در جهات ساعتگرد و پاد ساعتگرد به ترتیب موجب بالا و پایین رفتن فتیله می شود. چرخ دنده مذکور در بالا با تسمه چرمینی درگیر است که جلو و عقب رفتن تسمه موجب دوران چرخ دنده می‌شود. تسمه از یک

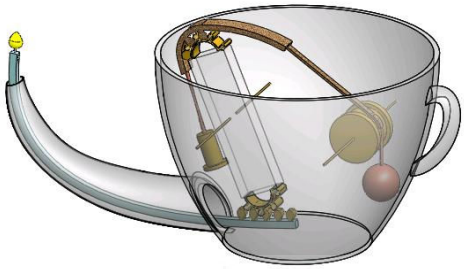
طرف به یک شناور و از طرف دیگر به وزنه تعادل متصل است. بالا و پایین رفتن سطح روغن در چراغ که به علت سوختن روغن و جایگزین کردن آن صورت می پذیرد، باعث جا به جایی شناور و در نتیجه، جا به جایی وزنه تعادلی می شود و بدین ترتیب، تسمه چرمین به جلو و عقب رانده می شود. در نتیجه، می‌توان گفت که با تغییر سطح روغن در مخزن چراغ تسمه دندانه دار چرمین به واسطه جا به جایی شناور و وزنه تعادل تغییر مکان می دهد و این تغییر مکان باعث دوران چرخ دنده و در نتیجه، بالا و پایین رفتن فتیله می‌شود. لذا، هنگام روشن بودن چراغ با مصرف شدن روغن و پایین آمدن سطح آن در مخزن چراغ فتیله به طور خودکار بالا می رود و با ریختن مجدد روغن به داخل چراغ فتیله به صورت خودکار پایین می‌آید تا همواره شعله‌ای یکنواخت از چراغ مشاهده شود [۱و۲]. در شکل ۳ تصویری از چراغ که در کتاب *الحیل* آمده، نشان داده شده است.



شکل۳ : تصویر شماتیک چراغ با فتیله خودتنظیم

آزمایشهای انجام شده کارکرد صحیح چراغ و مطابقت کامل آن را با آنچه در کتاب *الحیل* قید شده است، نشان می دهند. این چراغ فقط به مکانیزم فتیله خودکار مجهز است و روغن مصرفی آن باید حسب نیاز به داخل آن ریخته شود.

در شکل۴ تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده از چراغ با فتیله خود تنظیم در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران از جهات مختلف نشان داده شده است.



شکل٤: تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده از چراغ با فتیله خود تنظیم در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

٤. چراغ سوم

چراغ با تغذیه سوخت و تنظیم فتیله خودکار

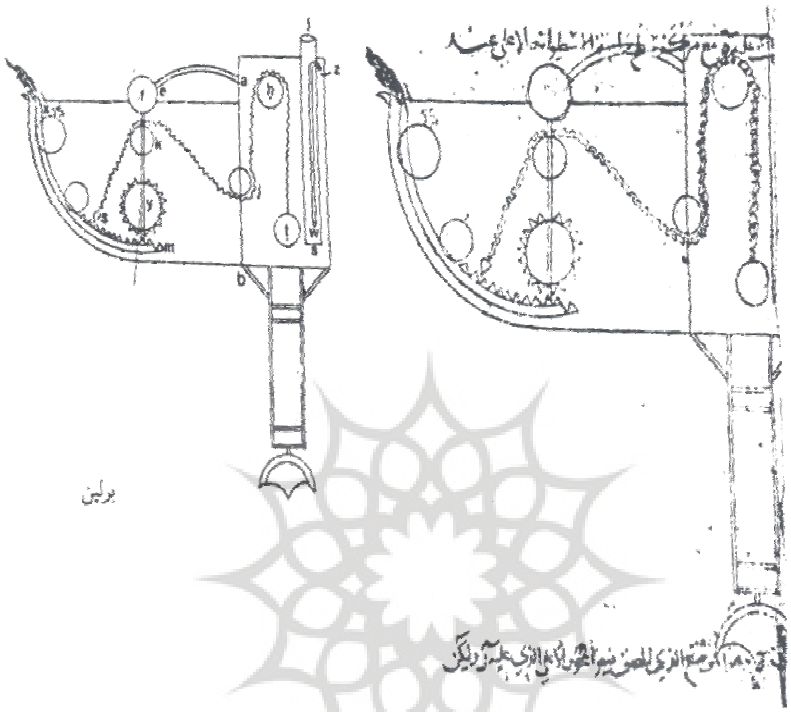
دو چراغ دیگر که در واقع، یکی طراحی اولیه و دیگری طراحی نهایی محسوب می شود، شامل دو مکانیزم اند: یکی مکانیزم فتیله خودکار و دیگری مکانیزم خودکار تغذیه روغن از مخزن اصلی به مخزن چراغ .

در این دو چراغ مکانیزم تنظیم فتیله بر اساس چراغ اول طراحی شده است، با این تفاوت که وزنه تعادل فرمان دهنده به چرخ دنده، چرخ دنده و دنده شانه‌ای جا به جا کننده فتیله، در داخل مخزن چراغ و جدا از مخزن اصلی روغن قرار دارند. وزنه تعادل توسط ریسمانی که از میان چند قرقره عبور می‌کند، به شناور که در مخزن اصلی روغن و مجزا از چراغ است، متصل شده است و بدین ترتیب، بالا و پایین شدن سطح روغن در مخزن اصلی باعث نوسان مکانی شناور می‌شود که این نوسانات توسط ریسمان باعث دوران چرخ دنده و در نتیجه، به جلو و عقب رفتن دنده شانه‌ای و بالا و پایین شدن فتیله می‌شود[۱و۲]. در این چراغ می‌توان مخزن اصلی را در مکانی دور و پنهان از چشم بینندگان قرار داد تا بدین ترتیب، همواره در ظاهر چراغی با شعله‌ای روشن و یکنواخت مشاهده شود که هیچ گاه کسی در آن روغن نمی‌ریزد. در شکل ۵ طراحی اولیه این چراغ نشان داده شده است.

تفاوت عمده این چراغ با چراغ دوم در سیستم خودکار تغذیه روغن آنهاست. در اینجا شناور بر روی سطح روغن قرار دارد و به وسیله ریسمانی از میان لوله‌ای موسوم به لوله رابط که در مخزن اصلی قرار دارد، عبور می‌کند و مکانیزم چرخ دنده را به شکلی که گفته شد، فعال می سازد. یک سر این لوله در مخزن اصلی و سر دیگر آن در مخزن روغن چراغ قرار دارد، به نحوی که تنها ارتباط مخزن اصلی با هوا، پس از بسته شدن درب مخزن اصلی روغن، زمانی روی می‌دهد که روغن چراغ بسوزد و سطح آن در مخزن چراغ تا حدی پایین بیاید که انتهای لوله رابط از روغن خارج شود و مخزن اصلی از آن طریق با هوای آزاد (فشار آتمسفر) در ارتباط قرار گیرد. بدین ترتیب، روغن از طریق لوله دیگری که در نزدیکی انتهای مخزن اصلی نصب شده است و آن را به مخزن چراغ مرتبط می‌کند، به مخزن چراغ جریان می یابد. این جریان تا زمانی ادامه دارد که سطح روغن در مخزن چراغ بالا بیاید و انتهای لوله رابط به داخل روغن فرو رود و ارتباط فشار هوای آزاد با مخزن اصلی قطع شود.

بدین ترتیب، مادام که مخزن اصلی سرشار از روغن باشد، چراغ همواره روشن است و سطح روغن داخل مخزن آن به طور خودکار تنظیم می شود. در عین حال، فتیله چراغ نیز، مشابه با آنچه در چراغ با فتیله خود تنظیم مشاهده شد(چراغ دوم)، به همراه سطح روغن داخل چراغ پیوسته و به طور خودکار تنظیم می شود و مصرف کننده همواره شعله‌ای یکنواخت خواهد دید.

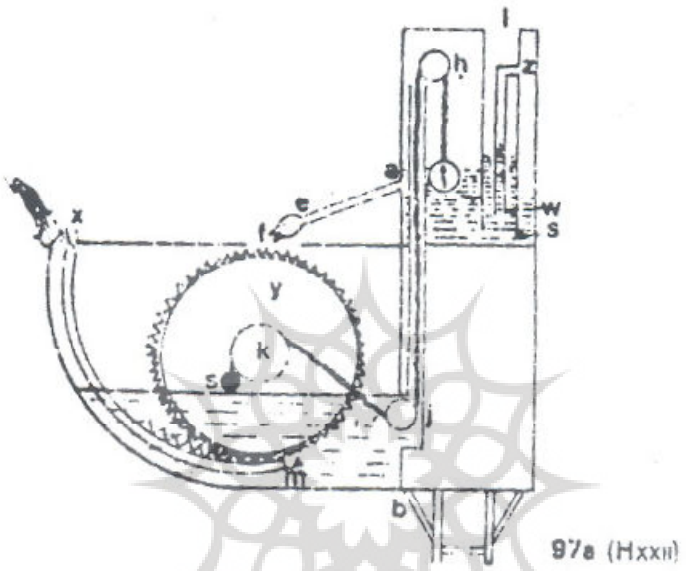
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۵: نمای شماتیک از طرح اولیه چراغ با تغذیه سوخت و تنظیم فتیله خودکار

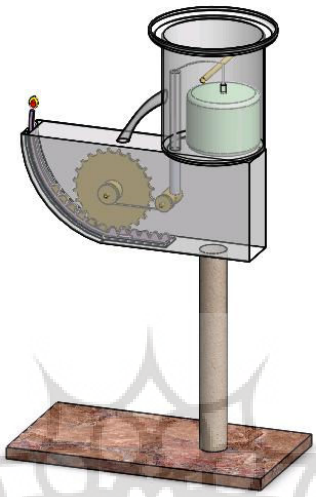
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی

در شکل۶ طرح نهایی این چراغ نشان داده شده است. این تصاویر نیز هر دو از کتاب *الحیل* مستخرج شده‌اند. در شکل ۴ به راحتی می‌توان ترکیب مکانیزمهای به کار گرفته شده در دو چراغ اول و دوم را مشاهده کرد که در واقع، گویای تفکر ترکیبی تکاملی احمد بن موسی در طراحی مهندسی است.



شکل ٦: نمای شماتیک از طرح نهایی چراغ با تغذیه سوخت و تنظیم فتیله خودکار

آزمایشهای انجام شده نشان دادند که مکانیزم ارائه شده در چراغ شکل ۵ کارایی ندارد و نمونه اصلاح شده آن در شکل۶ نمونه‌ای عملکردی و نهایی است. در شکل ۷ نیز تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده چراغ با تغذیه سوخت و تنظیم فتیله خودکار در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران از جهات مختلف نشان داده شده است.



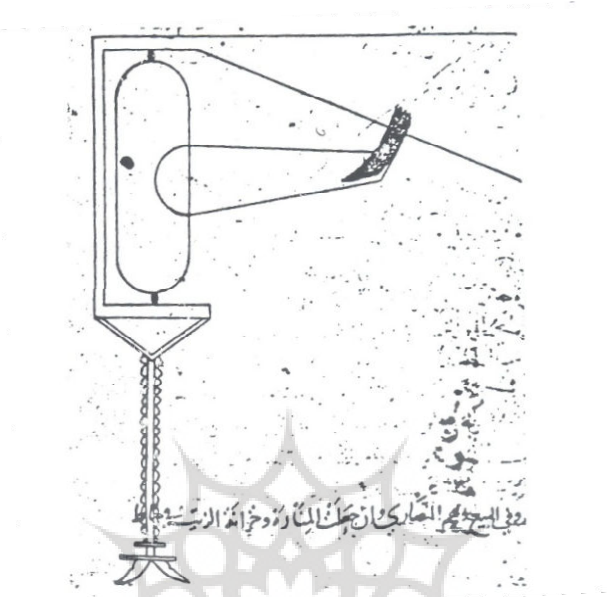
شکل ۷: تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده چراغ با تغذیه سوخت و تنظیم فتیله خودکار در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

۵. چراغ چهارم

چراغ مقاوم در برابر باد

این چراغ، همان گونه که در شکل ۸ برگرفته از کتاب *الحیل* مشاهده می‌شود، دارای پایه‌ای است که شمع یا مکانیزم نور دهنده (شعله) بر روی آن قرار می‌گیرد.

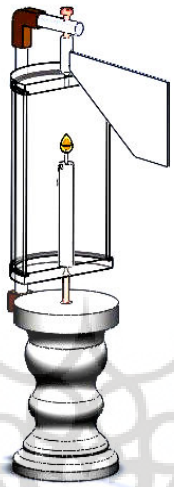
پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی



شکل ۸: تصویر شماتیک چراغ مقاوم در برابر باد

شعله توسط صفحه‌ای شفاف به شکل یک نیم استوانه همواره از یک طرف در بر گرفته شده است و در برابر وزش باد و جریان هوا محافظت می شود. شمع یا شعله درست در مرکز نیمدایره قاعده کف نیم استوانه قرار دارد، به نحوی که نیم استوانه به راحتی و مستقل از شعله می‌تواند حول آن دوران کند. بر بالای این نیم استوانه پرّه‌ای نازک، پهن و سبک قرار دارد. این پرّه هنگام وزش باد مشابه بادبان کشتی عمل می‌کند و به نحوی نیم استوانه را دوران می‌دهد که همواره نیم استوانه در بین جریان باد و شعله قرار می‌گیرد و از خاموش شدن آن جلوگیری به عمل می آورد[۱و۲].

در شکل ۹ تصویرکامپیوتری نمونه ساخته شده چراغ مقاوم در برابر باد در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران از جهات مختلف نشان داده شده است.



شکل۹: تصویر کامپیوتری نمونه ساخته شده چراغ مقاوم در برابر باد در سازمان پژوهشهای علمی و صنعتی ایران

٦. آزمونها و نتایج

نقشه‌های ساخت هر چهار چراغ مطابق با اشکال و توضیحات ارائه شده در کتاب *الحیل* استخراج و تهیه و نمونه‌های آزمایشی چراغها ساخته شدند. پس از آزمون چراغها و حصول اطمینان از کارکرد آنها، نمونه‌های نهایی و عملیاتی ساخته شدند. کارکرد سازکارهای مرتبط با هر چراغ به طور جداگانه و به طور مشترک نیز آزمون شدند که همگی در توافق کامل با اظهارات کتاب *الحیل* بودند.

از جمله نتایج حایز اهمیت از منظر مهندسی، سازکار خودکار هیدرونیوماتیک کنترل سطح سیّال در یک مخزن تأمین کننده اصلی مایع برای یک یا چند مخزن دیگر است. این طرح که جزئیات سازکار هیدرونیوماتیک آن در شکل ۶ نشان داده شده است، قادر به کنترل سطح سیّال در یک یا چند مخزن مصرفی است که با پایین آمدن مایع در هر یک به سطحی مشخص، مکانیزم مربوط و مستقر در مخزن اصلی به شکل خودکار عمل و آن مخزن را از محل مخزن اصلی تغذیه می‌کند. این سازکار که در چراغ اول به کار رفته و سپس، با شکل پیشرفته تری در هر دو نمونه چراغ سوم نیز به کار برده شده، قادر به کنترل سطح سیّال در یک مخزن یا مخازن متعدد است.

از دیگر نتایج قابل توجه در این طرحها سازکار هیدرومکانیکی انتقال جا به جایی است که توسط آن می‌توان بالا و پایین رفتن سطح سیّال را به حرکتی خطی و رفت و برگشتی در یک دنده شانه‌ای یا مکانیزم مجزای دیگری تبدیل کرد.

یکی از نتایج پر اهمیت این تحقیق دستیابی به چگونگی تفکر طراحی مهندسی احمد بن موسی است. وی با به‌کارگیری روش گام به گام و تفکر تکاملی در طراحی مهندسی می‌توانست با شکستن صورت اصلی مسئله به مسائل زیر مجموعه‌ای ساده‌تر آنها را تحلیل کند و در نهایت، با ترکیب نتایج آنها به طراحی سازکارهای پیچیده مکانیکی دست یابد. علم مهندسی امروز نیز می‌تواند با به کارگیری این روش یا بهینه سازی آن به تحولی در چگونگی حل مسائل پیچیده مهندسی دست یابد.

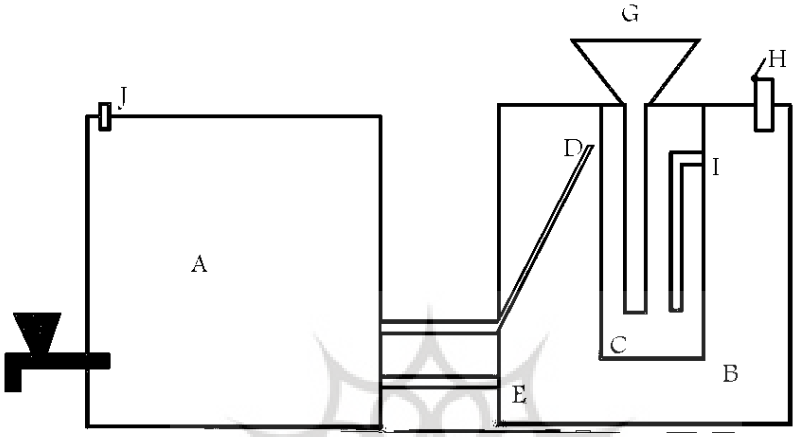
۷. نکات مهم از دیدگاه آموزش مهندسی

در طول اجرای این بخش از طرح پژوهشی با عنوان " طراحی و بازسازی ابداعات و اختراعات دانشمندان ایران در طول تاریخ" نکاتی جلب نظر می‌کردند که بعضاً از منظر تفکر طراحی و از دیدگاه طراحی علمی و فنی بر جسته تر از سایرین بودند که از آنها می‌توان در جهت آموزش مهندسی بهره جست. برخی از این نکات به شرح زیر هستند:

الف. مکانیزم کنترل هیدرو نیوماتیک

در شکل۱۰ جزئیات سازکار هیدرونیوماتیک کنترل سطح سیّال در مخزن مصرفی نشان داده شده است. این ساز کار که در چراغ اول به کار رفته و سپس، با شکل پیشرفته تری در هر دو نمونه چراغ سوم نیز به کار برده شده، قادر به کنترل سطح سیّال در یک مخزن است. سیّال مورد نیاز مخزن مصرفی(A) از طریق یک مخزن اصلی(B) که توسط دو لوله با یکدیگر در ارتباط اند، تأمین می‌شود. به کارگیری یک مکانیزم سیفون خودکار(I) در ورودی مخزن اصلی(C) و قطع ارتباط فضای داخل آن با فشار آتمسفر باعث می‌شود که تنها راه ارتباط با هوا برای مخزن اصلی(B)، دو لوله خروجی نصب شده در بدنه آن باشند (لوله‌های D و E) که در عین حال، این دو لوله مخزن اصلی (B) را به مخزن مصرفی (A) متصل می‌کنند. با بالا آمدن سطح سیّال در مخزن مصرفی (A) مجرای ورودی این دو لوله در این مخزن نیز به زیر سیّال فرو می‌رود و در نتیجه، ارتباط مخزن اصلی (B) با هوای آزاد کاملاً قطع می‌شود. با مصرف سیّال موجود در مخزن مصرفی (A)، سطح آن در این مخزن پایین می‌آید و ارتباط یکی از لوله‌های مرتبط با مخزن اصلی(B) موسوم به لوله تنفس (D) با هوای آزاد برقرار می شود و لذا، سیّال موجود در مخزن اصلی(B) به مخزن مصرفی (A) جریان می یابد تا جایی که مجرای مربوط مجدداً به زیر سیّال فرو می رود و در نتیجه، ارتباط مخزن اصلی (B) با هوا قطع و به تبع آن جریان سیّال نیز قطع می‌شود. بدین ترتیب، این مکانیزم به صورت یک شیر

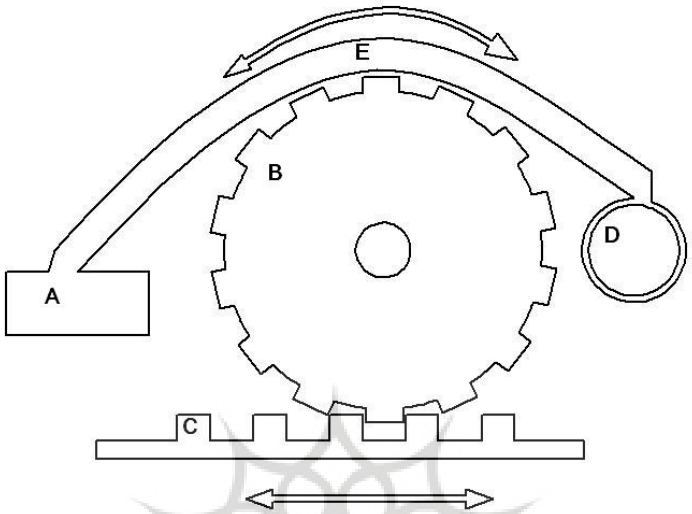
هیدرونیوماتیکی خودکار عمل می‌کند و سطح سیّال را در مخزن مصرفی (A) همواره ثابت نگاه می‌دارد.



شکل ۱۰: تصویر شماتیک مکانیزم کنترل سطح سیّال در یک مخزن با استفاده از سازوکار چراغ با تغذیه روغن خودکار

ب. مکانیزم هیدرومکانیکی انتقال جا به جایی

همان گونه که در شکل ۱۱ مشاهده می‌شود، در این مکانیزم از یک وزنه(A) و یک گوی شناور (D) در دو طرف یک تسمه دندانه دار(E) استفاده شده است. دندانه‌های تسمه با دنده‌های چرخ دنده (B) به نحوی درگیرند که جا به جایی تسمه در هر جهت باعث حرکت دورانی دنده حول محور خود می‌شود. جا به جایی تسمه از طریق بالا و پایین شدن سطح سیّالی که شناور (D) متّصل به تسمه بر سطح آن شناور است، صورت می‌گیرد. وزنه سر دیگر تسمه، وزنه (A)، فقط کار تنظیم و تأمین کششی یکنواخت را در تسمه (E) انجام می‌دهد. بدین ترتیب، جا به جایی سطح سیّال، گوی شناور (D) را جا به جا می‌کند و این تغییر مکان بر اثر کشش موجود در تسمه به چرخ دنده (B) منتقل می‌شود و لذا، چرخ دنده شروع به دوران حول محور خود می‌کند. در سوی دیگر، چرخ دنده با یک دنده شانه‌ای (C) درگیر است که حرکت دورانی چرخ دنده به آن منتقل و به حرکت خطی تبدیل می‌شود. جا به جایی خطی دنده شانه‌ای (C) نیز خود می‌تواند موجب باز یا بسته شدن یک شیر یا قطع و وصل شدن یک کلید یا فعال یا غیر فعال شدن هر مکانیزمی بشود. لذا، نتیجه‌گیری می‌شود که بالا و پایین رفتن سطح سیّال می‌تواند به حرکت خطی رفت و برگشتی در دنده شانه‌ای بینجامد.



شکل ۱۱: تصویر شماتیک مکانیزم تبدیل تغییر سطح سیاّل به جا به جایی دورانی یا خطی با استفاده از سازکار تنظیم فتیله خودکار

پ. فرایند تکاملی طراحی مهندسی

یکی از نکات پر اهمیت این تحقیق دستیابی به چگونگی تفکر طراحی مهندسی احمد بن موسی است. در واقع، بازسازی این چراغها موجب روشن شدن نگرش و تفکر تکاملی و گام به گام وی در امر طراحی مهندسی شد. البته، با مطالعه کتاب *الحیل* به راحتی می‌توان در جای جای آن آثار این گونه تفکر و سیر تکاملی فرایند طراحی مهندسی با شیوه طراحی گام به گام را مشاهده کرد. برای مثال، می‌توان از به کارگیری پرّه بادگیر چراغ چهارم در طراحی یکی از فواره های وی نام برد که در آنجا با استفاده از این پرّه و با بهره‌گیری از جریان هوا (باد) حرکتی تناوبی و چرخشی در سازکار تغذیه فواره ایجاد می شود.

مراجع

۱. غزنی، سرفراز، **ابتکارات خارق العاده مکانیکی یا کتاب الحیل**، مؤسسه چاپ و انتشارات آستان قدس رضوی، چاپ اول، ۱۳۷۲.

2. Atilla Bir, Kitab Al Hial , Research Center for Islamic History, Art and Culture Istanbul, 1990.

۳. غزنی، سرفراز، **سخنی در باره کتاب الحیل،** کنگره بین المللی علم و تکنولوژی در جهان اسلام، تهران، دانشگاه تهران، صص۱۵۹– ۱۵۸، ۱۳۷۲.

۴. دانشی، غلامحسین، "پیشرفتهای مهندسی مکانیک در ایران قدیم"، **فصلنامه آموزشی مهندسی ایران،** شماره ۳۳، سال نهم، ۱۳۸۶.

5. Banu Musa and Hill, Donald Routledge (ed. and Transl.), The Book of Ingenious Devices, Islamabad: Pakistan Hijuga Council, 1989.

6. Banu Musa, The Encyclopaedia of Islam VII (Leiden, 1993), pp. 640-641.

7. . Rashed R., Archimedean Learning in the Middle Ages: The Banu Musa, Historia Sci. (2) 6 (1) pp. 1-16, 1996.

۸. یاسی، یوسف، ریحانه گلزاری و ستاره اصفهانی، "جام هوشمند از فناوریهای قدیمه ایران"، **فصلنامه آموزشی مهندسی ایران،** سال دهم، شماره ۳۹، پاییز ۱۳۸۷.

(دریافت مقاله:۱۳۸۸/۲/۱۲)

(پذیرش مقاله: ۱۳۸۸/۶/۲۵)

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی