# پمپ هیدروالواتور

**مرتضی غفاری**
دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی مراغه

## چکیده

از این پمپ جهت آبیاری مناطقی که آبهای زیر زمینی و یا بستر رودخانه نزدیک زمین می باشد و امکانات استفاده از انرژی باد نیز (Eolienne) وجود دارد می توان استفاده نمود. در این مطالعه هدف آن است که پمپ بتواند آب را بادبی حدود یک لیتر بر ثانیه به ارتفاع یک متر بالا ببرد. بنابراین نمی توان از پمپ های پیشرفته بدلیل عدم امکانات و مخارج زیاد استفاده نمود. در آزمایشگاه مکانیک سیالات تجربی اورسی فرانسه (L.M.E.F) مدلی از این پمپ درست شده است و آزمایشات کافی روی مدل انجام گرفته و نتایج حاصل گویای آن است که امکان ساخت این پمپ در عمل وجود دارد و می توان جهت استفادهٔ کشاورزان توصیه شود.

**کلید واژه ها:** زیرزمینی ، مکانیک سیالات ، پمپ ، آبیاری

## ۱- مقدمه

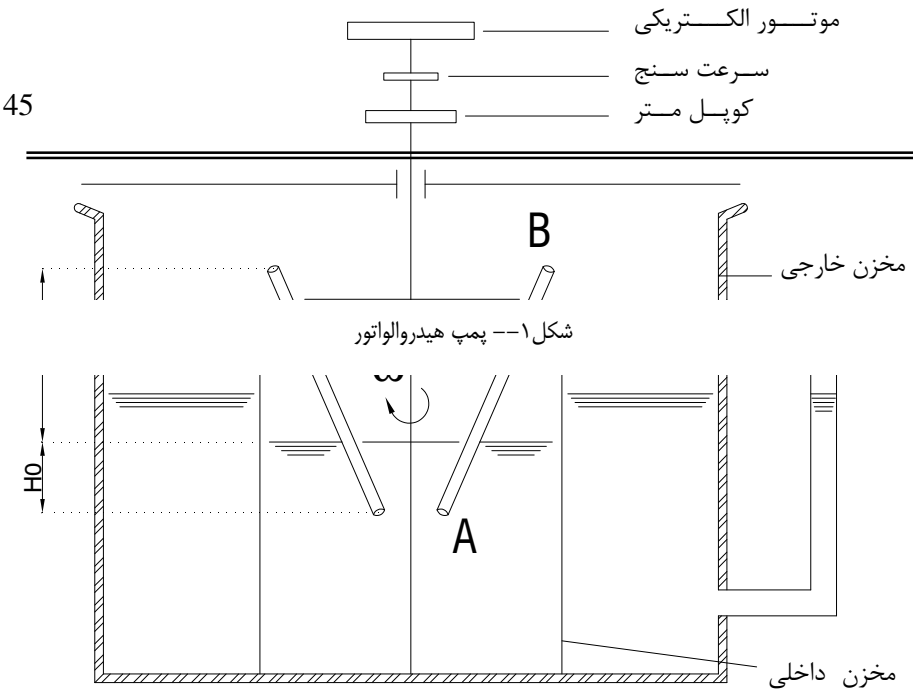
نواحی بسیاری در ممالک در حال رشد وجود دارد که در آن سطح سفره آبهای زیر زمینی نزدیک سطح زمین قرار دارد و یا در مناطقی که بستر رودخانه ها ارتفاع زیادی از زمین نداشته باشند استفاده از پمپ های پیشرفته مستلزم مخارج زیاد بوده و در بعضی از مواقع امکان پذیر نمی باشد. با توجه به اینکه در حال حاضر در این نواحی معمولاً از وسایل ساده مثلاً چرخ تمپان (Tympan) و پیچ ارشمیدس با استفاده از انرژی نیروی انسانی و یا حیوانی آب را تا ارتفاع مشخصی بالا برده و مورد استفاده قرار می دهند. چنانچه در این مناطق بتوان از انرژی باد نیز استفاده نمود هزینه های آبیاری کاهش پیدا خواهد نمود و به این همین دلیل استفاده از پمپ هیدروالواتور در این مطالعه مورد توجه قرار گرفته است.

این پمپ یک پمپ دوار می باشد که به یک دستگاه (Eolienne DARRIEUS) متصل می شود و می تواند آب را با دبی کم به یک ارتفاع مناسبی برساند. اساس ساختمان این پمپ در ۱۶ ژانویه سال ۱۹۳۹ میلادی توسط M.IVAN RUBINSKY پیشنهاد شده ولی از آن تاریخ مطالعهٔ جدیدی در این مورد انجام نگرفته است. امکان ساخت این پمپ جزو اصل اولیه این تحقیق می باشد و تنها هدفی را که باید دنبال نمود تعیین ابعاد هندسی و افزایش راندمان آن است و این موضوع در دو مرحله مورد توجه قرار گرفته است.

## ۱- مطالعات نظری Etudes Theorique

### ۱-۱- اساس ساختمان پمپ

اساس ساختمان این پمپ مطابق شکل ۱ بسیار ساده می باشد و تشکیل شده از یک عده لوله معمولاً به تعداد زوج که بطور مورب حول دو حلقهٔ فلزی وصل شده است. برای اینکه ورود آب به لوله ها آسانتر باشد انتهای لوله ها در داخل مخزن کمی خمیده و مماس به




شکل۱-- پمپ هیدروالواتور

مسیر دوران قرار می گیرند. در نتیجه حرکت دورانی لوله ها حول محور قائم آب در اثر نیروی گریز از مرکز در لوله ها بالا می رود. در شکل۱ سایر وسایل که در راه اندازی این پمپ بکار برده شده است شرح داده شده است موتور الکترکی در این مدل بجای دستگاه (Eolienne DARRIEUS) بکار برده شده است ولی در عمل از انرژی باد استفاده خواهد شد.[2]

## ۲- معادلهٔ انرژی

### ۲-۱- سیالات کامل

چنانچه لوله ها با سرعت زاویه ای $\omega$ حول محور قائم حرکت کنند با توجه به یک محور مقایسه می توان انرژی مکانیکی نسبی جریان واحد جرم سیال را بصورت زیر نوشت [4]

$$E = P + \rho gz + \rho v^2/2 - \rho \omega^2 r^2/2$$

که در آن انرژی فشاری : $p$ انرژی پتانسیل: $\rho gz$ انرژی سنتیک: $\rho v^2/2$ و انرژی ناشی از گریز از مرکز: $\rho\omega^2r^2/2$ در خروجی لوله ها می باشد بنابراین می توان نوشت :

$$V^2 = \omega^2 R_B - 2gH$$

ملاحظه می شود که سرعت نسبی سیال به جهت خروجی آن و شعاع ورودی $R_A$ بستگی ندارد و فقط به شعاع خروجی $R_B$ بستگی دارد. لذا هر چه شیب لوله ها نسبت به افق کمتر باشد سرعت بیشتر و در نتیجه دبی جریان افزایش پیدا میکند. فرمول فوق نشان می دهد شرط برقراری حرکت سیال در لوله ها آن است که نیروی گریز از مرکز به نیروی ثقل غلبه بکند:

$$\omega^2 R_B > 2gH \qquad A$$

## ۲-۲ سیالات حقیقی

در سیالات حقیقی طبیعی است که افت بار در لوله ها نیز در نظر گفته می شود:

$$\Delta H = \lambda \frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} + K\frac{V^2}{2g}$$

که در آن $\lambda$ ضریب افت بار و تابع عدد رینولدز می باشد و مقدار آن برای لوله های از جنس pvc برابر است با $\lambda = 0.03$ و K ضریب افت بار موضعی است که در ورودی و خروجی لوله معادل $K = 0.5$ است.

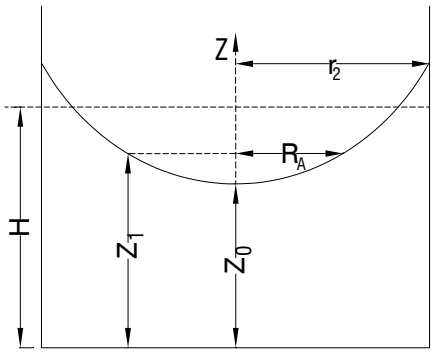
## ۳- سطح آزاد مایع در مخزن داخلی

توزیع فشار در مخزن داخلی بستگی به نوع جریان دارد چنانچه از ویسکوزیته سیال صرفنظر کنیم و جریان را دائمی با خطوط جریان دایروی متحدالمرکز فرض کنیم معادلهٔ حرکت را می توان بصورت زیر نوشت[3]

$$\frac{\partial \hat{P}}{\partial r} = \rho \frac{c^2}{r}$$

که در آن $\hat{P}$ فشار پیزومتریک ، ρ جرم مخصوص سیال و c سرعت خطی دوران مایع به فاصلهٔ r از محور دوران می باشد. برای انتگرال گیری از رابطهٔ فوق فرض می کنیم که مطابق شکل (۲) حرکت سیال در فاصلهٔ $r \le R_A$ حرکت گردابی اجباری و در فاصلهٔ $r > R_A$ حرکت گردابی آزاد می باشد.

بدیهی است که سطح آزاد مایع در قسمت مرکزی بصورت منحنی در خواهد آمد و این یکی از عواملی است که در دبی جریان در سرعت های زیاد تأثیر منفی می گذارد و گاهی دبی جریان را در لوله ها به صفر می رساند. برای محاسبهٔ تغییرات سطح آب در مخزن داخلی می توان محاسبات را بصورت زیر خلاصه نمود. [2]




شکل۲- افت سطح آب در ناحیه مرکزی

### ۳-۱- حرکت گردابی اجباری

$0 < r < r_A$ : در این حالت سرعت جریان برابر $C = \alpha r \omega$ می باشد که در آن $\alpha$ ضریب حرکت گردابی می باشد. بنابراین می توان نوشت:

$$\frac{\partial \hat{P}}{\partial r} = \rho \frac{c^2}{r} = \frac{\rho \alpha^2 r^2 \omega^2}{r} = \rho \alpha^2 r \omega^2$$

$$\hat{P} = \frac{\rho \alpha^2 r^2 \omega^2}{2} + cte$$

با توجه به شرایط اولیه مقدار ثابت انتگرال صفر می باشد. بنابراین خواهیم داشت :

$$\hat{P} = \frac{\rho \alpha^2 r^2 \omega^2}{r}$$

و یا :

$$Z_A = \frac{\alpha^2 \omega^2 R_A^2}{2g}$$

### ۳-۲- حرکت گردابی آزاد

$R_A \le r < r_2$ : در این حالت سرعت جریان برابر $C = \frac{B}{r}$ که در آن B ضریب حرکت گردابی نامیده می شود. بنابراین خواهیم داشت:

$$\frac{\partial \hat{P}}{\partial r} = \rho \frac{c^2}{r}$$

$$\frac{\partial \hat{P}}{\partial r} = \rho \frac{B^2}{r^3}$$

$$\hat{P} = -\rho \frac{B^2}{2r^2} + K = Pa + Z_2 \rho g$$

چون در سطح آزاد مایع P = Pa بعبارت دیگر فشار معادل فشار اتمسفر خواهد بود و در نتیجه خواهیم داشت :

$$Z_2 = \frac{K - Pa}{\rho g} - \frac{B^2}{2gr^2}$$

## ۳-۳- محاسبهٔ افت سطح آب در ناحیهٔ مرکزی

چنانچه ملاحضه می شود افت سطح آب در فاصلهٔ r = 0 برابر است با

$Z = H - Z_0$ در حال سکون حجم آب مخزن داخلی برابر است با :

$$V = (Z_0 + Z)\pi r_2^2 = H\pi r_2^2$$

و در حال حرکت دورانی این حجم برابر است با :

$$V = \pi r_2^2 Z_0 + \int_0^{r_2} (Z - Z_0)_2 \pi r dr$$

با مساوی قرار دادن دو رابطهٔ فوق و تغییر حدود انتگرال می شود:

$$Z = \frac{1}{\pi r^2}[\int_0^{R_A} (Z_1 - Z_0)_2 \pi r dr + \int_{R_A}^{r_2} (Z_2 - Z_0)_2 \pi r dr]$$

با توجه به اینکه $r_2$ در مقابل $R_A$ بزرگ می باشد می توان در ضمن محاسبات از رابطهٔ $\frac{R_A^2}{r_2^2}$ صرفنظر نمود. پس از محاسبات ملاحظه می شود که :

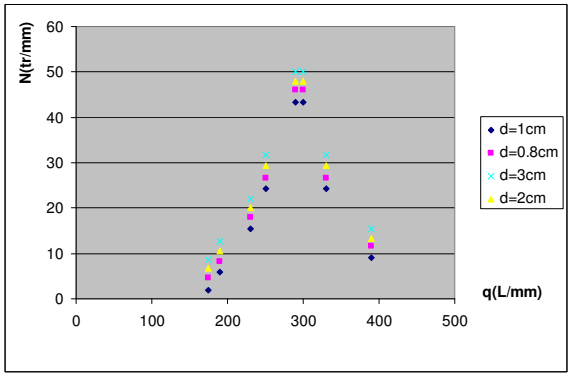
$$Z = \frac{\alpha^2 \omega^2 R_A^2}{g}$$

## ٤- مطالعات تجربی

مطالعات تجربی منجر به نتایج زیر شده:

### ٤-١- تغییرات دبی نسبت به دور موتور با بار ثابت ( $H_0 = 8cm$ )

این آزمایشات با تغییر دادن دور موتور، و با لوله های به قطر متفاوت، با اندازه گیری دبی جریان توسط دبی متر در حالات مختلف انجام گرفته که نتایج آن در دیاگرام شکل شماره (۳) نمایش داده شده است.

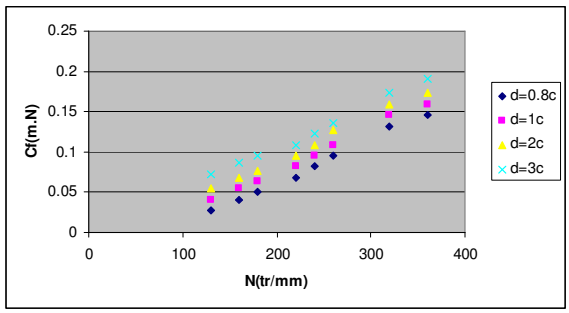



شکل ۳ – تغییرات دبی جریان بر حسب تغییرات دور موتور و قطر لوله ها

چنانچه دیاگرام مزبور نشان می دهد دبی جریان در حالتی که قطر لوله ۱ سانتی متر می باشد ماکزیمم می باشد و در ضمن در تمام لوله ها دبی جریان برای N = 320 دور در دقیقه ماکزیمم است چنانچه دور موتور را از این مقدار زیاد بکنیم دبی جریان کم می شود و این در اثر پایین آمدن سطح آب در مخزن داخلی می باشد که در قسمت تئوری به آن اشاره شد.

## ٤-٢ تغییرات کوپل نیروهای خارجی

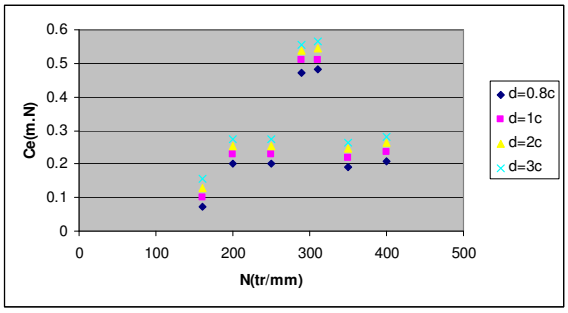
تمام اصطکاک هائی که سطح خارجی لوله ها در تماس با آب و یا با هوای مجاور دارند در حال حرکت دورانی اصطکاک های خارجی نامیده می شود و برای اندازه گیری کوپل این نیروها کافی است انتهای خروجی لوله ها را با چوب پنبه ببندیم و دبی جریان را به صفر برسانیم و سپس توسط دستگاه کوپل متر آنرا اندازه بگیریم نتیجه اندازه گیری ها در دیاگرام شکل ۴ نمایش داده شده است. دیاگرام نشان می دهد که کوپل نیروهای خارجی با افزایش فرکانس برای تمام لوله زیاد می شود و برای لوله بقطر $d = 3\ cm$ ماگزیمم می باشد.




شکل ۴-تغییرات کوپل نیروهای خارجی بر حسب تغییرات دور موتور و قطر لوله ها

## ۴-۳ تغییرات کوپل نیروی خروجی آب از لوله ها

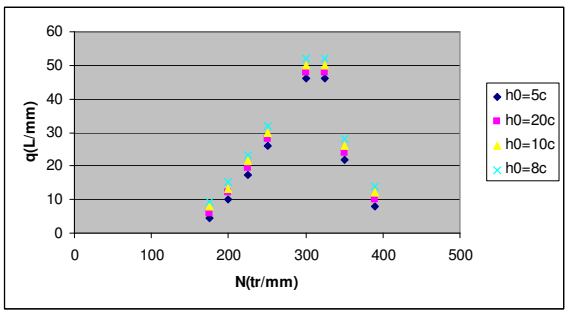
این تغییرات با استفاده از یک کوپل متر اندازه گیری شده است و نتیجه در دیاگرام شکل ۵ برده شده است چنانچه ملاحظه می شود کوپل نیروی ماکزیمم مربوط به ۳۲۰ دور در دقیقه و به قطر $1\ cm$ می باشد و این موضوع با ماکزیمم بودن دبی با شرایط فوق مطابقت می کند.




شکل ۵- تغییرات کوپل نیروی خارجی آب بر حسب تغییرات دور موتور و قطر لوله ها

## ۴-۴ – تغییرات دبی نسبت به ارتفاع بارهیدرولیکی

این آزمایشات در دیاگرام شکل۶ برده شده است چنانچه در دیاگرام مشخص می باشد برای $h_0 = 8\ cm$ دبی ماکزیمم می باشد و این بدین معنی است که افزایش یا کاهش بار هیدرولیکی از مقدار فوق موجب تغییرات رژیم جریان در لوله ها می شود.




شکل ۶- تغییرات دبی جریان بر حسب تغییرات دبی جریان و بار هیدرولیکی

## ۵-نتایج

در قسمت مطالعات تئوری چنانچه فرض کنیم که آب در مخزن داخلی در حال تعادل می باشد فرمول $V^2 = \omega^2 R_B^2 - 2gH$ بدست می آید و این نشان می دهد که سرعت جریان با افزایش شعاع خروجی $R_B$ افزایش پیدا می کند و برعکس با افزایش ارتفاع بالا دهنده آب H کاهش پیدا می کند و نیز در محاسبات تئوری در

حالت سیالات حقیقی و سیالات کامل که در متن مقاله به خود محاسبات اشاره نشده است، نشان می دهد که سرعت نسبی آب در لوله ها در حالت سیالات کامل ( بدون در نظر گرفتن افت بار ) تقریباً نصف سرعت نسبی سیالات حقیقی ( با در نظر گرفتن افت بار ) می باشد به عبارت دیگر افت بار در لوله ها قابل ملاحظه می باشد و در ضمن در حرکت دورانی سیال در مخزن داخلی سطح آب در ناحیه مرکزی پایین می آید و این ممکن است تا به حدی برسد که دیگر انتهای لوله ها نتوانند تغذیه بشوند و در نتیجه دبی جریان به حداقل خود کاهش پیدا می کند.

در قسمت تجربی هدف آن بود که مشخصات و ابعاد هندسی پمپ هیدروالواتور را تعیین بکنیم. در این قسمت نیز به نتایج زیر رسیده ایم:

با توجه به آزمایشات مختلف با لوله های به قطر متفاوت مشخص شده است که برای ارتفاع بالا دهندهٔ آب $h = 60cm$ با چهار لوله به قطر $d = 1cm$ که بار هیدرولیکی $h_0 = 8cm$ باشد دبی جریان ماکزیمم می باشد در این حالت دور حرکت دورانی ۳۲۰ دور در دقیقه اندازه گیری شده است و این موضوع در دیاگرام ها نشان داده شده است.

آزمایشات در روی لوله های به قطر مختلف انجام گرفته ولی نتایج حاصل روی لوله به قطر 1cm رضایت بخش می باشد.

در قسمت تجربی ملاحظه شده است که افزایش دور موتور از یک مقدار معینی به بعد موجب کاهش دبی جریان می شود و این در نتیجهٔ پایین آمدن سطح آب در ناحیهٔ مرکزی مخزن داخلی می باشد که با قسمت تئوری نیز مطابقت می نماید.

ملاحظه می شود که افزایش قطر لوله ها از یک حد معینی موجب تغییر در رژیم جریان در لوله ها و در نتیجه کاهش دبی جریان را موجب می گردد و بر عکس کاهش قطر لوله ها نیز از یک مقدار معین موجب می گردد که اصطکاکهای داخلی لوله ها در نحوهٔ جریان تأثیر بگذارد و به همین دلیل است که قطر لوله ها به اندازهٔ $d = 1cm$ حالت اپتیم را دارد.

## ۶- مراجع

1-A. FORTIER, 1974 , Mecanique des fluids technique de l, ingerieur , edition eyrolles page 72.

2-Ben. Amar, La pompe d'hyroelevateur, 1990, THESE DE DOCTORAT, universite' paris VI 16 Janvier page, 144 – 148.

3-M. CARLIER, 1972, Hydraulique generale et appliqué edition eyrolles page, 438 – 442.

4-R. COMOLET, 1981, Mecanque experimentale des fluids tome III, 3th edition masson, page, 130 -170.

# Hydroelovator Pump

**MORTAZA_GHAFFARI**

Ph.D, Assistant professor,maraghehAzad Islamic University

**Abstract:**

This pump could be used to irrigate the regions where ground water level is close to land surface and there is enough wind energy in the region . since advanced pumps are costly , this pump is designed only to send up water one meter high with the flow of one .
Inexperimental fluid mechanics laboratory of ORRSAY FRANCE amodel of this pump was conducted .Results show that the pump could be manufactured andrecommeded to farmers.

**Keyword**:pump, irrigate, Hydroelovator,laboratory,water