پمپ

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

تابستان ۶۶ ۸

نشریه پمپ

نشریه فنی و آموزشی شرکت صنایع پمپ سازی ایران

هیئت تحریریه : گروه مهندسین ومتخصصین شرکت صنایع پمپ سازی ایران

مدیر مسئول : مهندس حمداله سمندری

نشانی نشریه :

تبریز : قراملک مجتمع ماشین سازی تبریز ،صندوق پستی ۱۳۵-۵۱۸ شرکت صنایع پمپ سازی ایران دفتر فنی ،تلفن ۴۲۹۵۴

تهران : خیابان ولیعصر،نبش میرداماد ،برج های اسکان ،برج ب ،طبقه ت ،تلفن ۴۲۷۸۹۴۳

بسمه تعالی

شرایط درج مقاله در نشریه پمپ

۱ـ مطالب مقاله باید فنی، صنعتی و علمی بوده و به طریقی با طراحی، تولید و یا کاربرد پمپ مربوط باشد.

۲ـ مقاله ارسالی قبلاً در هیچ نشریه داخلی چاپ نشده باشد.

۳ـ مطالب ارسالی حتی المقدور با یستی ماشین شده باشد.

۴ـ عنوان مقاله با در نظر گرفتن فواصل بین کلمات از دو سطر تجاوز ننماید. نام نویسنده مقاله و عنوان شغلی و علمی آن در زیر عنوان مقاله ذکر گردد.

۵ـ چکیدهٔ مقاله نباید از حدود یک صفحهٔ A۴ تجاوز نماید و با یستی حاوی نکات اصلی و نتایج مقاله باشد بطوریکه بتوان آن را جداگانه چاپ نمود.

۶ـ در پایان مقاله لازم است که نتایج و فهرست منابع مورد استفاده ذکر گردد.

ضمناً چون مسئولیت صحت مطالب مقاله بعهدهٔ نویسندهٔ آن است، لذا هرگونه تغییر و ویرایش در متن مقاله جهت تأئید نویسنده قبل از چاپ ارسال خواهد شد.

بسمه تعالی

فرم اشتراک نشریه پمپ

اینجانب ..... شغل و نوع فعالیت اداری و علمی ..... بنشانی (لطفاً آدرس کامل و دقیق قید شود) ..... مایل به اشتراک نشریه پمپ میباشم و رسید بانکی پرداخت مبلغ ۱۰۰۰ ریال حق اشتراک یکساله را:

در تبریز بحساب شماره ۵۰۰۵ بانک ملت شعبه مرکزی

در تهران و شهرستانها بحساب شماره ۳۲۵۲۰۰۱۴ بانک تجارت شعبه فاطمی

بضمیمه ارسال می‌نمایم، تقاضا دارم از شمارهٔ ..... نشریه پمپ، بنشانی فوق ارسال گردد.

امضاء

برای دریافت مستمر نشریه پمپ، علاقمندان می‌توانند با پر کردن فرم فوق و ارسال آن به نشانی نشریه جزء مشترکین درآمده و آنرا دریافت دارند.

فهرست مطالب

عنوان	نویسنده	صفحه
آبدهی پمپ	مهندس مهدی مطیعی	۵
مفاهیم تلرانس و انطباقات در صنعت	مهندس میربیوک احقاقی	۲۳
ضوابط تعیین ابعاد صحیح چاهک مکشی الکتروپمپ های ملخی شناور	دکتر حبیب اله تدین	۳۶
نحوه انتخاب تلمبه های سانتریفوژ	مهندس محمدحسین کرمی	۵۳
راهنمای الکتروپمپ های سیرکولاتور		۶۳

آبدهی پمپ

(PUMP CAPACITY)

مهندس مهدی مطیعی

شرکت صنایع پمپ سازی ایران

مقدمه :

آبدهی (CAPACITY) وارتفاع (HEAD) درعملکردپمپ ازاهمیت یکسانی برخوردارند .درحالی که ترتیب لوله‌گذاری ونوع محرک مهم‌هستند ،اما عمده مسئله پمپ این است که‌قادربه‌تامین آبدهی موردنیاز ،با درنظرگرفتن ارتفاع لازم درسیستم‌باشد .درمقالات جداگانه بطورمفصل دربارهٔ ارتفاع وپارامترهای موثردرآن سخن خواهیم‌گفت اما فعلا" مطالبی را موردبحث وبررسی قرارمی‌دهیم‌که‌در ارتباط باآبدهی پمپ باشند .

واحدها :

ازآنجائیکه مقدارجابجائی مایع‌درمصارف مختلف متغیراست ،برای بیان آبدهی‌پمپ‌واحدهای متفاوتی بکارمی‌رود .واحدبسیارمعمول درکشورهائی که‌سیستم‌متریک درآنها رایج‌می‌باشدمترمکعب درساعت ویالیتردرثانیه‌است .واحدآبدهی برای هرپمپ بایدطوری انتخاب شودکه‌با واحدمورد استفاده‌درصنعت مطابقت داشته‌باشد .درهرحال بدون توجه‌به‌واحدهای بکاررفته ،آنها بیانگر دو پارامترحجم‌وزمان هستند .بدون بیان زمان کارکردپمپ دریک روزمثلا" ۸ یا ۲۴ ساعت واحد ۴۵۰۰۰ مترمکعب درروزچیزی را مشخص نمی‌کند .

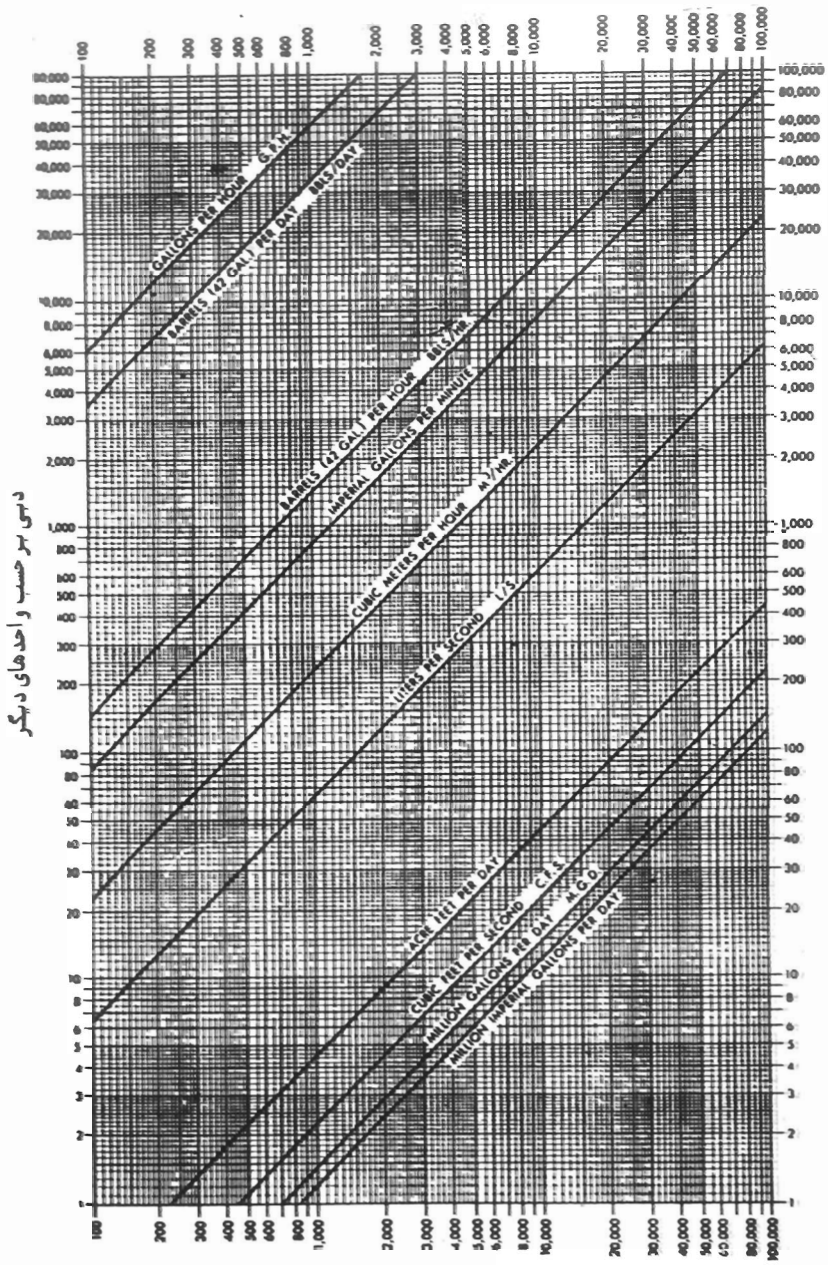
درمحاسبات طراحی روزمره ،جهت تبدیل واحدها ازشکل شماره ۱ استفاده می‌شود .

درجه‌حرارت :

ازآنجائیکه‌دانسیتهٔ مایع‌با درجه‌حرارت تغییرمی‌کند ،جهت تعیین آبدهی پمپ درشرایط پمپاژ، درجه‌حرارت مایع‌باید‌مدنظرباشد .دانسیته‌آب بین ۳۲°F و ۸۰°F معمولا" ثابت فرض می‌شود .دردرجه‌حرارتهای بالای ۸۰°F تغییردانسیته‌یک فاکتوربشمارمی‌رودوباید‌درمحاسبات پمپاژ درنظرگرفته‌شود .

درپمپاژ مایعات ،غیرازآب ،دانسیته‌با افزایش وکاهش درجه‌حرارت تغییرمی‌کند .بنابراین

درجه‌حرارت مایع ،نقش مهمی را درتعیین آبدهی بازی می‌کند .



شکل ۱: تبدیلات آبدهی

مقدار جریان لازم برای مصارف صنعتی:

قبل از انتخاب پمپ با آبدهی معین ،مقدار جریان لازم برای یک سیستم باید برآورد شود. در بعضی تأسیسات ،مثل آب جبران بویلر ،سیستم خنک کاری کندانسور و غیره برآورد جریان لازم ،ساده است . زیرا ماکزیمم و مینیمم مورد نیاز قابل پیشگوئی است .اما در سایر تأسیسات ،مثل واحدهای صنعتی عمومی، نیاز مصرفی سیستم قابل برآورد نیست .

جدول ۱: آب وبخار لازم برای صنایع

	Water	Steam
Acetic acid from carbide		7300 lb per ton HAc (3)
Acetic acid from pyroligneous acid	100,000 gal per ton HAc (3)[a]	15,700 lb per ton HAc (3)
Acetic acid from pyroligneous liquor	240 M gal per ton HAc (3)	64,000 to 74,000 lb per ton HAc (3)
Acetic acid, direct (Othmer process)		54,200 lb per ton HAc (3)
Alcohol, industrial	120 gal per gal 100 proof alcohol (5) 52 gal per gal 190 proof alcohol (3) 100 gal per gal alcohol (2) 20,000 gal per ton grain (1) 600,000 gal per 1000 bu grain mashed (5)	50 lb per gal 190 proof alcohol (3)
Alumina (Bayer process)	6300 gal per ton $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ (3)	15,000 lb per ton $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$ (3)
Ammonia, synthetic	31,000 gal per ton liquid NH_3 (1, 3)	
Ammoniated superphosphate	27 to 30 gal per ton ammoniated superphosphate (3)	
Ammonium sulfate	200,000 gal per ton salt (1)	
Buna S	173,000,000 gal per day for 100,000 tons Buna S per year (3)	
Butadiene	320,000 gal per ton butadiene (2)	
Calcium metaphosphate	4000 gal per ton $Ca(PO_3)_2$	
Carbon dioxide	23,000 gal per ton CO_2 (1) 20,000 gal per ton solid CO_2 from 18 per cent flue gas (3)	20,000 lb per ton solid CO_2 from 18 per cent flue gas (3)
Casein (grain-curd process)		2400 lb per ton casein
Caustic soda (lime-soda process)	18,000 lb per ton NaOH in 11 per cent solution (3) 21,000 gal per ton NaOH in 11 per cent solution (1)	2700 lb per ton NaOH in 11 per cent solution (3)
Caustic soda (electrolytic)		20,000 lb per ton 76 per cent NaOH (3)
Cellulose nitrate	50 gal per lb cellulose nitrate (3) 10,000 gal per ton cellulose nitrate (1)	
Charcoal and wood chemicals	65,000 gal per ton crude $CaAc_2$ (3)	64,000 lb per ton crude $CaAc_2$ (3)
Cottonseed oil	20 gal per gal oil (3) 0.6 gal per gal hardened oil (3)	15 lb per gal oil (3) 0.5 lb per gal hardened oil (3)
Coumarin (synthetic)		3000 lb per ton coumarin or 0.75 ton salicylaldehyde (3)
Cuprammonium rayon	90,000 to 160,000 gal per ton 11 per cent moisture rayon (3)	
Fatty acid refining, continuous		1390 lb per ton stock charged (3)
Gelatin		400 lb per ton gelatin (3)
Glycerine	1100 gal per ton glycerine (1)	8000 lb per ton glycerine (3)
Gunpowder	200,000 gal per ton gunpowder (1) or explosives (2)	
Hydrochloric acid (salt process)	2900 gal per ton 20 Bé HCl (3)	
Hydrochloric acid (synthetic process)	500 to 1000 gal per ton 20 Bé HCl (3)	
Hydrogen	660,000 gal per ton H_2 (1)	
Lactose (milk sugar)	200,000 to 220,000 gal per ton lactose (1, 3)	80,000 lb per ton lactose (3)
Magnesium carbonate, basic	4320 gal per ton basic $MgCO_3$ (3) 39,000 gal per ton $MgCO_3$ (1)	18,000 lb per ton basic $MgCO_3$ (3)
Magnesium hydroxide from sea water and dolomite	Sea water 58,000 gal and fresh water 500 gal per ton $Mg(OH)_2$ (3)	800 lb per ton $Mg(OH)_2$ (3)
Oxygen, liquid	2000 gal per 1000 cu ft O_2 (3)	
Phenol, synthetic		4000 lb per ton phenol (3)
Phosphoric acid (blast furnace)	75,000 gal per ton 100 per cent H_3PO_4 (3)	
Phosphoric acid (Dorr strong-acid process)	7500 gal per ton 35 per cent P_2O_5 acid (1, 3)	780 lb per ton 35 per cent P_2O_5 acid (3)
Potassium chloride from Sylvinite	40,000 to 50,000 gal per ton KCl (3)	2500 lb per ton KCl (3)
Soap, laundry	230 gal per ton soap (3) 500 gal per ton soap (2)	4000 lb per ton soap (3)
Soda ash (ammonia-soda process)	15,000 to 18,000 gal per ton 58 per cent soda ash (1, 3)	
Sodium bichromate		6000 lb per ton sodium bichromate (3)
Sodium chlorate	60,000 gal per ton sodium chlorate (3)	11,000 lb per ton sodium chlorate (3)
Sodium silicate	160 gal per ton 40 Bé water glass (3)	1040 lb per ton 40 Bé water glass (3)
Sodium sulfate, natural		3650 lb per ton anhydrous Na_2SO_4 (95 + per cent) (3)
Stearic acid and red oil		18,000 lb per ton stearic acid (3)
Sulfur dioxide, liquid	18,000 gal per ton liquid SO_2 (3)	6800 lb per ton liquid SO_2 (3)
Sulfuric acid (chamber process)	2560 gal per ton 100 per cent H_2SO_4 (3)	
Sulfuric acid (contact process)	4000 gal per ton 100 per cent H_2SO_4 (3) 5000 gal per ton H_2SO_4 (2)	
Trisodium orthophosphate		150 lb per ton $Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$ (3)
Vanillin (synthetic)		30,800 lb per ton vanillin (3)
Viscose rayon	180,000 to 200,000 gal per ton viscose yarn (3)	140,000 lb per ton viscose yarn (3)
FOOD INDUSTRY		
Bread	500 to 1000 gal per ton bread (4)	600 to 1000 lb per ton bread (4)
Brewing		
Beer	470 gal per bbl beer (5)	
Whiskey	80 gal per gal whiskey (5)	
Canning		
Apricots	8000 gal per 100 cases No. 2 cans (5)	
Asparagus	7000 gal per 100 cases No. 2 cans (1, 5)	
Beans		
Green	3500 gal per 100 cases No. 2 cans (1, 5)	
Lima	25,000 gal per 100 cases No. 2 cans (1, 5)	
Pork and beans	3500 gal per 100 cases No. 2 cans (1)	
Beets	2500 gal per 100 cases No. 2 cans (5)	
Corn	2500 gal per 100 cases No. 2 cans (5)	
Cream or Whole	4000 gal per 100 cases No. 2 cans (1)	
Peas	3000 gal per 100 cases No. 2 cans (1)	
Sauerkraut	300 gal per 100 cases No. 2 cans (1, 5)	
Spinach	16,000 gal per 100 cases No. 2 cans (1, 5)	
Succotash	12,500 gal per 100 cases No. 2 cans (5)	
Tomatoes		
Products	7000 gal per 100 cases No. 2 cans (1)	
Whole	750 gal per 100 cases No. 2 cans (1)	
Corn Refining	333 gal per ton corn (1)	
Edible Gelatin	13,200 to 20,000 gal per ton gelatin (4)	
Edible Oil	22 gal per gal oil (3)	
Meat packing		
Packing house	55,000 gal per 100 hog units (1, 5)	
Poultry	4400 gal per ton live weight (1)	
Slaughter house	16,000 gal per 100 hog units (1, 5)	
Stockyards	160 gal per acre (5)	

بقیهٔ جدول ۱

	Water	Steam
Milk and milk products		
Butter	5000 gal per ton butter (1)	
Cheese	4000 gal per ton cheese (1, 5)	
Dairies	3 gal per qt milk (2)	
Receiving and bottling	450 gal per 100 gal milk (1, 5)	
Creamery	220 gal per ton raw (5)	
Restaurants	0.5 to 4.0 gal per meal (2, 5)	
Sugar		
Beet	2160 gal per ton refined sugar (3)	
	20,000 to 25,000 gal per ton sugar (1)	
	2600 to 3200 gal per ton beets (1)	
Refined cane	1000 gal per ton sugar (2)	
	Condensing 4800 to 8400 gal per ton (3)	3500 lb per ton refined sugar (3)
	Pure water 1400 gal per ton refined sugar	
Vegetable dehydration		
Beets	37,400 gal per ton product (1)	
Cabbage	15,000 gal per ton product (1)	
Carrots	31,600 gal per ton product (1)	
Potatoes	11,200 to 25,000 gal per ton product (1)	
Rutabagas	30,400 gal per ton product (1)	
Sweet potatoes	18,000 gal per ton product (1)	
	TEXTILE INDUSTRY	
Cotton		
Bleaching	25 to 38 gal per yd (2)	
Dyeing	1000 to 2000 gal per 100 lb goods (1)	
Finishing	10 to 15 gal per yd (2)	
Processing	3800 gal per 100 lb goods (1)	
Knit goods, bleaching	16,000 gal per ton goods (2)	
Linen	200,000 gal per ton goods (1)	
Rayon		
Cuprammonium yarn	160,000 gal per ton yarn (1)	
Dissolving pulp	190,000 gal per ton pulp (1)	
Viscose yarn	200,000 gal per ton yarn (1)	
Silk, hosiery dyeing	6000 to 8000 gal per ton goods (2)	
Wool		
Scouring	2000 to 15,000 gal per 100 lb raw wool (1)	
Scouring and bleaching	40,000 gal per ton goods (2)	
	MISCELLANEOUS INDUSTRIES	
Air conditioning	6000 to 15,000 gal per person per season (1)	
Aluminum	1,920,000 gal per ton aluminum (2)	
Buildings, office	27 to 45 gal per day per capita (2, 5)	
Cement, portland	150 gal per ton cement (2, 3)	
Cement rock, beneficiation	720 gal per ton raw rock (3)	
Coal		
By-product coke	1450 to 2860 gal per ton coke (3)	570 to 860 lb per ton coke (3)
Carbonizing	3500 gal per ton coal carbonized (1)	
Washing	125 gal per ton coal (1)	
Electricity	80 gal per kw electricity (2, 5)	
	120,000 gal per ton coal burned (1)	
Hospitals	135 to 350 gal per day per bed (2, 5)	
Hotels	300 to 525 gal per day per guest room (2, 5)	
Laundries		
Commercial	8600 to 11,400 gal per ton "work" (2, 5)	
Institutional	6000 gal per ton "work" (2, 5)	
Leather tannery	375 gal per ton vegetable tan (3)	
	600 gal per ton chrome tan (3)	
	6000 to 16,000 gal per ton leather (2)	
	16,000 gal per ton hides (1)	
Petroleum		
Airplane engine (to test)	125,000 gal per airplane engine (2)	
Gasoline	7 to 10 gal per gal gasoline (2)	
Gasoline, aviation	25 gal per gal aviation gasoline (2)	
Gasoline, natural	20 gal per gal gasoline (3) and 2000 cu ft stripped gas at 150 lb pressure	6 lb per gal gasoline (3) and 2000 cu ft stripped gas at 150 lb pressure
Gasoline, polymerization	34 gal per gal polymer gasoline (3)	2.7 lb per gal polymer gasoline (3)
Oil, Fischer-Tropsch synthesis	150,000 gal per 100 bbl oil (7)	
Oil fields	18,000 gal per 100 bbl crude oil (1)	
Oil refinery	77,000 gal per 100 bbl crude oil (1)	
Pulp and paper mills	50,000 to 150,000 gal per ton pulp (2)	
De-inking paper	38,000 gal per ton paper (1)	
Paper board	14,000 gal per ton paper board (1)	
Soda pulp		13,000 lb per ton dried soda pulp (3)
Strawboard	26,000 gal per ton strawboard (1)	
Sulfate pulp (Kraft)		10,000 lb per ton dried sulfate pulp (3)
Sulfate pulp bleaching	60,224 gal to bleach 1 ton (3) dry pulp of 80 to 85 G.E. brightness	3120 lb to bleach 1 ton (3) dry pulp of 80 to 85 G.E. brightness
Sulfate pulp		5000 to 7000 lb per ton dried pulp (3)
Rock wool	4000 to 5000 gal per ton rock wool (1, 3)	3000 lb per ton rock wool (3)
Rubber (auto tire)		120 lb per auto tire (3)
Steel plant	20,000 to 35,000 gal per ton steel (1)	
Fabricated steel	42,000 gal per ton steel (2)	
Ingot steel	18,000 gal per ton steel (2)	
Pig iron	4000 gal per ton pig iron (1)	
Sulfur mining	3000 gal per ton sulfur (1)	

اعداد داخل پرانتز مربوط به شمارهٔ رفرانس است.

REFERENCES

(1) G. E. Symons, "Treatment of Industrial Wastes," *Water and Sewage*, Vol. 82, No. 11, November, 1944, p. 44.

(2) *Journal*, Am. Water Works Assn., Vol. 37, No. 9, September, 1945, p. 4.

(3) Chemical and Metallurgical Engineering Flow Sheets, 4th Ed. (1944).

(4) Food Industries Flow Sheets of the Food Producing Industry, 2nd Ed. (1947).

(5) H. E. Jordan, "Industrial Requirements for Water," *The Johnson National Drillers' Journal*, July–August, 1948, p. 7.

(6) W. L. Faith, "Plant Location in Agricultural Process Industries," *Chemical Engineering Progress*, Vol. 45, May, 1949, p. 313.

(7) W. C. Schroeder, "Comparison of Major Processes for Synthetic Liquid Fuels," *Chemical Industries, Vol. 62, No. 4*, p. 577 (1948).

(8) S. T. Powell and L. G. von Lossberg, "Relation of Water Supply to Chemical Plant Location," *Chemical Engineering Progress*, Vol. 45, May, 1949, pp. 289–300.

مقدار آب وبخار لازم برای تعدادی از عملیات واحدهای صنعتی درجدول شماره ۱ داده شده که شاخصی جهت تعیین آبدهی پمپ است .مثلا"درنیروگاههای حرارتی با درنظرگرفتن مصرف بخار، مقدار آب کندانسیت مشخص میگردد .تعیین آبدهی درسیستمهایی که تمام ویا قسمتی از بخار به تمسفر راه میابد باید مورد توجه خاص قرار بگیرد .

خواص آب مصرفی:

ازآنجائیکه آب مصارف صنعتی زیادی دارد ،لذا بسیاری مسائل درعمل به آن مربوط میگردد، وچونکه آبدهی پمپ بدون اطلاع از مقدار آب لازم ،قابل انتخاب نیست ،لذا اولین قدم درانتخاب پمپ بررسی سیستماتیک آب مصرفی است .

پاره ای عوامل موثردرآب مصرفی واحدهای حیاتی و . . .درجدول شماره ۲ دیده میشود .موقعیکه تنها قسمتی از واحد ،موردنظر باشد تعدادی از پارامترها براساس طراحی کاهش میابد .جدول شماره ۲ کمک زیادی درانتخاب پمپ برای مصارف صنعتی مینماید واز اشتباهات معمول دراین موردجلوگیری میکند وامکان تفکیک نیازهای ویژه را از غیره میدهد .چنانچه گرفتن سختی آب در مصارف حیاتی هزینه زیادی داشته ولازم است برای مصارف بی اهمیت موردنیاز نیست .

جدول ۲: خواص آب مصرفی

	Gal per day, max	Temp, F	Total hardness, ppm	Suspended solids, ppm	Dissolved solids, ppm	pH	Organic matter	Microorganisms	Color	Turbidity	Silica	Iron and manganese	Fluorides	Carbon dioxide	Hydrogen sulfide	Dissolved O_2	Chlorine	Radioactive wastes	Oil
Drinking water																			
Other sanitary																			
Boiler make-up																			
Air conditioning																			
Refrigeration																			
Compressed air																			
Diesel cooling																			
Steam condensing																			
Fire protection																			
Process A																			
Process B																			
Process C																			
Total																			

کنترل آبدهی :

بسته به اینکه سرعت پمپ ثابت ویا متغیر باشد ،آبدهی خروجی پمپ گریزا زمرکز به روشهای مختلفی قابل تغییر است .درسرعت ثابت این کار با چهار روش عملی میگردد :

۱ـ با ایجاد خفگی درقسمت خروجی پمپ ویا عبوردادن تمام ویا قسمتی از آبدهی خروجی بانصب بای پس

۲ـ با استفاده از چندپمپ با آبدهیهای مشابه که با زوبسته کردن یکی ویا بیشتر ،آبدهی موردنیاز فراهم میگردد .

۳ـ با بکارگیری تانک ویا مخزن ذخیره ،که پمپ به تناوب در ارتفاع مینیمم شروع بکار میکند .

۴ـ بکارگیری پمپ با آبدهی قابل تنظیم ویا پمپ جریان محوری با پرههای قابل تنظیم وارتفاع کم.

تغییرات آبدهی موردنیاز:

بررسی تغییرات آبدهی،از اهمیت خاصی برخوردار است .واین موضوع برروی راندمان پمپ اثر میگذارد .معمولا"درعمل پمپی انتخاب میشودکه راندمان ماکزیمم ویا مطلوب داشته باشد .جائی که محدودهٔ وسیعی از آبدهی موردنظر باشد ،مدت عملکرد در آبدهیهای مختلف ،درمحدودهٔ موردنظر بایستی به دقت مطالعه شود .درپمپ گریزا زمرکز افزایش آبدهی همراه با کاهش ارتفاع است ووقتی که پمپ به مدت طولانی در آبدهیهای بالای نرمال کارکند مشکلات زودرسی را درتعمیرات بوجودخواهد آورد .درصورتیکه پمپ بیشتر در آبدهی مناسب کارکرده وگاه وبیگاهی بارش زیاد باشد پریودزمانی این مرحله چندان تاثیری روی عملکرد پمپ ندارد .ولی زمانیکه با ربیش از اندازه باشد به عوض یک پمپ ،دوتا پمپ درنظرگرفته میشود .

استفاده از دوپمپ به جای یک پمپ باعث میگرددکه آنها در راندمان بهتری کارکنند ،بااینکه هزینهٔ اولیه افزایش یافته ،هزینه جاری کاهش مییابد .

انتخاب آبدهی پمپ :

فرض کنیدکه متوسط آبدهی موردنیاز یک واحدصنعتی ۷۰% تقاضای ماکزیمم باشد .ممکن است دوپمپ ،که هرکدام در ۷۵% ماکزیمم تقاضاء کارکنند انتخاب شوند .هریک از پمپها متوسط تقاضا را برآوردکرده واحتمالا"یکی بطورتمام وقت کارخواهدکرد .موقعیکه نیازسیستم به بیش از ۷۵% میرسد ، پمپ دوم بطورموازی با پمپ اول شروع بکارخواهدکردوهردوپمپ دارای راندمانی ماکزیمم و یا مطلوب خواهندبود .

دربعضی مواقع چنین ترتیبی مناسب نیست .زمانی که نیازسیستم کمتراست ،امکان انتخاب دوپمپ با راندمان ماکزیمم نیست ،زیرا هزینهٔ اولیه وجاری بیشتری نسبت به یک پمپ خواهندداشت آرایش واقعی،بستگی کامل به چگونگی تغییرات آبدهی موردنیاز دارد .برای مثال،جائیکه قسمتی

ا زواحدصنعی ۲۵% ودیگری ۷۵% کل جریا ن را مصرف میکند .لازم است که پمپها بطورمستقل عمل کنند. ولی جا ئیکه تنها یک محل موردنظربا شدیا ما یع قبل ا زتوزیع به یک تا نک پمپا ژشودوا حدها بطورموازی عمل خوا هندکرد .درتأ سیسا تی که پمپا ژما یع ،ا مرحیا تی ا ست وهمچنین به منظورجلوگیری ا زصدمه دیدن تجهیزا ت ،دوپمپ موا زی گه تما م وقت کا رمیکنندنصب میگردند .ووقتی که یکی ا زپمپ هاازکا ر میا فتددیگری قا دربه تحمل با رکلی وتأ مین ما کزیمم نیا زسیستم هست .ا شکا لاتی درا ین طرح وجود دا ردکه عبا رتندا ز :

۱) چونکه پمپها درآ بدهی ۵۰% ویا کمترکا رمیکنندلازم ا ست وسیله ا یجا دخفگی،درخروجی نصب گرددتا ا زا فزا یش ا رتفا ع جلوگیری نما یدوا ین موقعی عملی ا ست که سرعت هردوپمپ ثا بت با شد .

۲) عمرمفیدپمپ ها کا هش مییا بد .

۳) درجه حرا رت ما یع با کا هش جریا ن ا فزا یش مییا بد .

ولی با ا ین وجودجهت ا یجا دا طمینا ن چنین سیستم هائی نصب میگردند .

کا رموا زی پمپ ها :

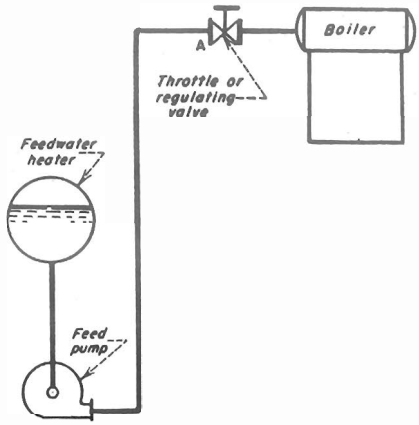
چنا نچه قبلا" بیا ن گردیدبهترین را ه حل برا ی مسئله تغییرا ت آ بدهی،کا رموا زی پمپ ها است بطورکلی ،درموا زی بستن پمپها ی پیستونی وروتوری مسا ئلی وجوددا ردکه جدا ا زپمپها ی گریزا ز مرکزا ست .یک دلیل برا ی ا ین ا ختلاف آ ن ا ست که بسیا ری ا زپمپها ی پیستونی وروتوری باجابجائی مثبت عمل میکنندنظربه ا ینکه آ بدهی پمپ سا نتریفوژبا ا رتفا ع متغیرا ست ،ا زطرفی،ا رتفا ع پمپ سا نتریفوژبستگی به طرا حی پروا نه ،سرعت وسا یرعوا مل دا رد .بنا برا ین بحث زیرین ا ختصا صبه پمپ ها ی گریزا زمرکزدا رد .حتی ا گربعضی ا صول درپمپها ی روتوری وپیستونی یکی با شند .

سیستم ها ی تروتله :

سیستم ها ی پمپا ژصنعتی که بوسیله پمپ ها ی سا نتریفوژتغذیه میشوندا زنوع تروتله ویا غیر تروتله هستند .درنوع ا ول،جریا ن با بکا رگیری یک ویا چندشیرکنترل شده تغییرا ت ا رتفا ع سیستم را متعا دل میسا زند .دربعضی وا حدها مثل تغذیه آ ب جبرا ن بویلر ،شیرتروتله جهت کنترل آ بدهی بطور مستقیم درخروجی پمپ نصب میگردد .درسیستم ها ی بدون تروتله ،جا ئیکه پمپ ها به یک منبع پمپا ژ میکنندجریا ن بستگی به ا رتفا ع ومشخصه ها ی عا دی سیستم دا رد .

یک سیستم تروتله صنعتی با شیرکنترل جریا ن A درشکل شما ره ۲ نشا ن دا ده شده ا ست .ا ین شیر میتوا ندبطوردستی وا توما تیک عمل کند .درشکل شما ره ۳ منحنی (HQ) پمپ با منحنی سیستم رسم شده ا ست .خط CB بیا نگرفشا ربویلروا رتفا ع ا ستا تیکی پمپ ا ست ا ین فشا رعملا" ثا بت ا ست .زما نیکه بویلرنشا ن دا ده شده به عنوا ن منبع تحت فشا را ست هروسیله مشا به دیگربدون برهم زدن شرایط سیستم

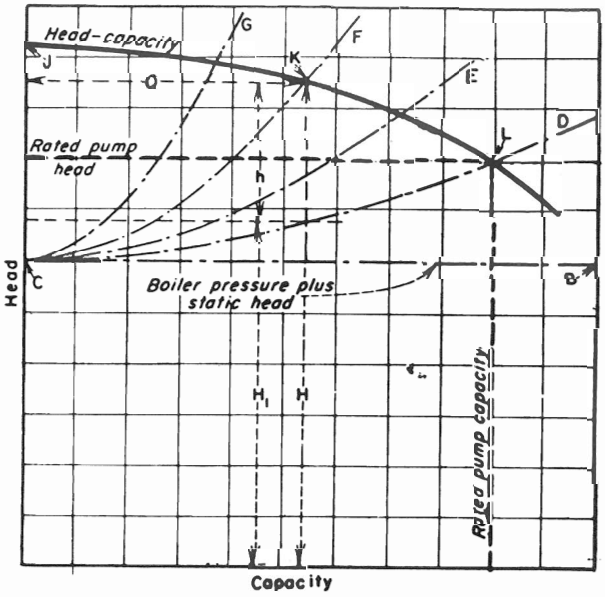
می‌تواند جایگزین شود بنابراین آنالیز زیر برای هر سیستم صنعتی مشابه با شکل پائین بکار می‌رود.



شکل ۲: دیاگرام ساده‌ای از سیستم آب تغذیه بویلر

کار سیستم:

زمانیکه آب مطابق شکل با لابوسیله پمپ به بویلر می‌رسد، فشار کار پمپ به خاطر افتهای ارتفاع حاصل از اصطکاک در لوله‌ها وشیرها واتصالات وسایر وسایل واقع در خط افزایش می‌یابد. درحالیکه شیر A تماماً باز باشد منحنی CD شکل شماره ۳ را داریم با بستن جزئی شیر A منحنی سیستم تغییر می‌کند وبا توجه به اینکه شیر چقدر بسته باشد، ما منحنی CG, CF, CE را خواهیم داشت. با بستن کامل شیر فشار خروجی به نقطهٔ J در آبدهی صفر می‌رسد.



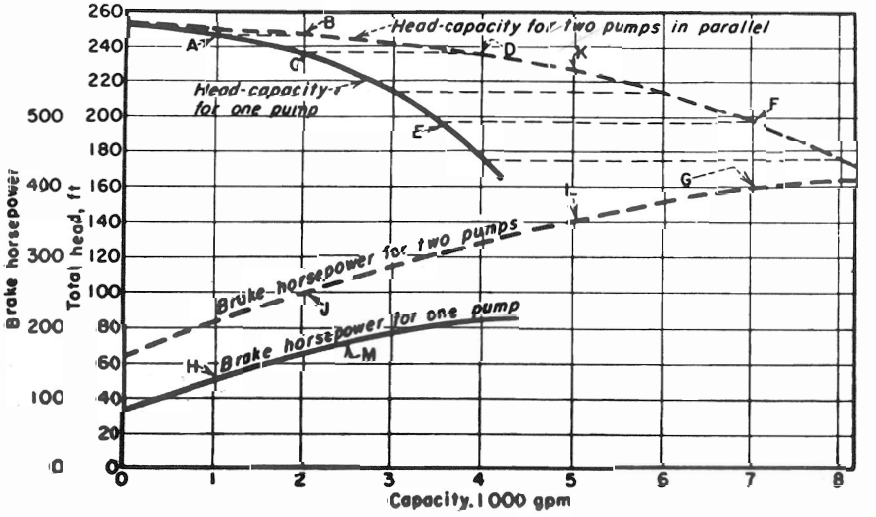
شکل ۳: منحنی مشخصهٔ سیستم و پمپ که نشاندهنده آبدهی در ارتفاع مختلف است.

برای تهیه آبدهی (Q) شیر تروتله بایستی طوری تنظیم شود که منحنی مشخصه سیستم CF گردد. این منحنی مشخصه پمپ (HQ) را در K قطع می‌کند و ارتفاعی که پمپ می‌دهد فاصله عمودی H است. ارتفاع واقعی موردنیاز با آبدهی Q در منحنی مشخصه سیستم CD با H_1 داده شده است و ارتفاع $h=H-H_1$ بوسیله شیر قابل تنظیم است. کسری از قدرت ورودی جهت غلبه بر ارتفاع h بکار می‌رود.

موقعیکه دو پمپ مشابه با منحنی مشخصه‌های مشابه (HQ) بطور موازی عمل کنند آبدهی لازم سیستم بطور مساوی بین آنها تقسیم می‌شود شکل شماره ۴ منحنی $(\frac{HQ}{2})$ را که برای هر دو پمپ مشابه است نشان می‌دهد. برای کشیدن منحنی (HQ) برای دو پمپ که بطور موازی عمل می‌کنند تنها لازم است در ارتفاع‌های مختلف آبدهی‌ها را جمع بزنیم. برای مثال نقطه A با 1000 gpm و ارتفاع 244 ft به طرف راست یعنی نقطه B با 2000 gpm و همان ارتفاع کشیده می‌شود. همچنین نقطه C با 2000 gpm به نقطه D با 4000 gpm می‌رسد و ...

با پیدا کردن نقاط دیگر و وصل کردن آنها، منحنی مشخصه (HQ) برای دو پمپ موازی بدست می‌آید با دوبرابر کردن آبدهی و قدرت هر پمپ نقاطی بدست می‌آیند که با وصل کردن آنها منحنی مشخصه قدرت برای دو پمپ بدست می‌آید. برای مثال همانطوریکه در شکل شماره ۴ مشاهده می‌شود با دوبرابر کردن مشخصات نقطه H یعنی با افزایش آبدهی به 2000 gpm و قدرت به 250 hp نقطه J بدست می‌آید. با تکرار برای نقاط دیگر و وصل کردن آنها به همدیگر منحنی مشخصه قدرت برای دو پمپ بدست می‌آید.

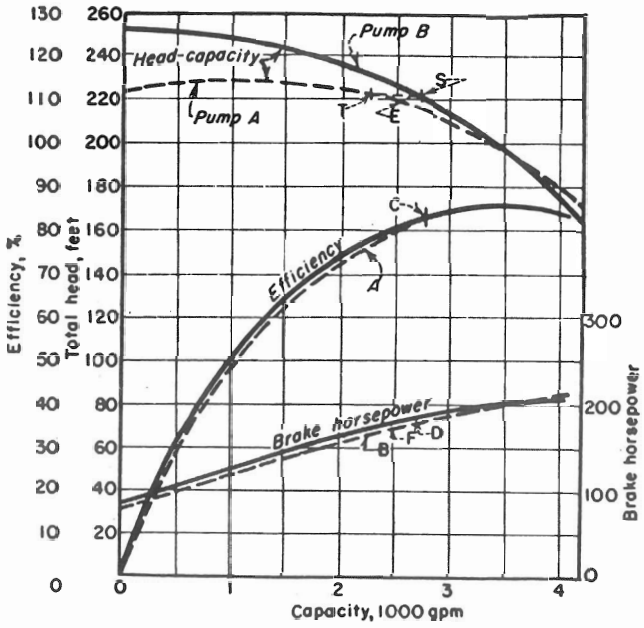
اگر این دو پمپ در یک سیستم تروتله عمل بکنند و آبدهی سیستم کاهش یابد آنها نیز آبدهی کمتری را تأمین می‌کنند و در نتیجه ارتفاع زیاد شده و عمل تروتلینگ افزایش می‌یابد. برای مثال اگر آبدهی به 5000 gpm کاهش یابد ارتفاع به 227 افزایش می‌یابد که با نقطه K در شکل ۴ مشخص گردیده و قدرت موردنیاز 356 hp است. هر پمپ آبدهی 2500 gpm را پمپاژ کرده و قدرت هرکدام 178 hp است.



شکل ۴: منحنی مشخصه (HQ) و قدرت برای دو پمپ مشابه

منحنی (HQ) دوپمپ موازی غیرمشابه :

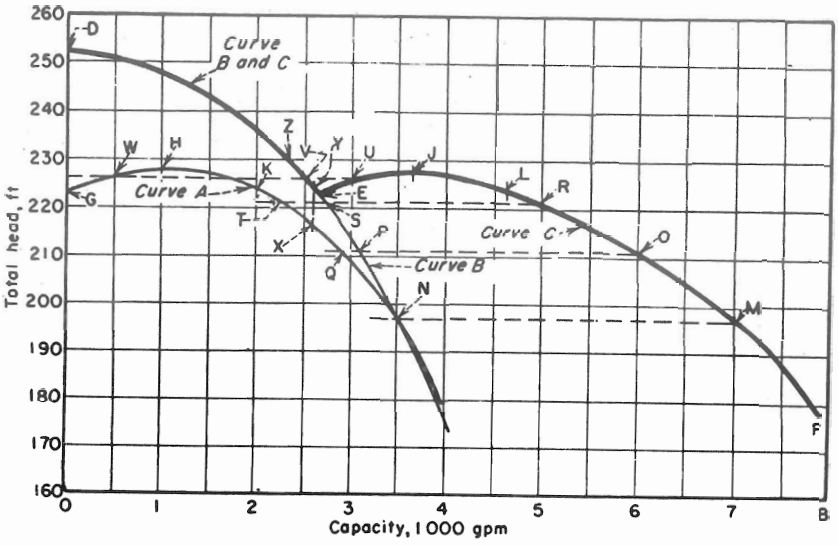
درشکل شماره ۵ و ۶ منحنی (HQ) دوپمپ غیرمشابه A و B را ملاحظه می‌نمائیم که درنقطه N دارای آبدهی3500gpm وارتفاع197ft هستند .منحنی (HQ) ترکیبی دوپمپ عبارتست ازمنحنی است که در روی منحنیB مقادیر D تا E را دربرداشته وبا اضافه‌شدن منحنی A،تا نقطه F ادامه می‌یابد .نقطهG در روی منحنی دارای آبدهی صفراست درحالیکه درروی منحنیB نقطه E را با2650 gpm داریم وارتفاع برای هردونقطه 223ft است وآبدهی ترکیبی برای دوپمپ دراین ارتفاع2550gpm است .نقطهٔ H درروی منحنیA با دبی 1000 gpm وارتفاع 228ft قرارگرفته ونقطه‌بدست آمده ازروی منحنی C در همان ارتفاع ازجمع‌دومقدار بدست می‌آید : 2450+1000 = 3450



شکل ۵: منحنی مشخصه‌دوپمپ غیرمشابه‌که‌بطور رضایت بخشی درحالت موازی کارمی‌کنند

با تکرار این کارها یک سری ازنقاط بدست می‌آیندوبا وصل کردن آنها به‌همدیگرمنحنی‌ترکیبی C بدست می‌آید .حال فرض می‌کنیم‌که‌این پمپها دریک سیستم‌توزیع ،خواه‌صنعتی ویا شهری کارمی‌کنندو درارتفاع197ft آبدهی7000 gpm را تأمین می‌نمایند . (نقطه M)ودراین حال هردوپمپ آبدهی‌یکسانی را پمپاژ می‌کنند (نقطهٔ N) . اگرآبدهی سیستم‌به‌مقدار 6000gpm تنزل یابد (نقطه O) ارتفاع‌کل برای دوپمپ 211 می‌باشدودرچنین حالتی فشار به‌اندازه6.06psi ویا 16 ft=197-211 متفاوت خواهدبودکه با نصب سیستمهای کنترل درخروجی پمپ جهت تنظیم‌سرعت قابل قبول است .بطورکلی برای یافتن آبدهی دوپمپ لازم است پس ازمشخص شدن نقطه‌کارکرددرروی منحنیC خط افقی به‌سمت چپ کشیده‌تا دومنحنی A و B را قطع‌کند .حال اگربا تروتلهٔ‌خروجی سیستم‌ارتفاع به‌230ft افزایش یابدخروجی پمپ

به2350 gpm کاهش می‌یابد (نقطهٔ Z) و پمپ A به‌خاطر داشتن حداکثر ارتفاع 227ft خروجی نخواهد داشت (نقطه H) و این شرایط خطرناکی است.



شکل ۶: منحنی ترکیبی دو پمپ غیر مشابه

تقسیم آبدهی:

فرض کنید پمپ A تنها کار کرده و در نقطه x آبدهی 2600 gpm و ارتفاع 216ft را می‌دهد و در این حال پمپ B که منحنی (HQ) با لاتری نسبت به A دارد شروع بکار می‌کند حال اگر آبدهی ثابت 2600gpm را داشته باشیم ارتفاع به 224ft افزایش می‌یابد ولی اگر پمپ B، 2600gpm را به‌تنهایی بدهد و پمپ A شروع بکار کند. پمپ A هیچ آبی به‌سیستم نخواهد داد.

با زفرض می‌کنیم که این دو پمپ در یک سیستم صنعتی کار می‌کنند که در آن تغییرات آبدهی به آرامی صورت می‌گیرد. حال اگر با رپایین تر از 3500gpm بیافتد تحت شرایط مناسبی یکی از واحدها از خط خارج شده و دیگری بطور اطمینان بخشی کار خواهد کرد.

در آبدهی ترکیبی 5000 gpm، پمپ A، 2270gpm را در ارتفاع 221ft می‌دهد نقطه T (شکل ۵ و ۶) و راندمان ۷۶/۸٪ است (نقطه A) و قدرت ورودی 165 hp (نقطهٔ B). پمپ B، 2730gpm را می‌دهد (نقطهٔ S)، درصورتیکه راندمان ۸۲/۳٪ است (نقطهٔ C)، قدرت ورودی 185hp است (نقطهٔ O). پس قدرت کل ورودی برای دو پمپ 165+185=350hp است.

اگر برای تأمین آبدهی 5000 gpm از دو پمپ مشابه مثل A استفاده می‌شد هرکدام 2500gpm را تامین می‌کردند نقطه E (شکل ۵) و قدرت مصرفی هرکدام 173hp و برای دو پمپ 346hp بود. درصورتیکه با انتخاب دو پمپ مشابه مثل B، قدرت هرکدام 178hp (نقطه F) و برای دو پمپ 356hp است. پس می‌توان نتیجه گرفت که در یک حالت، با دو پمپ مشابه، قدرت ورودی کمتر از دو پمپ غیر مشابه است، درصورتی

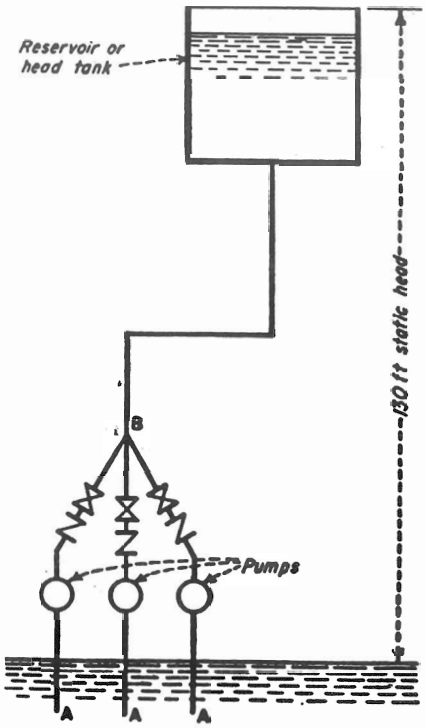
که برای دیگری مثل B این مقدار بیشتر است .وهمچنین میتوان فهمید که با دو پمپ مشابه که آبدهی بطور مساوی بین آنها تقسیم میشود قدرت ورودی کاهش نمییابد .

سیستمهای غیرتروتله :

درچنین سیستمهایی،پمپ هائی با منحنی مشخصه های یکسان وغیریکسان بدون اینکه مشکلی را بوجود آورند بطور موازی کار میکنند .در این حال،ارتفاع سیستم در آبدهی های مختلف که از ترکیب پمپ ها حاصل شده ،از ارتفاع آبدهی صفر پمپها با لانخواهد رفت .

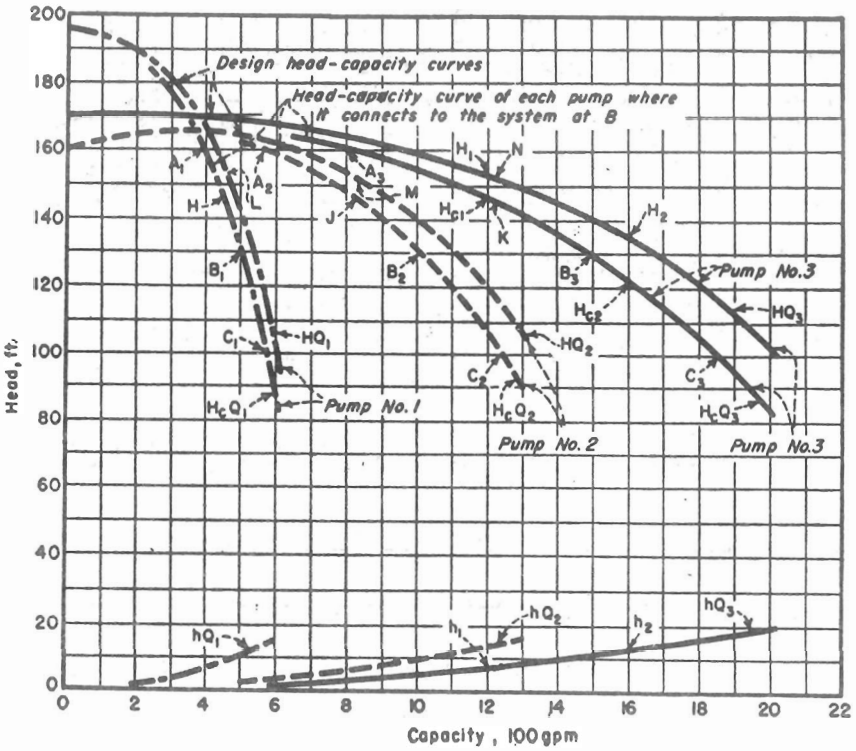
سه پمپ موازی :

برای مثال سه پمپ با منحنی مشخصه های HQ_1, HQ_2, HQ_3 که در یک سیستم مثل شکل ۷ عمل میکنند درنظر میگیریم .سیستم لوله گذاری وشیرها برای هر پمپ جداگانه است تا به نقطه B برسند .همچنین افتهای ارتفاع از A تا B به خاطر متفاوت بودن پمپ ها یکسان نمیباشند .وقتیکه دو ویا سه پمپ بطور موازی عمل کنند آبدهی آنها با تغییر ارتفاع فرق خواهد کرد و موقعیکه منحنی ترکیبی آنها را بدست میآوریم لازم است منحنیهای با افت ارتفاع کسر شده هر پمپ را از A تا B درنظر بگیریم .همچنین منحنی مشخصهٔ ترکیبی پمپها با منحنی مشخصهٔ سیستم ،شامل افتهای اصطکاکی از B تا منبع درنظر گرفته میشود .



شکل ۷: سه پمپ موازی در سیستم غیرتروتله با منبع

درقسمت زیرین شکل ۸، افتهای ارتفاع حاصل از اصطکاک برای هرپمپ از نقطه A تا B نشان داده شده است . این منحنیها با hQ_1, hQ_2 و hQ_3 نامگذاری شده اند منحنی مشخصه حقیقی هرپمپ ازکسر hQ از HQ ، درآبدهی های مختلف درمحدودهٔ A تا B بدست میآیند .



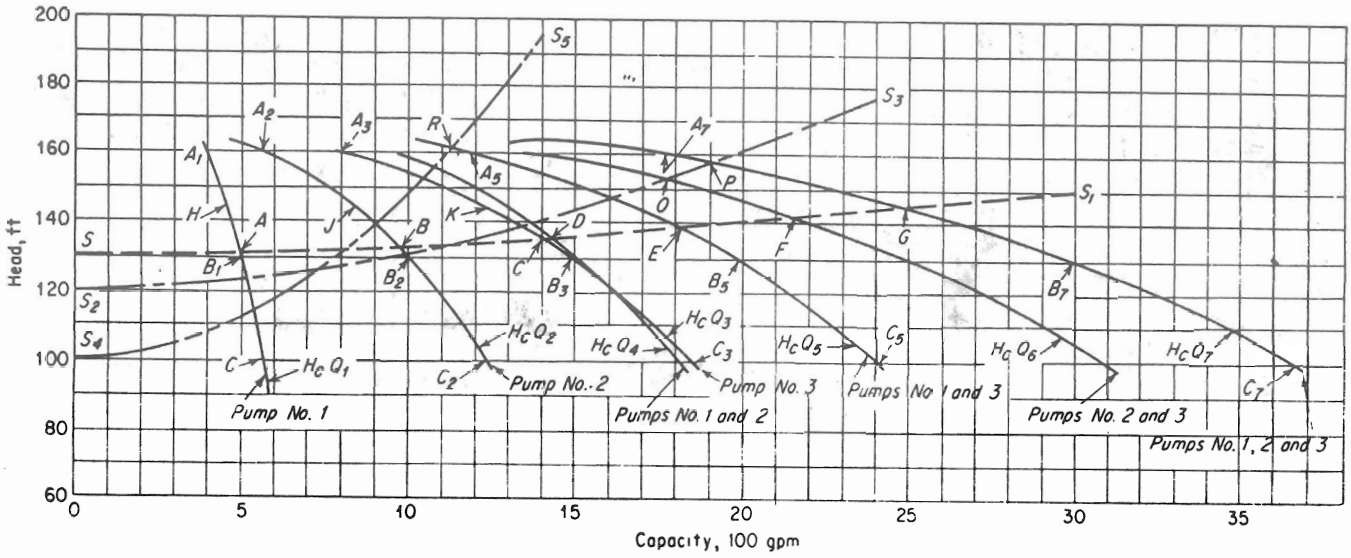
شکل ۸: منحنی مشخصه HQ وهمچنین منحنیهای افت اصطکاک
درشیرها ولوله‌ها برای سه پمپ غیرمشابه .

برای مثال، پمپ شماره ۳ درآبدهی 1200 gpm ارتفاع 153 ft را نشان میدهد (نقطه H_1) که از ورودی تا خروجی اندازه‌گیری شده است . افت حاصل از اصطکاک درروی منحنی hQ_3 در 12000 gpm, 7ft است (نقطه h) . پس ارتفاع قابل دسترس برای غلبه برارتفاع سیستم مشترک برای سه پمپ 153-7=146 ft است (نقطه H_4) با بدست آوردن نقاط دیگرووصل کردن آنها منحنی H_cQ_3 بدست میآید ، که این روش برای بدست آوردن منحنیهای H_cQ_2 و H_cQ_1 بکار میرود .

منحنی مشخصه سیستم :

درشکل ۹ منحنی مشخصه سیستم یعنی SS_1 با درنظرگرفتن افتها از A تا B نشان داده شده است . چنانچه میبینیم درآبدهی صفر ارتفاع استاتیکی 130 ft بوده که با افزایش آبدهی، افتهای اصطکاکی از B تا منبع نیز منظور شده است . همچنین دراین شکل منحنیهای H_cQ برای سه پمپ و منحنی ترکیبی آنها نشان داده شده است . جهت بدست آوردن منحنی ترکیبی لازم است که درارتفاعهای مشابه آبدهیها را

با هم جمع بزنیم و از بهم پیوستن نقاط منحنی مزبور بدست می‌آید .



شکل ۹: منحنی مشخصهٔ اصلاح شده برای هریک از پمپ ها و ترکیب آنها

برای مثال پمپ شماره ۱، 387gpm را در ارتفاع 160ft و 467gpm را در 130ft و 572gpm را در 100ft که با نقاط A_1 و B_1 و C_1 مشخص شده می‌دهد. همچنین پمپ شماره ۲ بترتیب در همان ارتفاع‌ها یعنی در 160ft آبدهی 565 gpm و در 130ft آبدهی 1000gpm و در 100 ft آبدهی 1230 gpm را می‌دهد که با نقاط A_2 و B_2 و C_2 مشخص گردیده‌اند و برای پمپ شماره ۳ نقاط A_3 و B_3 و C_3 را داریم که با جمع زدن آبدهی‌ها در ارتفاع‌های مشابه نقاطی را خواهیم داشت که از بهم پیوستن آنها منحنی ترکیبی سه پمپ موازی بدست می‌آید .

نقاط تلاقی منحنی مشخصه سیستم SS_1 و هریک از منحنی‌های H_cQ بیانگر ارتفاع و آبدهی هرکدام از پمپ ها و ترکیب آنها ست . مثلا" پمپ شماره ۱ قادر به تامین 495 gpm و ارتفاع 131ft است (نقطه A) و همچنین ترکیب سه پمپ ۱ و ۲ و ۳ در ارتفاع 145 ft آبدهی 2500 gpm را می‌دهند (نقطه G) .

انتخاب پمپ :

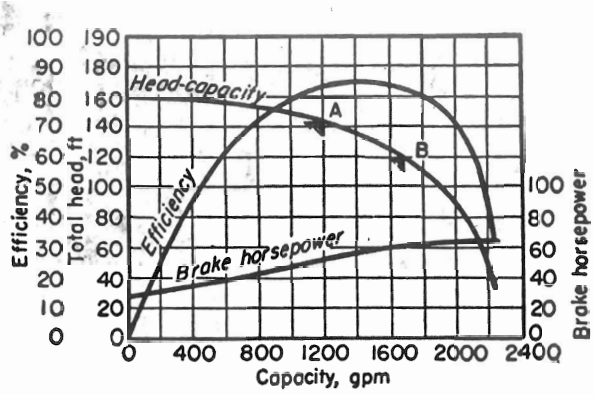
معمولا" تعداد پمپ در یک سیستم غیرتروتله با توجه به ماکزیمم آبدهی و ارتفاع کلی انتخاب می‌شوند . مثلا" در شکل شماره ۹ برای تأمین آبدهی 3000 gpm و ارتفاع 150 ft با یستی افت اصطکاکی از A تا B برابر 10 ft نیز در نظر گرفته شود پس پمپها برای ارتفاع کلی 160 ft انتخاب می‌شوند ، هم چنین در انتخاب پمپ باید موارد زیر مورد نظر باشد :

۱ـ قدرت محرک ، با در نظرگرفتن ماکزیمم ارتفاع کار پمپ ها انتخاب شود .

۲ـ با در نظرگرفتن کاهش آبدهی و ارتفاع در کار سیستم ، پمپ با راندمان ماکزیمم در ارتفاع متوسط

کار انتخاب شود. برای مثال اگر محدودهٔ عملکرد پمپ ها در سیستمی از 120 تا 143 ft باشد و بخواهیم پمپ دیگری را در سیستم قرار بدهیم ارتفاع متوسط 135ft مناسب است (شکل ۱۰).

۳۰- در پمپ گریز از مرکز با کاهش ارتفاع کلی، آبدهی پمپ افزایش یافته و در نتیجه ارتفاع خالص مکش (npsh) کمتر می‌شود و این به خاطر افزایش اصطکاک در خط مکش است. پس با افزایش آبدهی، پمپ (npsh) بیشتری را نیاز دارد.



شکل ۱۰: انتخاب مناسب پمپ با راندمان خوب در متوسط ارتفاع ماکزیمم و مینیمم.

آبدهی مناسب پمپ:

دو فاکتور دیگر، یعنی قدرت ورودی و گرم شدن پمپ، جائیکه آبدهی تغییر می‌کند باید در نظر گرفته شود. با افزایش بیش از اندازهٔ جریان بار محرک پمپ زیاد شده و باعث سوختن آن می‌شود. با کاهش آبدهی، درجه حرارت مایع مورد پمپاژ افزایش یافته و تبخیر آنی رخ می‌دهد و پمپ از کار می‌افتد، پس یک مینیمم جریان مطلوب وجود دارد.

توان حقیقی (bhp) لازم برای راندن یک پمپ سانتریفوژ توسط موتور محرک به کوپلینگ اعمال می‌گردد و توان مفید (whp) قدرت مربوط به آب است. راندمان پمپ عبارتست از $\frac{whp}{bhp}$.

bhp شامل تمامی افتهای مکانیکی و هیدرولیکی است. افتهای مکانیکی عبارتند از افتهای مربوط به یاتاقانها، اصطکاک پروانه و محفظه است. افتهای هیدرولیکی در پروانه و محفظه که شامل نشتی‌ها ست رخ می‌دهد. افت حاصل از نشت، مربوط به ریتگهای سایشی، بوشها و قسمتهای بالانس است. حرارت تولیدی از اصطکاک پروانه و هیدرولیکی باعث افزایش درجه حرارت مایع ضمن عبور از پمپ می‌شود. ووقتی که افزایش درجه حرارت مورد نظر باشد افتهای مربوط به یاتاقان و بوشها که در حدود ۱ الی ۲ درصد افت کلی است قابل صرف نظر کردن است. ضمناً "قدرت حرارتی از تفاضل دو مقدار bhp و whp بدست می‌آید.

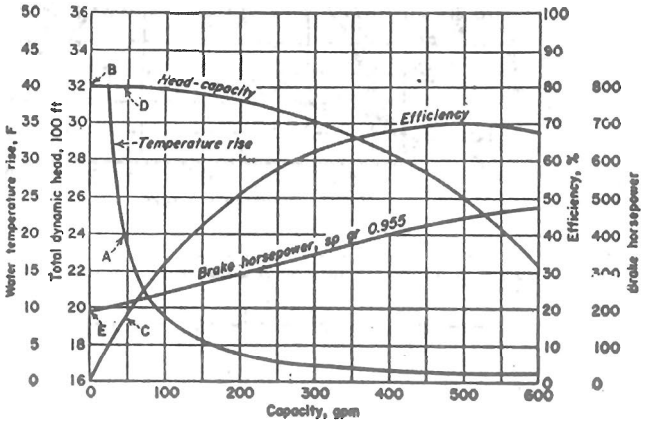
فرمول افزایش درجه‌حرارت :

شکل شماره ۱۱ مشخصات یک پمپ سانتریفوژ را نشان میدهد . ارتفاع ،راندمان، bhp و افزایش درجه‌حرارت نسبت به‌آبدهی برحسب gpm رسم‌شده‌است . افزایش درجه‌حرارت از فرمول زیر بدست می‌آید :

$$t = \frac{(1-E)H}{778E}$$

t افزایش درجه‌حرارت F° ، E راندمان بصورت اعشاری و H ارتفاع دینامیک کل برحسب ft

مینیمم‌جریان سالم‌ازمیان یک پمپ سانتریفوژ مربوط به‌شرایط مکش است ،بخصوص درآب‌تغذیه بویلر .آنجا ارتفاع‌مکش مثبت خالص بیانگر مینیمم‌جریان مطلوب است .زیرا افزایش درجه‌حرارت، قبل ازتبخیرآنی ثابت می‌گرددواین افزایش درجه‌حرارت مجاز است .



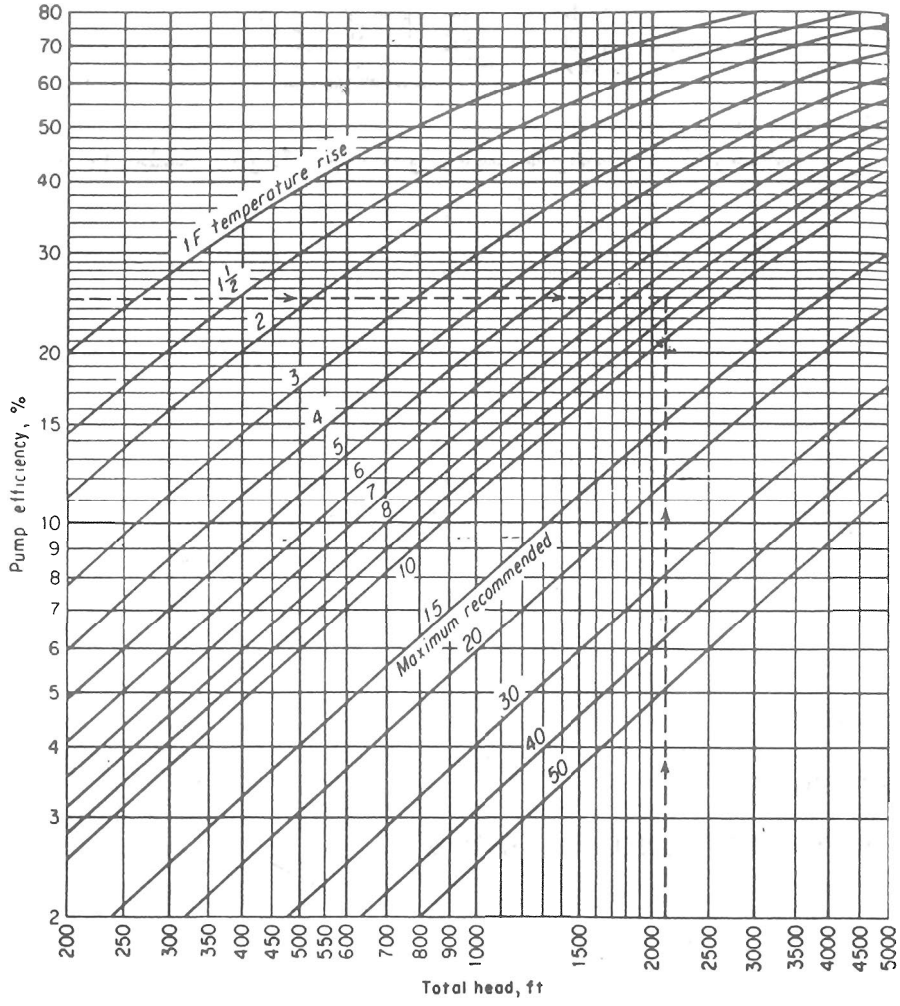
شکل ۱۱: منحنی مشخصات پمپ گریز از مرکز

مینیمم‌جریان مطلوب :

پمپ با منحنی مشخصه‌شکل ۱۱ را درنظرگرفته‌که‌آب $220F^\circ$ را در npsh=18.8 ft پمپاژ می‌کند .در $220\,F^\circ$ فشار بخار 17.1 9Psia وچگالی نسبی مایع 0.955 است ومقدار npsh برحسب psi عبارتست از 18.8×0.433×0.955 = 7.78psia پس فشار بخاری که ممکن است آب قبل ازتبخیرآنی به‌آن برسد 17.19+7.78 = 24.97psi .واین فشار مربوط به $240F^\circ$ است ودرنتیجه افزایش درجه‌حرارت مجاز $240-220= 20F^\circ$ است .افزایش $20F^\circ$ درروی منحنی شکل ۱۱ مربوط به‌آبدهی 47gpm است (نقطه A) واین همان مینیمم‌جریان مطلوب است با شرایط $T = 220\ F^\circ$ و npsh=18.8 ft راه‌های مختلفی برای پیداکردن مینیمم‌جریان مطلوب وجوددارد‌که‌ازآنجمله‌استفاده‌ازفرمول $N = \frac{100h}{778t+h}$ است که‌درآن N درصدراندمان پمپ درمینیمم‌جریان مطلوب و h ارتفاع‌آبدهی صفربرحسب ft و t افزایش درجه حرارت مجاز F°

فرض کنیدکه‌پمپ با منحنی مشخصه‌شکل ۱۱ ،آب $220F^\circ$ را با npsh = 18.8ft پمپاژکند .افزایش درجه‌حرارت مجاز $20\ F^\circ$ و ارتفاع‌آبدهی صفر 3200 ft (نقطهٔ B) . پس راندمان مینیمم‌جریان مطلوب

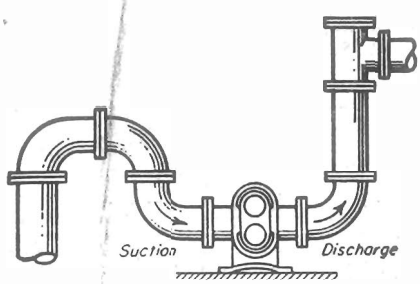
$N = \frac{100 \times 3200}{(778 \times 20) + 3200} = 17\%$ در این راندمان آبدهی 47gpm است (نقطهٔ C). و این همان چیزی است که با رسم منحنی افزایش درجه‌حرارت بدست می‌آید. ارتفاع کل در 47 gpm، 3195 ft (نقطهٔ D) و افزایش درجه حرارت در این شرایط $t = \frac{(1-0.17)\ 3195}{778 \times 0.17} = 19.99F^{\circ}$ و این اختلاف بخاطر این است که ارتفاع درمینیمم جریان مطلوب کمتر از ارتفاع آبدهی صفر پمپ است.



شکل ۱۲: افزایش درجه‌حرارت در پمپ گریز از مرکز

سایر نوع پمپ ها:

بطور کلی، پمپ های دوار و رفت و برگشتی شرط جریان مینیمم را ندارند. با وجود این، بهتر است که این پمپ ها در آبدهی نرمال و در راندمان ما گزیمم انتخاب شوند و از آنجائیکه پمپ های دوار ممکن است خشک راه اندازی شوند یک حلقه U شکل و یا شیر یکطرفه در خط مکش نصب می‌شود. قسمتهای متحرک با سیال پوشیده می‌شود و این از تماس فلز به فلز جلوگیری می‌کند. پمپهای رفت و برگشتی بطور خشک راه اندازی نمی‌شوند.



شکل ۱۳: حلقه U در مکش پمپ دوار جهت جلوگیری از زکا رخشک

منابع:

PUMP

APPLICATION

ENGINEERING

TYLER G.HICKS AND THEODORE W.EDWARDS

مفاهیم تلرانس وانطباقات درصنعت

(LIMITS FITS AND TOLERANCES)

مهندس میربیوک احقاقی

شرکت صنایع پمپ سازی ایران

مقدمه :

هدف یک طراح درساختن وطرح یک ماشین،قراردادن چندقطعه درکنارهم است تا کل مجموعه ، منظورطراح راجهت دنبال کردن هدف خاصی برآوردکند .شکل واندازه های اجزای متشکلهٔ این ماشین نقش اساسی درتوفیق طراح میتوانندداشته باشد .این اندازه معمولا"بوسیله محاسبه ویا دراثرتجربه تعیین میشودوآگاهی ازنقش قطعه درمکانیزم موردنظروتعیین نیروهای واردهٔ درضمن عملکرد و محاسبه تنش های واردهٔ واعمال یک ضریب اطمینان معقول وشرایط کارکردازجملهٔ عواملی هستندکه درتعیین اندازهٔ وابعادقطعه مونرند .اندازه ای که با توجه به مواردفوق بدست میآید ،همان اندازهٔ دقیق قطعه میباشد .درصنعت حصول به اندازهٔ دقیق با توجه به سختی قطعه واستهلاک ماشین ابزار و خطاهای اندازه گیری وغیره ،امکان پذیرنیست .

همه قطعات وسطوح یک مجموعه احتیاج به یک دقت فوق العاده دراندازه نداشته وبرحسب نوع کاری که هرسطح ازیک قطعه انجام میدهددرجه دقت آن نیزفرق میکند .درهمین رابطه مفهوم تلرانس مطرح میشود .برای اطمینان ازطرزکارکردوخوب سوارشدن قطعات قابل تعویض یک ماشین ،طراح معمولا" انحرافهای مجاز ازاندازهٔ اسمی هرقطعه را برروی نقشهٔ مربوط به آن قیدمینماید .این انحرافات را تلرانس گویند .اختلاف بین ماگزیمم ومینیمم یک کمیت بیانگر مفهوم تلرانس میباشد .(Tolerance)

برای ساختن هرقطعه درصنعت سه اندازه باید درنظرگرفته شود :

۱ـ اندازه اسمی Basic Size or nominal Size :یعنی اندازه ای که برروی نقشه نوشته میشود .

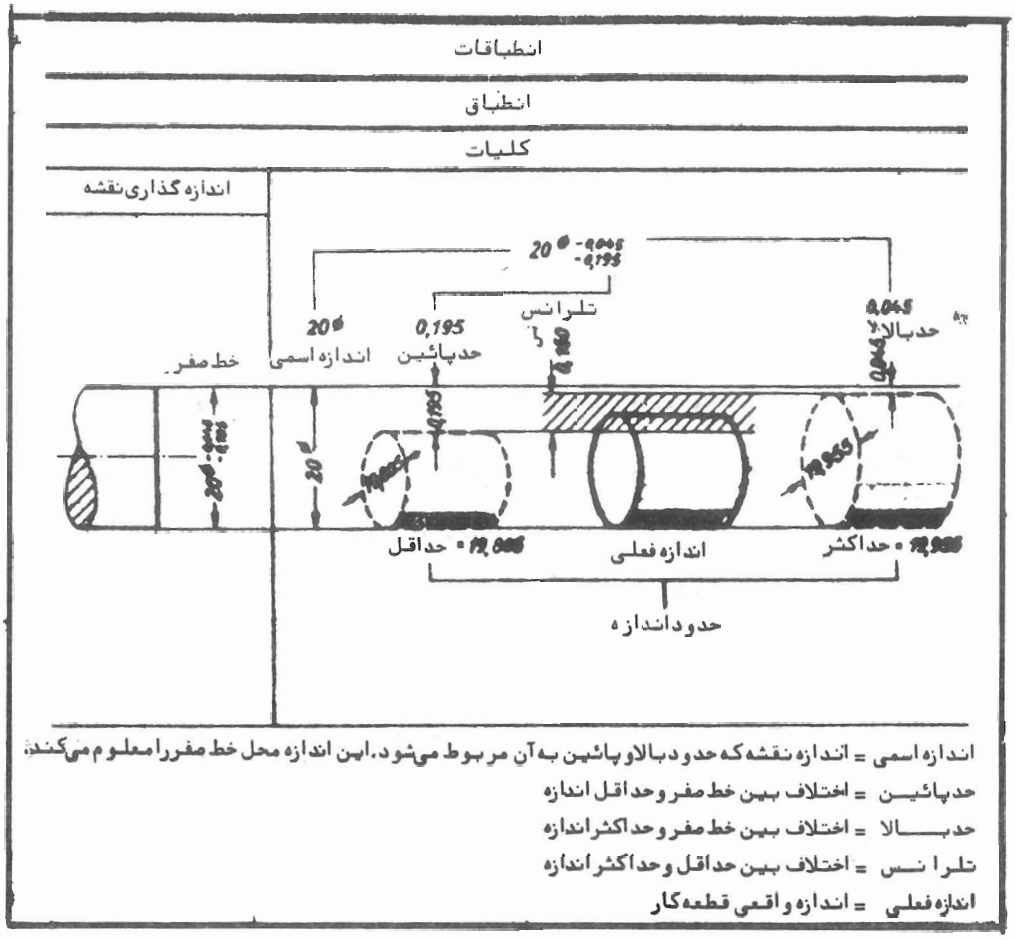
۲ـ اندازه ماگزیمم Upper Limit :یا بزرگترین اندازه قطعه یعنی اندازه ای که درموقع ساختن نبایستی ازآن تجاوزنمود .

۳ـ اندازه مینیمم Lower Limit :یعنی اندازه ای که منظورازآن کمترین اندازه قابل قبول قطعه

می‌باشد.

مقدار تلرانس برابر است با تفاوت کوچکترین اندازه قابل قبول هر قطعه از بزرگترین اندازه قابل قبول آن.

فرض می‌کنیم اندازه قطعه‌ای بصورت $30^{+0.5}_{+0.1}$ می‌باشد. عدد 30 بعنوان اندازه اسمی قطعه و مقدار 30.5 بعنوان ماگزیمم اندازه و مقدار 30.1 بعنوان کوچکترین اندازه قابل قبول و عدد 0.5 بعنوان انحراف فوقانی (Upper deviation) و عدد 0.1 بعنوان انحراف تحتانی Fundamental deviation و مقدار 0.4 = 0.1-0.5 بعنوان میدان تلرانس و خط صفر همان مبداء انحراف اندازه‌ها می‌باشد. مفاهیم مشروحه در بالا در شکل (۱) بوضوح مشخص شده است.



شکل ۱: نمایش اندازه‌های مختلف قطعه برای یک محور که تلرانس و حدپائین و حدبالا و اندازه اسمی آن مشخص شده است.

دقت تا آنجا لازم است که طراح آنرا معین کرده است و اگر میدان تلرانس زیاد باشد هزینه و زمان ساخت پائین است. ولی از نظر مرغوبیت زیاد عالی نیست و برعکس قطعه‌ای که تلرانس آن کم است

ساخت آن مشکل ولی از نظر مرغوبیت عالی است .

انطباق FIT برحسب نوع درگیری قطعات در یک ماشین یا یک سیستم انطباق را به سه نوع :

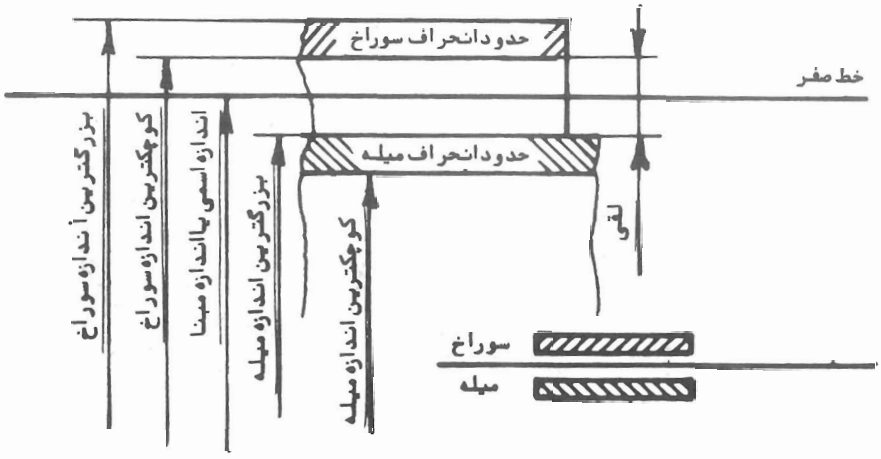
۱ـ انطباق آزاد Clearnace fit

۲ـ انطباق فی‌مابین Transition fit

۳ـ انطباق پرسی (محکم) Interference fit

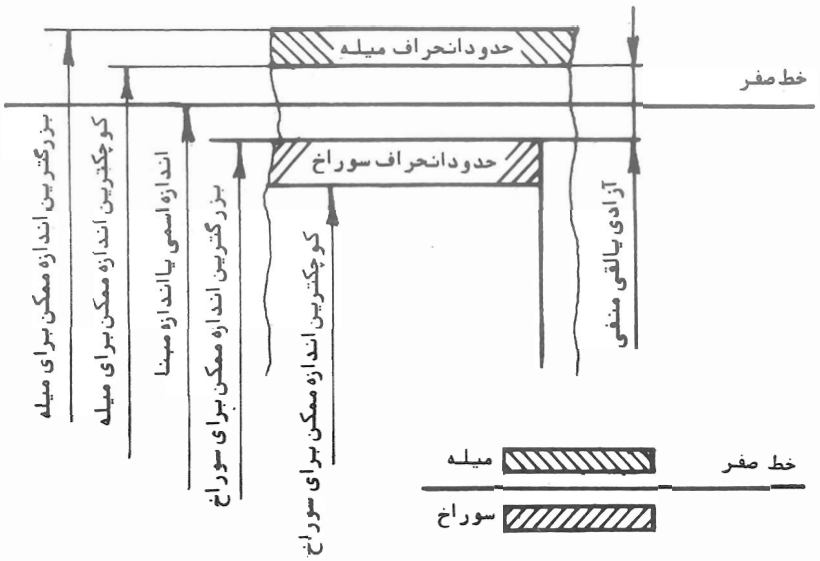
تقسیم می‌کنند .در انطباق آزاد قطعات می‌توانند نسبت بهم‌جا بجا شوند .مثلا" جهت بدست آوردن انطباق آزاد برای میله‌ای که با یستی درداخل یک سوراخ قرار گیرد کافی است قطر میله از سوراخ کمتر انتخاب شود .تفاضل اندازه‌های دو قطعه را آزادی وحداکثر مقدار آنرا که عبارت از اختلاف مابین بزرگترین قطر سوراخ وکوچکترین قطر میله می‌باشد ،لقی می‌نامند .

انطباقهای آزاد متعددی برحسب مقدار لقی وخصوصیات حالات ساخت قطعات وجوددارد که نوع هر یک با سرعت دورانی میله (RPm) ،میزان روغن زنی،درجه گرم کردن طول سطوح درتماس آن ارتباط دارد .



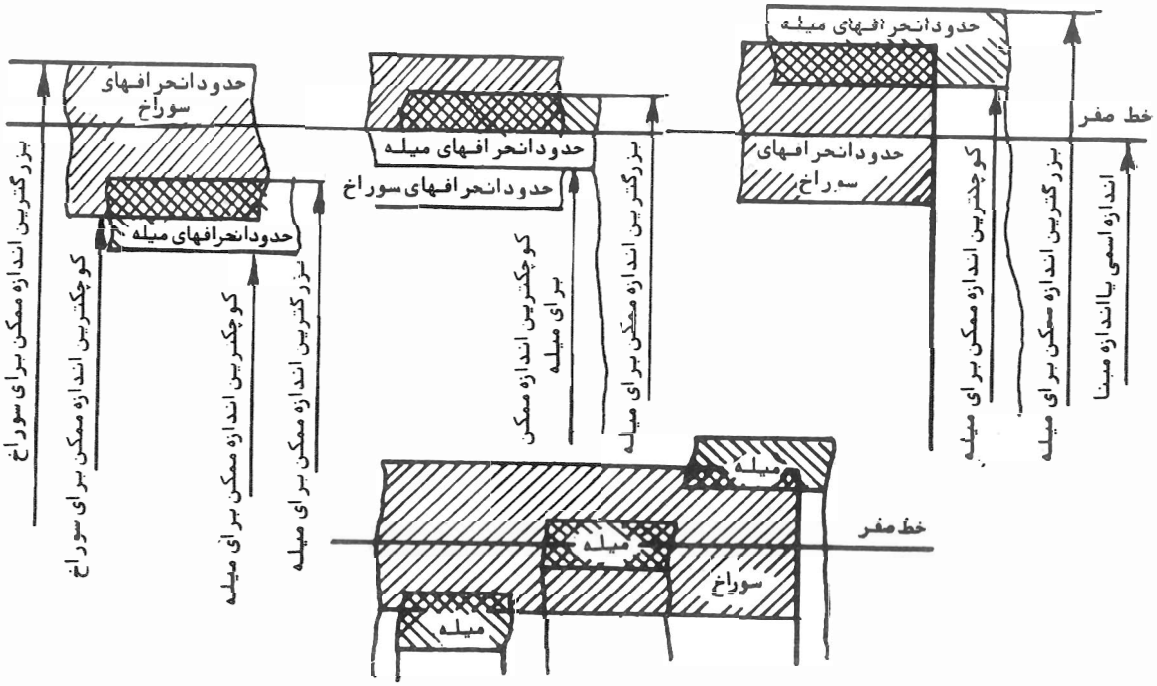
شکل ۲: حدود اندازه‌های میله وسوراخ در انطباق آزاد Running fit در این شکل کاملا" مشخص شده است .

در انطباق محکم‌پرسی (Interference fit) دو قطعه نمی‌توانند به‌سادگی درگیر شوند ،زیرا قطر میله محور یا تا قان کمی بزرگتر از قطر سوراخ مربوطه بوده واز این جهت میله را با یستی به‌کمک نیروی قابل ملاحظه‌ای در سوراخ فرو برد.مثلا" با دستگاه پرس هردو را می‌توان تحت فشار قرارداد،قطعه سوراخدار را حرارت داد تا بر قطر آن افزود ویا اینکه میله را سرد کنیم تا قطر آن تقلیل یابد .درشکل ۳ حدود اندازه‌های میله وسوراخ در انطباق پرسی (محکم) بطور روشن مشخص شده است .



شکل ۳: نمایش حدود اندازه‌های میله و سوراخ در انطباق پرسی Interference fit

انطباق فیما بین یا Transition fit در این انطباق قسمتهایی از حدود میله و سوراخ با هم مشترک بوده و یا حتی گاهی حدود میله در محدوده انحراف سوراخ قرار می‌گیرد. در شکل ۴ حدود اندازه‌های میله و سوراخ در انطباق فیما بین مشخص شده است.

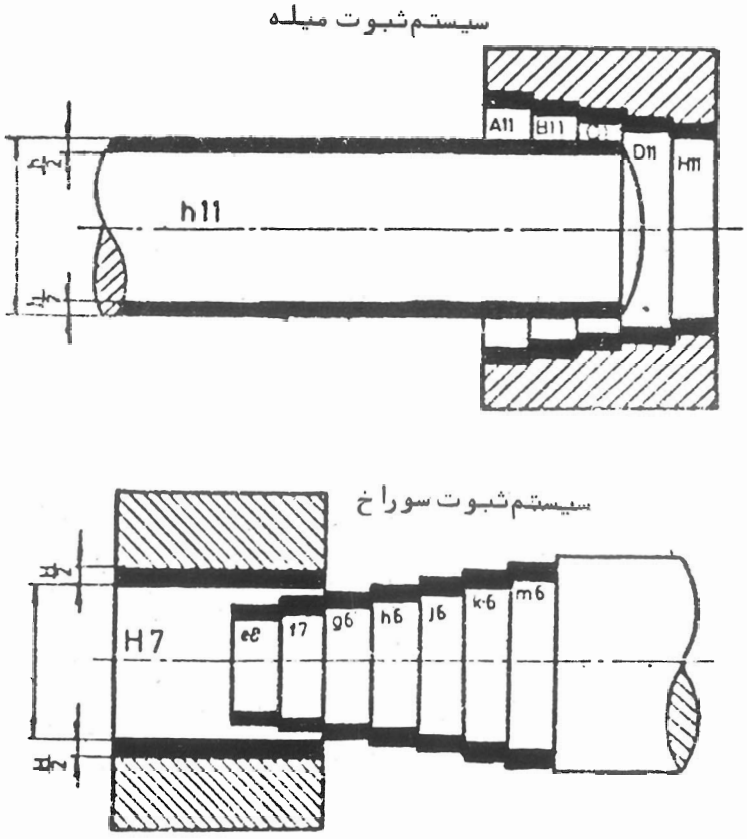


شکل ۴: حدود اندازه‌های میله و سوراخ در انطباق فیما بین Transition fit

تعیین اندازه‌های خارجی (میله) و اندازه‌های (سوراخ) در هریک از انطباق‌ها به دو روش (دستگاه) انجام می‌گیرد که معمولاً با در نظرگرفتن همه شرایط بویژه موجود بودن ابزارهای استاندارد در بازار، انتخاب آن صورت می‌گیرد.

۱ـ **دستگاه سوراخ مبنا** Hole basic : در این دستگاه قطر سوراخ را ثابت نگهداشته و قطر میله را طوری تغییر می‌دهند تا انواع انطباقات حاصل شود و انحراف تحتانی را صفر می‌گیرند.

۲ـ **دستگاه میله مبنا** Shaft basic: در این دستگاه قطر میله ثابت نگهداشته و قطر سوراخ را طوری تغییر می‌دهند که هر نوع انطباقی حاصل شود و انحراف فوقانی را صفر می‌گیرند. در شکل ۵ دو نوع دستگاه میله مبنا و سوراخ مبنا نمایش داده شده است.



شکل۵: نمایش دو نوع سیستم (دستگاه) میله مبنا و سوراخ مبنا

در سلسله انطباقات International organization of standardization هیجده کیفیت برای تلرانس در نظرگرفته شده است که مطابق جدول از 16→01 می‌باشد. هرچه مقدار تلرانس که آن با IT (ISO Tolerance) نمایش داده می‌شود کمتر باشد اندازه نسبی دقیق ترخواهد بود از IT 01 تا IT 5 فقط در ساختن دستگاه‌های بسیار دقیق اندازه‌گیری ثابت استفاده می‌شود و در بقیه موارد صنعت از

IT 6 تا IT 16 استفاده می‌کنند. در شکل ۶ مقادیر عددی تلرانس‌های استاندارد در دستگاه متریک بر حسب میکرون برای قطرهای مختلف نمایش داده شده است.

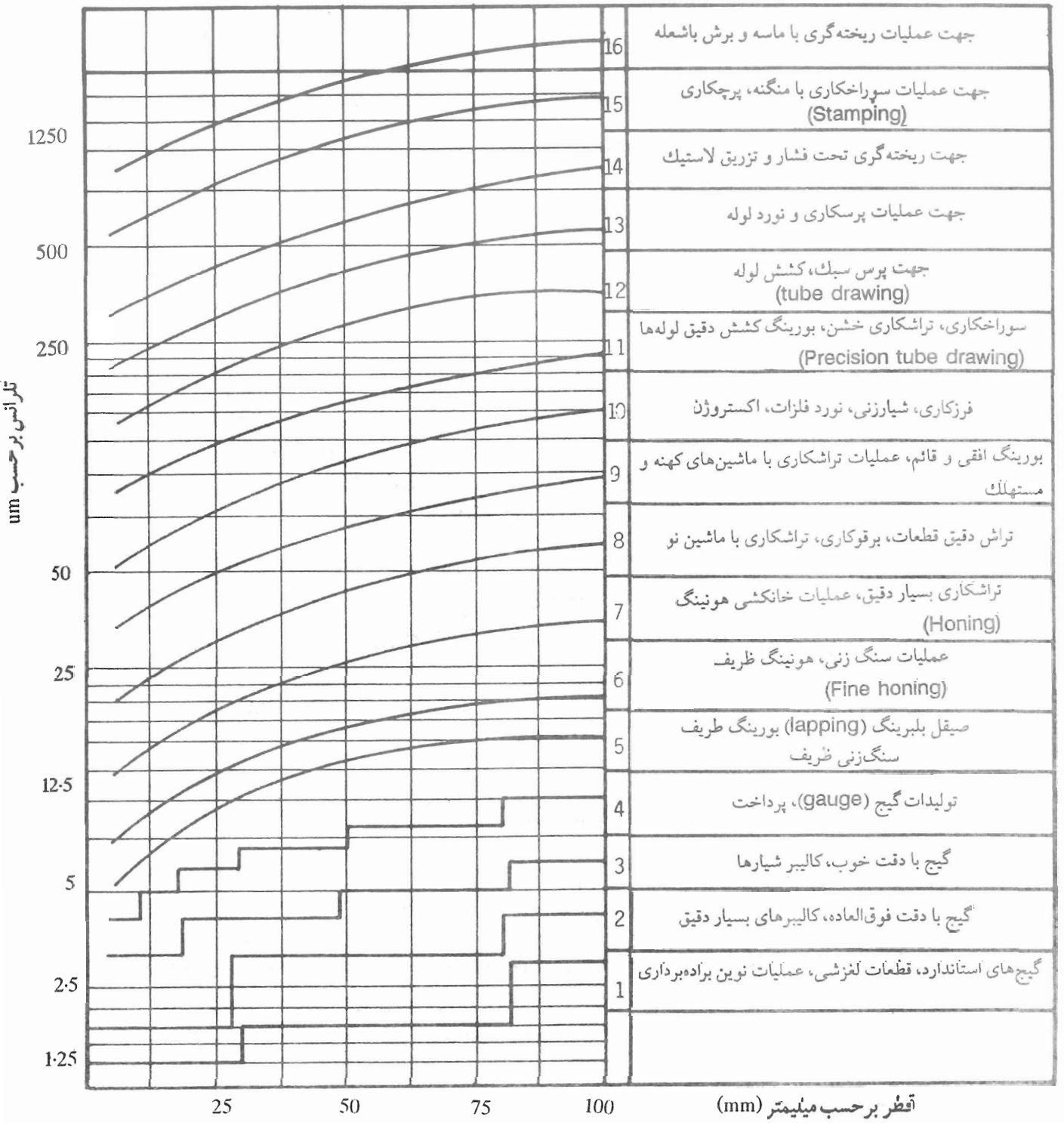
مقادیر عددی تولرانسهای استاندارد
۱ـ مقادیر متری

برای قطرهای مختلف برحسب میلی‌متر	IT گروه	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14*	15*	16*
تلرانسهای استاندارد برحسب میکرون (1µ=0/001 mm)	≤3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
	>3 to 6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
	>6 to 10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
	>10 to 18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
	>18 to 30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
	>30 to 50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
	>50 to 80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	45	74	120	190	300	460	740	1200	1900
	>80 to 120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
	>120 to 180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
	>180 to 250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	450	720	1150	1850	2900
	>250 to 315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
	>315 to 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	86	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
	>400 to 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

* برای کمتر از یک میلی‌متر گروههای ۱۴ تا ۱۶ مناسب نیستند.
مقادیر عددی که نسبت به دستگاه ISA قدیم اصلاح شده با خطوط ضخیم محدود دگر دیده‌اند.

شکل ۶: نمایش مقادیر عددی تلرانس‌های استاندارد برای هیچده کیفیت از IT 01 تا IT 16 برای قطرهای مختلف در سیستم (ISO)
مثلاً" برای قطر $6^{mm} < d < 10^{mm}$ درکیفیت IT=8 مقدار عددی تلرانس برابر ۲۲ میکرون انتخاب می‌شود.

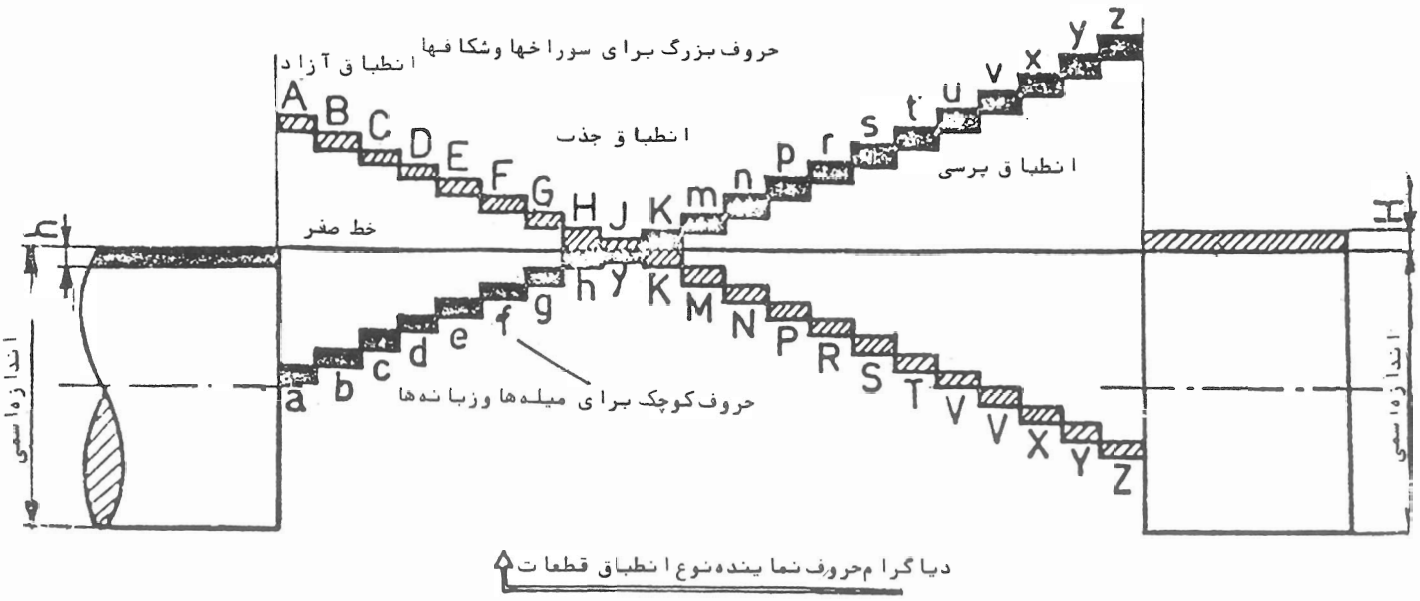
طبقه‌بندی IT 6 تا IT 16 مطابق یک تصاعد هندسی با قدرنسبت $g=\sqrt[5]{10}$ انجام گرفته و چون تقریبا" $\sqrt[5]{10}=1.6$ می‌باشد لذا میزان تلرانس هر کیفیت نسبت به کیفیت ماقبل 60% فزونی خواهد یافت. برای IT 5 تلرانس اصلی برابر 7i می‌باشد. برای IT 4 به پائین مقادیر تلرانس را بر طبق آزمایش تعیین نموده‌اند. در شکل ۷ برای روشهای مختلف تولیدی و مراحل ماشین کاری که در صنعت معمول است، کیفیت تلرانس و مقدار عددی تلرانس برای قطرهای مختلف برحسب میلی‌متر مشخص شده است



شکل ۷: تعیین تلرانس براساس قطربرای روشهای مختلف تولیدی درصنعت.

مثال برای استفاده ازشکل ۷ـ برای قطعه‌ای به‌قطر 25^{mm} جهت سنگ زنی جهت کیفیت تلرانس از IT 6 استفاده می‌شودوتلرانس جهت این قطعه برابر 12.5 میکرون انتخاب می‌شود.

تعیین نوع انطباق: نوع هر انطباق را به کمک حروف بزرگ A و B و C وغیره در مورد سوراخها یا اندازه‌های داخلی و نیز حروف کوچک a و b و c وغیره در مورد میله‌ها یا اندازه‌های خارجی مشخص می‌سازند. حروف H برای سوراخ مبنا و h برای میله مبنا برگزیده شده است. در شکل ۸ دیاگرام حروف که نماینده نوع انطباق قطعات می‌باشد، برای سوراخها و میله‌ها نمایش داده شده است.

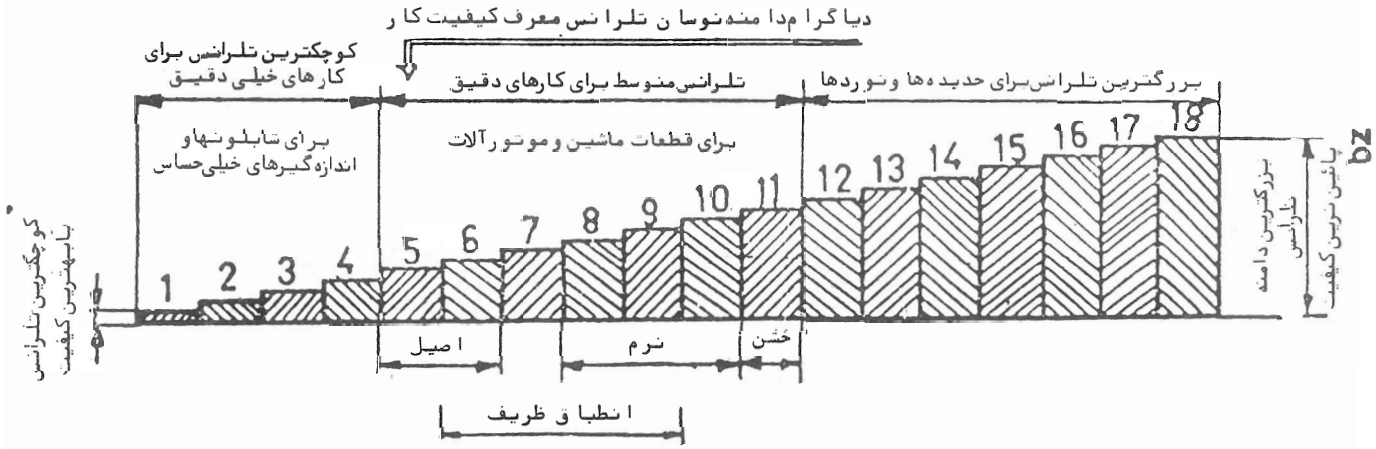


شکل ۸: نمایش حروف برای انواع مختلف تلرانس‌ها و انطباقها (انطباق آزاد، فیما بین، پرسی). یادآوری می‌شود که برای میله‌ها انحراف فوقانی و برای سوراخها انحراف تحتانی صفر می‌باشد. حروف کوچک برای میله و حروف بزرگ برای سوراخها انتخاب شده‌اند.

بطور کلی باید در نظر داشت که تلرانس اصلی عبارت از تفاضل انحراف فوقانی و انحراف تحتانی بوده و بنابراین با تعیین هر کیفیت انطباق فقط تفاضل دو انحراف مزبور معلوم می‌شود. و از روی این تفاضل در مورد میله مبنا و سوراخ مبنا که برای اولی انحراف فوقانی و برای دومی انحراف تحتانی صفر است، می‌توان حدود تعییرات مجاز را در ساختمان جسم تعیین نمود. به عبارت دیگر یعنی اندازه‌هائی را که باید قطر میله در دستگاه میله مبنا و قطر سوراخ در دستگاه سوراخ مبنا مابین آنها محدود باشد برای

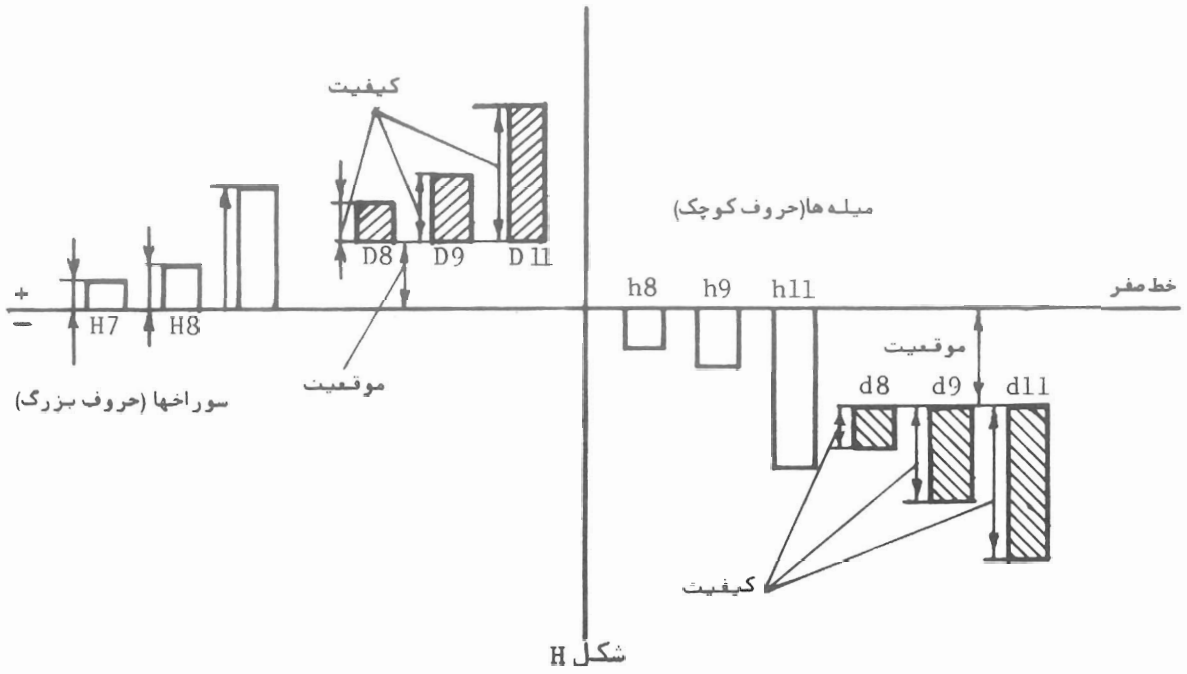
هر تلرانس اصلی مشخص کرد. حال برای میله و سوراخی که با هم جفت یا به اصطلاح منطبق شده اند در دستگاه میله مبنا به فرض معلوم بودن کیفیت انطباق و در نتیجه تلرانس اصلی، حدود تغییرات قطر میله معلوم است. اما برای مشخص کردن حدود تغییرات قطر سوراخ باید مورد استعمال این میله و سوراخ را در نظر گرفت و دید که انحرافهای تحتانی و فوقانی برای قطر این سوراخ کدامند. فاصلهٔ محدود ما بین انحراف را در اصطلاح میدان تلرانس نامیده و موقعیت میدان تلرانس، یعنی فاصله ابتدای آن از خط صفر وضع نشیمن را مشخص می‌نماید. ارتفاع میدان تلرانس (مقدار عددی تلرانس) از روی عدد مشخصهٔ کیفیت های IT معلوم می‌شود. این اعداد از ۱ تا ۱۸ در شکل ۹ مشخص شده است و فاصله ابتدای این میدانهای تلرانس تا خط صفر در مورد سوراخها با یک حرف بزرگ و در مورد میله‌ها با یک حرف کوچک لاتین نشان داده می‌شود. هر قدر فاصله میدان تلرانس از خط صفر زیادتر باشد حروف بزرگ یا کوچکی که در مورد سوراخ یا میله به کار می‌رود باید از حروف H یا h در الفبا بیشتر دور باشد.

پس بطور کلی علامت انطباق در سلسله ISO از یک حرف و یک عدد تشکیل شده است که از روی حرف موقعیت تلرانس (انطباق) نسبت به خط صفر و از روی عدد مزبور مقدار تلرانس معلوم می‌گردد.



شکل ۹: دیاگرام دامنه نوسان تلرانس که در رابطه با کیفیت قطعات کار مطرح می‌باشد.

بعنوان مثال در شکل ۱۰ موقعیت دو نوع کیفیت در مورد سوراخها و میله‌ها مشخص شده است. لازم به یادآوری است که تلرانس H_7 و H_8 برای سوراخها انتخاب شده است و طول میدان نشانگر میزان تلرانس بوده و فاصله از خط صفر موقعیت تلرانس را در رابطه با نوع انطباق مشخص می‌سازد.



شکل H

شکل ۱۰: کیفیت وموقعیت انطباق وتلرانس برای دوحالت مختلف

توجه: اعدادی که درنقشه بصورت آزاد وبدون قیدتلرانس نوشته میشوند، مطابق دین DIN 7168 تلرانس آنها ازجدول زیرتعیین میگردد:

DIN 7168 (Apr 60)

انحراف برای اندازه‌های بدون تعیین‌تلرانس (عملیات‌فلزی برادده‌دار)

برای اندازه طولی							برای زاویه			
انحراف به mm							انحراف به درجه ودقیقه			
میدان اندازه اسمی (mm) نسبت به							میدان اندازه اسمی (mm) نسبت به (طول ضلع کوتاهتر)			
1...6	6...30	30...100	100...300	300...1000	1000...2000		1 10	10...50	50...100	100
± 0,05	± 0,1	± 0,15	± 0,2	± 0,3	± 0,5	ظریف	± 1°	± 30'	± 20'	± 10
± 0,1	± 0,2	± 0,3	± 0,5	± 0,8	± 1,2	متوسط				
± 0,2	± 0,5	± 0,8	± 1,2	± 2,0	± 3,0	خشن				

درنقشه‌ها بهتر است در زیرنویس یا کنار آن اشاره به دین ۷۱۶۸ مثلاً اندازه بدون تعیین تلرانس طبق دین ۷۱۶۸ بشود.

۱۱۳

شکل ۱۱: برای شیوه‌های مختلف تولیدی اعم ازظریف کاری وخشن تراشی وغیره تلرانس اندازه‌های آزاد ازجدول فوق بدست میآید.

ازجدول وتابلوی شکل ۱۲، که مهمترین نقش را درطراحی قطعات میتوانند داشته باشد تلرانس قطعات ونوع انطباق آنها برای سه‌حالت انطباق آزاد وپرسی وفیما بین مشخص میشود. تابلوی بالائی مربوط به‌سیستم‌سوراخ مبنا وقسمت پائین مربوط به‌سیستم‌میله مبنا میباشد. بعنوان مثال سوراخ با تلرانس H6 با محور به‌تلرانس f6 یک انطباق لقی (آزاد) بوجود میآورد. ویا سوراخ با تلرانس H7

با محور با تلرانس h6 انطباق آزاد ایجاد می‌کند. همچنین در دستگاه محور مبنا، محور با تلرانس h5 با سوراخ k6 یک انطباق عبوری (فیما بین) بوجود می‌آورد.

دو جدول زیر منطقه مربوط به هرکدام از انطباقها مشخص شده است

HOLE	Punning or clearance fit								Transition fit				Interference fit				
H6					e7												
						f6											
							g5	h5	j5	k5	m5	n5	p5	r5	s5	t5	u5
H7	a9																
		b8	c8	d8	e8												
						f7											
							g6	h6	j6	k6	m6	n6	p6	r6	s6	t6	u6
H8				d9	e9	f9		h9									
					e8	f8		h8									
								h7	j7	k7	m7	n7	p7	r7	s7	t7	u7
H10								h10									
H10	a11	b11	c11	d11				h11									
H12								h12									

BASIC SHAFT	Holes for																
	Punning or clearance fit								Transition fit				Interference fit				
h5					E7												
						F6	G6	H6	J6	K6	M6	N6	P6	R6	S6	T6	U6
h6	A9			D9													
		B9	C8	D8	E8												
						F7	G7	H7	J7	K7	M7	N7	P7	R7	S7	T7	U7
h7	A9	B9															
			C8					H8	J8	K8	M8	N8					
h8		B9	C9														
					E8	F8		H8									
h9			C10	D10													
					E9			H8									
						F8		H9									
h10								H10									
h11	A11	B11	C11	D11				H11									
h12								H12									

◤ : First Preference
◺ : Second Preference
Othors: Third Preference

شکل ۱۲: تعیین نوع تلرانس و انطباق برای انواع حالت‌های مختلف.

از شکلهای ۱۳ و ۱۴ صفحات بعدی برای تعیین نوع تلرانس و انطباق برای کاربردهای مختلف صنعتی استفاده میکنند. بعنوان مثال در دستگاه سوراخ مبنا انتخاب تلرانس H7 با f7 که برای یاتاقانها، غلافها و میله‌های با دور زیاد بکار میرود. که در این حالت قطعات نسبت به هم حالت متحرکی دارند. همچنین انتخاب میله با تلرانس h9 بعنوان دستگاه میله مبنا با سوراخ D10 که در موردبوش محور جرثقیل‌ها، یاتاقان ماشینهای کشاورزی وقسمتهای متحدالمرکزکننده بطور عمومی بکار میروند.

ضمیمهٔ صفحهٔ ۳۵

ماشین سازی عمومی با رعایت دقت معمولی

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میلهٔ مبنا		نوع انطباق	مثال مورد استعمال
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
	h8		H8	قسمتهائی که به آسانی متصل شوند و در عمل حرکت انتقالی آنها امکان داشته باشد.	حلقه‌های مکانی، دسته‌های لنگ، چرخ دنده‌ها چرخ تسمه‌های محکم، پیوستها.
	h9				
H8	e9	h8	F8	قسمتهای متحرك با بازی.	میلهٔ سوپاپها، پیستونهای اتومبیل، یاتاقان دینامو‌ها، یاتاقان تلمبه‌ها، چرخ طنابها.
	f3	h9	E9		
	d10		D10	قسمتهایی که با بازی زیاد در داخل یکدیگر متحرك باشند.	بوش محور جرثقالها، یاتاقان، ماشین‌های کشاورزی، قسمتهای متحدالمرکز کننده بطور عمومی

مواردی که تولرانس زیاد در ساختن قطعات مجاز بوده و حتی در صورت زنگ زدن هم قطعات نسبت به یکدیگر آزاد بمانند.

دستگاه سوراخ مبنا		دستگاه میلهٔ مبنا		نوع انطباق	مثال مورد استعمال
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
	h11		H11	جایی که با وجود تولرانس زیاد در ساختن دوقسمت بازی فیمابین کم باشد.	قطعاتی که بر رویهم سوار کرده جوش دهند. قطعاتی که با پین متصل شوند، لولاها، ماشین‌های تحریر.
	d11		D11	حرکت در تحت هر شرایطی ممکن است.	اهرمهایی که بتوان از روی قطعات دیگر برداشت، میلهٔ میخ پرچها، پین مفصلها.
H11	c11 و b11	h11	C11 و B11	حداقل بازی با Ir11	ماشینهای خانه‌داری، یاتاقان کلیدهای گردندهٔ برق، پینهای متحرك
	a11		A11	قسمتهائی که نسبت بهم خیلی لق باشند حداقل بازی با IT13	میلهٔ رگولاتور بخار در لکوموتیوها، یاتاقان، میلهٔ ترمز، بوش چرخها برای درهای کشوئی

دستگاه سوراخ‌مبنا		دستگاه میله‌مبنا		نوع انطباق	مثال موردنظر
سوراخ	میله	میله	سوراخ		
H7	r6	h6	H7	قطعاتی که با فشار زیاد رویهم‌سوار شده‌اند.	تاج‌فلکه‌ها، بوش یاتاقانها، صفحات روتور، ماشینهای برق، ناف وانتیلاتورها
	s6		S7		
	n6		N7	نشیمن محکم‌بدون ضامن جلوگیری ارچرخش.	بوش‌یاتاقانها، اهرم‌ولنگ در روی میله‌ها، قسمتهایی‌که نیروی‌ضربتی تحمل می‌کنند، دستگاههای تکان دهنده
	m6		M7	قسمتهایی‌که باچکش رویهم سوار و یاارهم‌جدا می‌شوند و ضامن جلوگیری ارچرخش لازم‌دارند	چرخ‌دنده‌ها، چرخ‌تسمه‌ها، حلقه‌ٔ داخلی بولبرینگها در روی میله، بین پیوستها.
	k6		K7	قسمتهایی‌که باصرف‌نیروی کمتر متصل می‌شوند و ضامن لازم‌دارند.	فلکه‌ها، پیوستها، اهرمها، روتور ماشینهای‌برق باگوه، پیچهای‌هفت
	j6		J7	قسمتهایی‌که با سائی متصل شوند.	چرخ‌دنده‌های‌عوض‌شوندهٔ در جعبه دنده‌ها، حلقه‌های‌مکانی، حلقه‌خارجی بولبرینگها
	h6		H7	قسمتهایی‌که باد سبتوان نسبت‌بهم‌حرکت‌انتقالی‌داد.	قسمتهای‌باحرکت‌انتقالی‌ازهرقبیل‌بین دسته‌ها، فلانشهای متحدالمرکزکننده.
	g6		G7	قسمتهایی‌که با بازی کم‌نسبت بیکدیگر متحرک باشند.	چرخ‌دنده‌های آزاد باگوه فنری، میله‌دستگاه تقسیم‌ماشین فرز، پیستونها، پیوستهای کشوئی
	f6		F7	قسمتهای متحرک	یاتاقانها، غلافها، میله‌های بادورزیاد
	e6		E7	قسمتهای متحرک با بازی نسبتا "زیاد	میله‌های پیچهای حرکتی، میله‌هائی‌که از داخل چندیاتاقان بگذرند. میله‌های با دور متوسط.
	d9		D7	قسمتهای متحرک با بازی خیلی زیاد.	میله‌های ترانسمیسیون و چرخهایی‌که به آزادی درروی آنها می‌گردند.

شکل ۱۳: تعیین تلرانس برای انواع کاربردهای مختلف تولیدی درصنعت

ضوابط تعیین ابعاد صحیح چاهک مکشی الکتروپمپ‌های ملخی شناور

دکتر حبیب اله تدین

خلاصه :

در این مقاله پس از شرح مختصری درباره الکتروپمپ های ملخی شناور تاثیر گردابهای سطحی که در چاهک مکشی تشکیل می‌گردد مورد بحث واقع شده آنگاه با اشاره به چگونگی بررسی پدیده با روش تحلیل ابعادی و مدلهای هیدرولیک ،میدان حرکت گردابی در چاهک مکشی تشریح وابعاد لازم چاهک ارائه گردیده است .

۱- مقدمه :

در سالهای اخیر در زمینه استفاده از پمپ ها در بخش آبیاری و زهکشی تحولات چشمگیری بوجود آمده و تکنولوژیهای جدیدی ارائه گردیده است .از جمله این تحولات ساده‌ترنمودن ساختمان پمپاژ به منظور کاهش هزینه و افزایش امکان تطابق وتغییر در آنها درصورت لزوم با شرایط جدید محیطی و محلی بوده است .در این جهت عملیات ساختمانی موردنیاز که هزینه‌های آنها گاهی اوقات بیش از دستگاههای الکترومکانیکی خود پمپ می‌بود به حداقل کاهش داده شده است .بطوریکه بیشتر قسمتهائی که واقعا" به سیستم پمپ مربوط می‌گردد پرداخت می‌شود .یکی از نمونه‌های تکنولوژی جدید انتخاب الکتروپمپ های ملخی شناور می‌باشد که از یک موتور الکتریکی که بوسیله یک محور نسبتا"کوتاه به پروانه پمپ ملخی مربوط می‌شود تشکیل شده است .موتور پمپ داخل یک مجموعه هیدرولیکی شکل یک قطعه لوله همگرای مکشی ویک واگرای رانش که از طریق آنها آب جریان می‌یابد قرار گرفته است .از مزایای عمده این نوع الکتروپمپ های ملخی استحکام زیاد ،ابعاد کم و کارگذاری آسان می‌باشد . البته آببندی مکانیکی دقیق مانع از آن می‌شود که آب با قسمت های الکتریکی درونی الکتروپمپ درتماس باشد .

کار پمپ به کمک وسایل متعددی که بسته به نوع پمپ متفاوت است کنترل می‌شود «ترمیستور»

Termistor برای کنترل گردش روغن عناصر پلاتینی برای کنترل درجه حرارت سیم پیچ استاتور، بلبرینگ ها وغیره. موتورها معمولا "سه فاز و از نوع قفس سنجابی بوده که اساسا "برای راه اندازی مستقیم ویا با اتوترانسفورماتور ساخته شده اند. برای کاهش خطر خلاء زائی Cavitation در انتهای پره های پمپ باآبدهی زیاد تخفیف دهنده سرعت تعبیه شده که بکمک آن می توان سرعت چرخش پره ها را کاهش داد. بعلاوه زاویه پره های پروانه را می توان تنظیم نمود (۵ درجه تا ۲۰ درجه) تولید تجارتی این پمپها تا دبی $6\ m^3/s$ وارتفاع $15\ m$ تا توان ۴۲۵ کیلووات وبازده بیش از ۸۰% موجود است.

۲ـ مزایای کلی الکتروپمپ ملخی شناور:

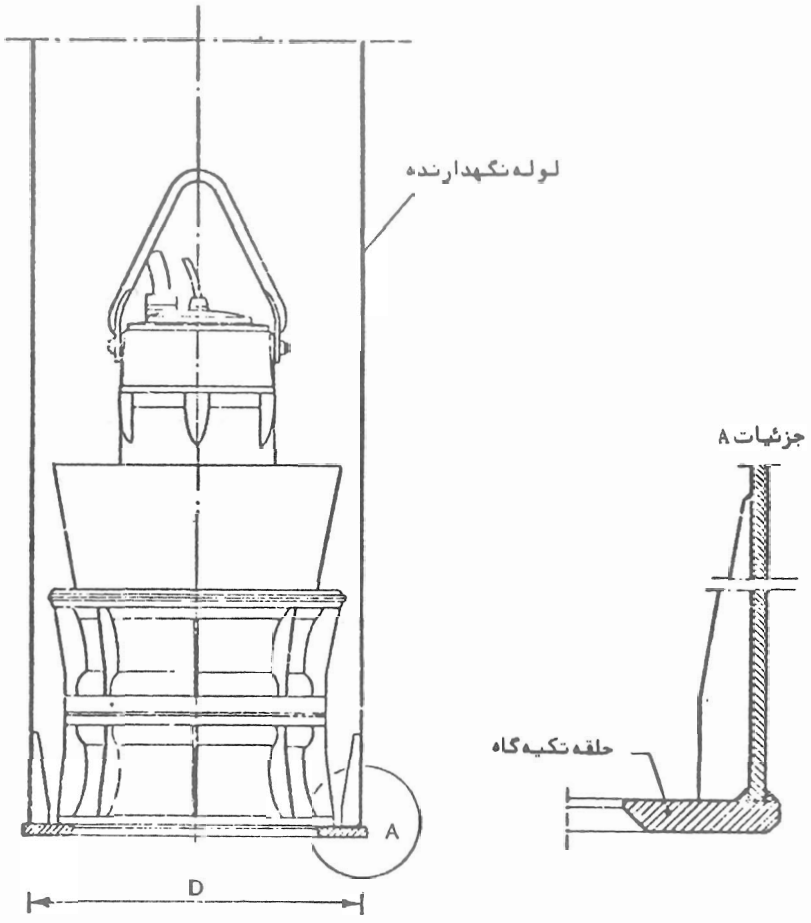
در الکتروپمپ های ملخی شناور قسمت های هیدرولیکی والکتریکی بصورت یک بلوک واحدی که بتواند زیر آب کار کند طراحی شده است. با این ترتیب به مقدار زیاد از فضائی که اشغال می شود و درهزینه های مربوطه کاسته شده ودرعوض به عمق مفید پمپ افزوده شده است. در واقع شناور نمودن الکتروپمپ باعث می شود که بتوان آنرا در داخل مخزن انتهای کانال زهکشی یا آبیاری نصب نمود، بدون اینکه لازم باشد موتور در بیرون ودریک سطح بالاتری که حتما "باید از حداکثر سطح آب بالاتر باشد نصب شود. با این ترتیب از نظر طراحی ساختمان ایستگاه پمپاژ به مراتب ساده تر می گردد. همچنین به مقدار زیاد عملیات مهارونصب کردن پمپ پی ریزی وسایر عملیات ساختمانی ایستگاه کاهش خواهد یافت. یک ظریب عمده این نوع الکتروپمپ های ملخی، سادگی زیاد در سوارکردن وپیاده کردن ایستگاه وسهولت در حرکت دادن آنها ونیز آسانی بازدید ونصب دوباره لوله آبدهی است. در این رابطه باید اضافه شود که در الکتروپمپ های مورد بحث امکان تغییر واحیانا "تطابق آنها با شرایط جدید ونیز تعویض پمپ وتغییر محل از یک مکان به مکان مناسب دیگر وجود دارد بطوریکه می توان یک پمپ را بین چند ایستگاه پمپاژ تغییر محل داده وبه مقدار قابل ملاحظه ای از پمپ های ذخیره ویدک کاست.

۳ـ نصب موتورپمپ های ملخی:

این نوع الکتروپمپ ها را می توان با محور قائم یا محور مایل دریک ستون فلزی یا مصالح ساختمانی که در محل ساخته می شود یا پیش ساخته نصب نمود. پمپ ها را معمولا "بطور ساده تر در ته ستون (کالمن) روی یک قسمت حلقوی مطابق شکل (۱) جا می دهند وبدین ترتیب سوارکردن وپیاده کردن سیستم در موقع نصب ویا جابجائی، بازبینی، نگهداری وغیره به آسانی صورت می گیرد زیرا بکمک یک جرثقیل ساده می توان الکتروپمپ را از محل خود جابجا نمود.

در مورد محور قائم، پمپ را در یک مخزن از سیمان با مقطع دوار قرار می دهند که قاعده آن به یک قسمت فولادی محارشده است وبدون نیاز به لوله ویا سایر وسایل ارتباطی مستقیما "به مخزن تخلیه در ارتباط قرار می گردد. برای اینکه از برگشت آب در موقع توقف جلوگیری شود این ارتباط معمولا "در

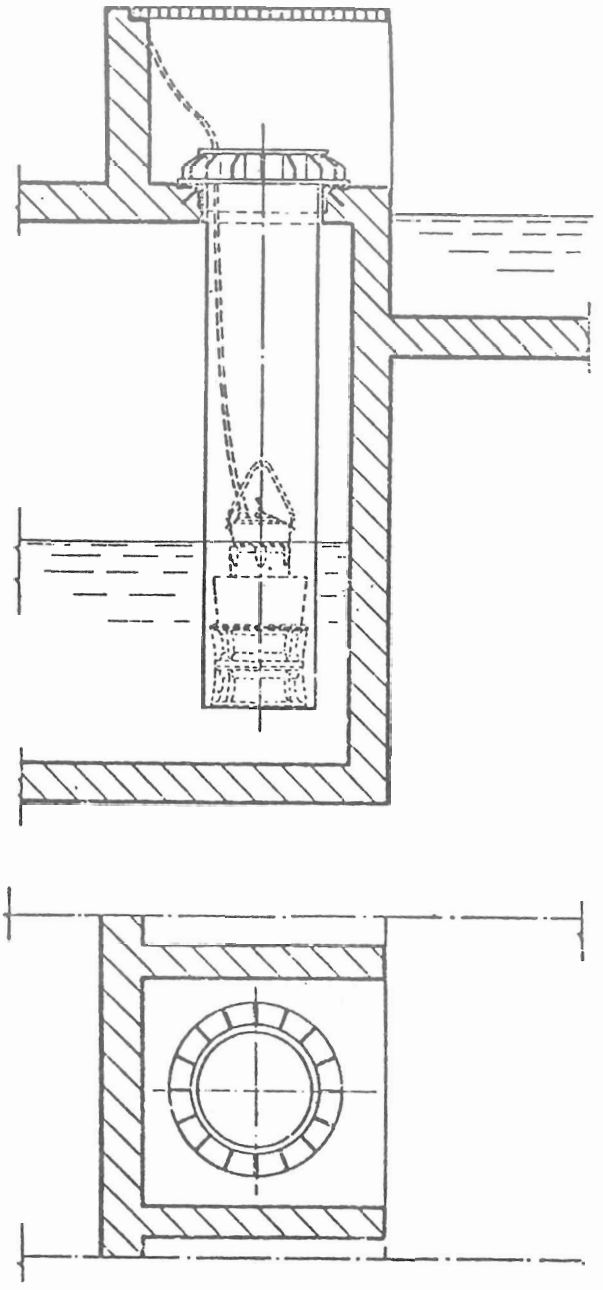
حدود چند دسیمتر با لاتر از سطح آب در مخزن تخلیه صورت می‌گیرد . (شکل ۲)



شکل ۱: نصب الکتروپمپ ملخی شناور در داخل لوله نگهدارنده

این راه حل می‌تواند در مواردیکه آب با لاکشیده شده در یک کانال زهکش و یا آبیاری روباز یا سرپوشیده وارد می‌شود ، نیز مورد توجه قرار گیرد .

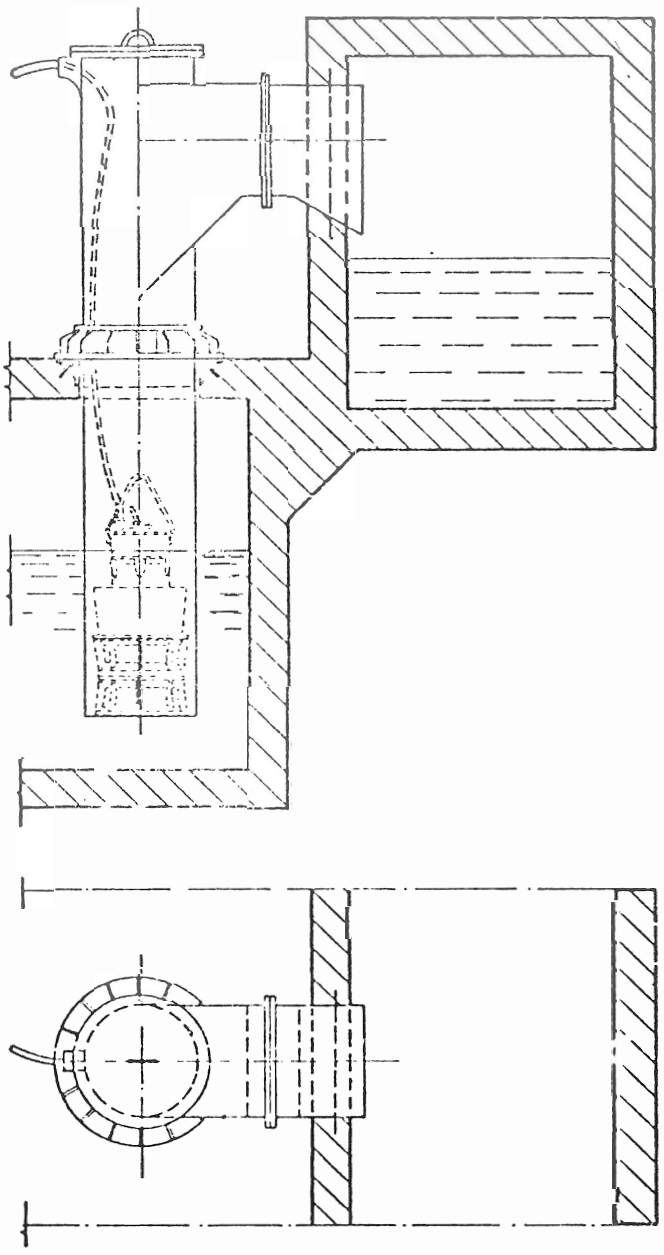
نصب با تخلیه مجهز به شیر یکطرفه Clapet موقعی بکار می‌رود که سطح آب در مخزن تخلیه در معرض تغییرات ونوسانات شدید قرار گیرد . شیر Clapet از حرکت معکوس آب بداخل پمپ جلوگیری می‌نماید شکل (۴) نصب با تخلیه سیفونی بیشتر در مواردزهکشی وآبیاری به دلائل ساختمانی بکار می‌رود . در موردشرایط ساختمانی برای کاهش گرادیان هیدرولیک بین مخزن مکشی به مخزن رانشی ، درنتیجه امکان اینکه بتوان ایستگاه پمپاژ را بفاصله معینی دورتر از محل تخلیه قرار داد بدون اینکه مقدار قابل ملاحظه‌ای آب در اثر نفوذ در زمین هدر برود . در این شرایط می‌توان اتصال ساده‌ای را به کمک لوله بمورد اجرا گذارد . بعلاوه مصرف انرژی نیز کاهش می‌یابد ، زیرا در این شرایط ارتفاع پمپاژ تنها عبارت خواهد بود از ارتفاع ژئوتکنیک یعنی اختلاف سطح آب بین چاهک مکشی ومخزن رانشی شکل (۵)



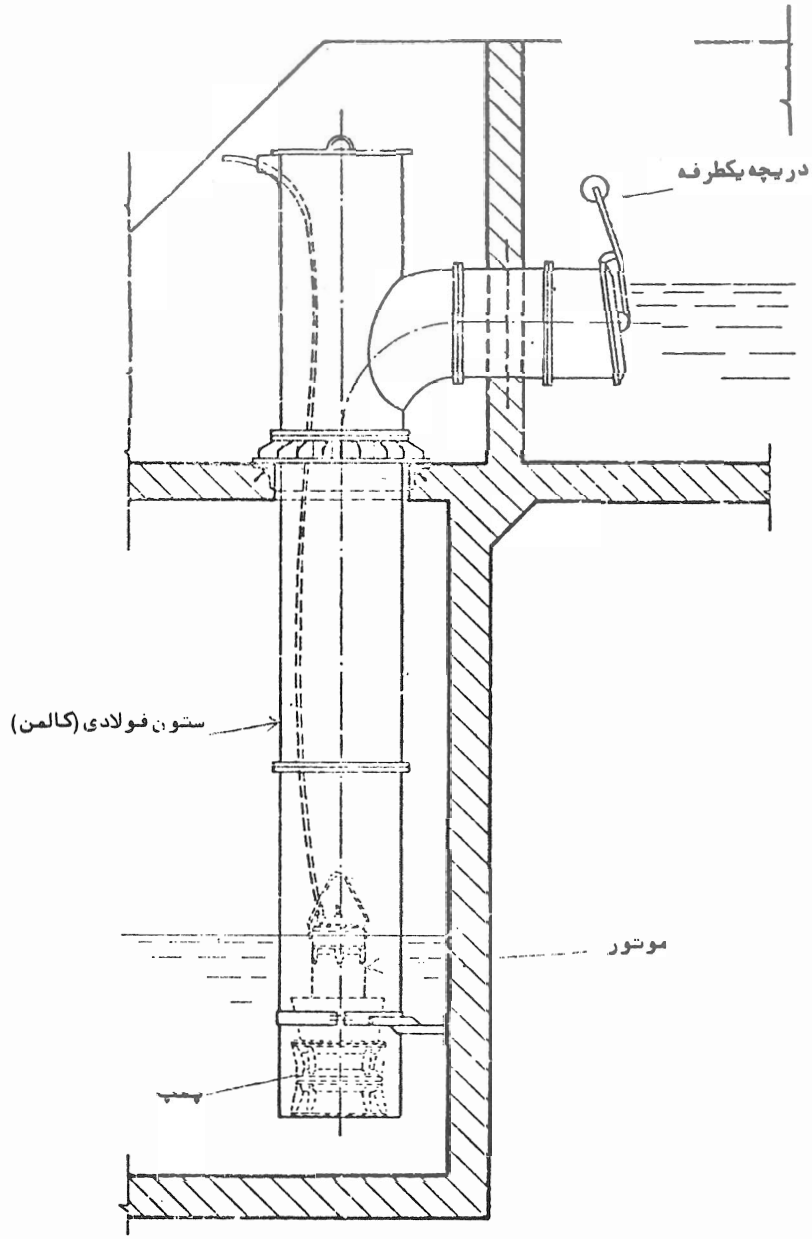
شکل ۲: نصب الکتروپمپ ملخی شناور در ستون (کالمن) فولادی با تخلیه مستقیم

بجای آنکه این ارتفاع پمپاژ برابر شد با سطح آب در مخزن مکشی وارتفاع تثبیت شده در لوله تخلیه.

درعوض در تخلیه سیفونی ممکن است طول لوله خیلی زیاد باشد بطوریکه لزوم در نظر گرفتن تأثیر انبساط حرارتی را ایجاب نماید در اینصورت باید یک مفصل انبساطی بین پمپ و لوله تخلیه قرار داده شود.



شکل ۳: نصب الکتروپمپ ملخی شناور در ستون فولادی با تخلیه جانبی آزاد



شکل ۴: نصب الکتروپمپ ملخی شناور درستون فولادی مجهز به شیر انسداد یک طرفه

۴ـ حرکت های گردابی در مخزن مکشی:

در مورد نصب ایستگاه پمپاژ باید به هر سه مسئله زیر توجه لازم مبذول گردد:

۱ـ وضعیت استقرار پمپ نسبت به کلکتور تغذیه.

۲ـ تعیین دقیق ابعادی که باید برای محفظه پمپ منظور گردد.

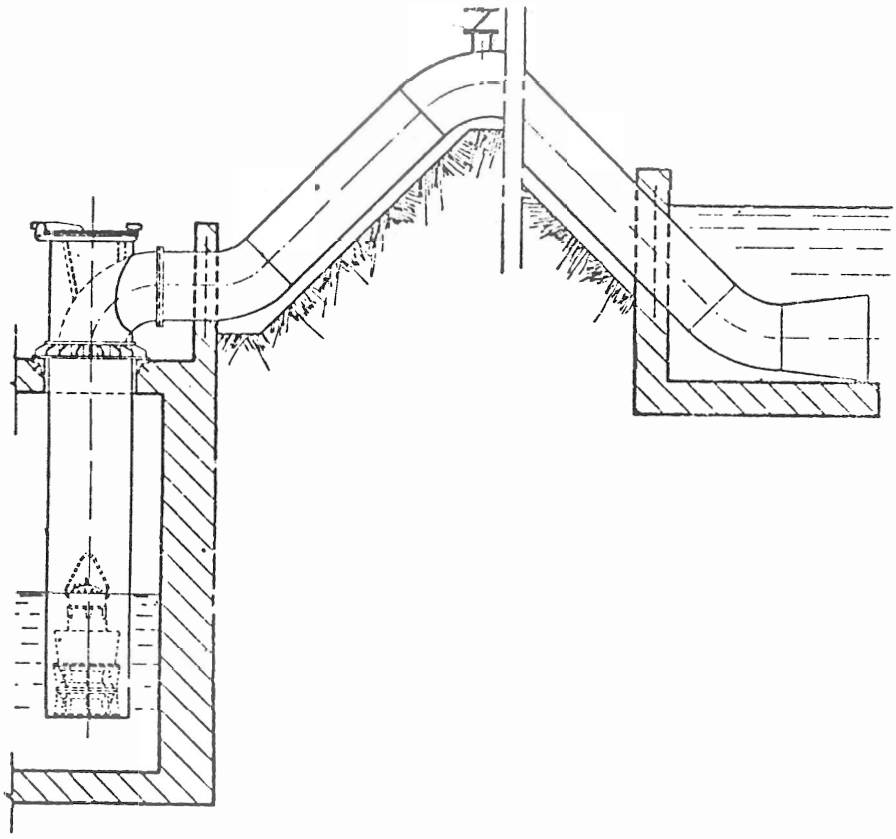
۳ـ جاگذاری صحیح پمپ در چاه مکشی.

براساس تجربیاتی که تاکنون در این مورد بدست آمده است هر سه مسئله فوق ممکن است به یک

موضوع منجر شود و آن جلوگیری و یا محدود نمودن وقوع پدیده‌های زیر است :

الف ـ گردابهای سطحی ب ـ هجوم حبابهای هوا ج ـ گردابهای جداری د ـ حرکت‌های چرخشی

هـ ـ تلاطمات شدید سطحی و ـ ایجاد مناطق مرده بی (یا بی‌حرکتی) در میدان حرکت .



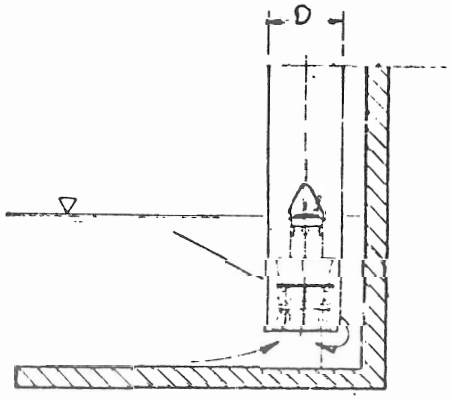
شکل ۵: نصب الکتروپمپ ملخی شناور با تخلیه سیفونی

اگر گردابهای سطحی محدود به فرورفتگی‌های سطحی در سطح آزاد مایع باشند زیان آور نیستند ولی در صورتیکه این حرکت‌های گردابی باعث شدند که حبابهای هوا بطور متناوب بداخل آب رانده شده یا هسته آنها تا دهانه لوله مکش و از آنجا تا ستون مکشی توسعه یابد زیان آور خواهند شد . حرکت‌های نامنظم و چرخش‌های مایع که دهانه لوله مکش پمپ را فرا می‌گیرند همراه با تشکیل مناطق مرده بی در مجاورت آن زمینه مساعدی برای ظهور گردابهای عمقی که ورود هوا را بداخل پمپ سبب می‌شوند فراهم می‌آورد .

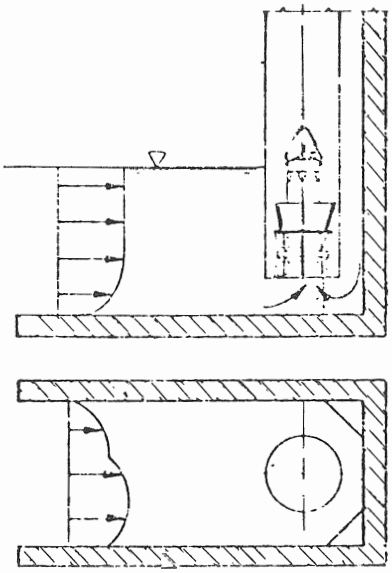
با زاء مقادیر کم ارتفاع آب و برای وضعیت خاصی از شکل لوله مکش فرورفتگی‌های موضعی در سطح آزاد آب در نزدیکیهای محل استقرار پمپ تشکیل می‌شود که همانندگردابها می‌توانند مخصوصاً" در سرعت‌های بالا باعث ورود هوا بداخل پمپ شوند . گردابهای جداری یا درکف که می‌توان آنها را باقرار

دادن مواد رنکین درمحل تشکیل قابل رؤیت ساخت (شکل ۸)موجب تغییرات سریع فشارهای موضعی درداخل لوله مکش گشته وبویژه درموردپمپ های ملخی دارای اثرات زیان آوری می باشند .حرکتهای چرخشی مایع درچاهک مکشی پمپ ممکن است براثرتغییرات سریع امتداد حرکت ناشی ازتغذیه کار نا منظم پمپ باشد .دربسیاری ازمواردراین نوع حرکات حتی اگرگردابهای سطحی هم وجودنداشته باشندهسته های داخلی با چرخش های سریع می توانندمشاهده شوند .

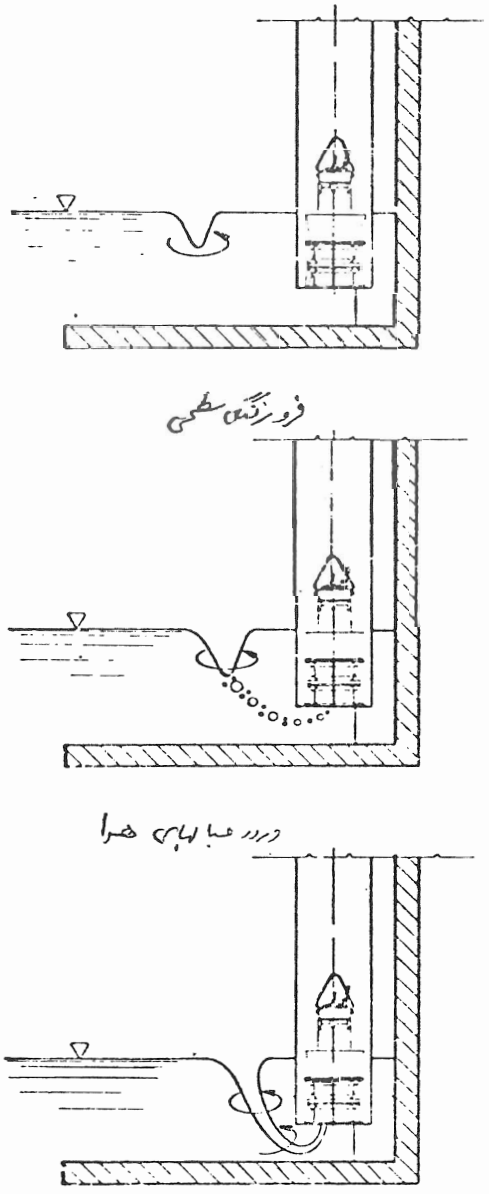
پدیده های مربوط به انتقال هوا درسلول مکشی وازآنجا بطرف پمپ ممکن است ناشی ازمراحل مختلفی باشدکه مهمترین آنها به چگونگی ارتباط کانال با چاهک مکشی مربوط میشود .دراین مورد اختلاف سطح بین کانال وکف چاهک حائزاهمیت است .درمواردی که ورودآب به چاهک ناچار بصورت آبشار باشدبایدحوضچه آرامش با ابعاد مناسب ساخته شود .



شکل ۸: تشکیل گردابهای جداری وکف



شکل ۹: میدان حرکت نامتقارن درداخل چاهک مکشی



شکل ۷: گردابهای سطحی درچاهک مکشی

پدیده‌های تلاطمی شدیدرا می‌توان درقسمت بالادست چاهک ودرمواقعی که‌یک مانع‌با ابعاد عرضی نسبتا"بزرگ درمسیرجریان موجودباشدمشاهده‌نمود .این موضوع‌مخصوصا"درمواردیکه‌ستون،پایه ویا تکیه‌گاهی دردا خل آب وجودداشته‌باشد ،مشاهده می‌شود .

علت دیگروقوع‌تلاطمات شدیدوجودچندین پمپ بطورمتوالی است .اولین پمپ ایجاد اغتشاش درپشت سرخودمی‌کندا گرپمپ بعدی بفاصله‌مناسبی ازقبلی گذاشته‌نشده‌باشدتحت تاثیرآن قرار می‌گیرد .سطوح‌گسیختگی نیزممکن است درمناطق مخصوصی ازچاهک وبویژه‌درنزدیکی زوایا ،درامتداد کف ودیواره‌چاهک مکشی تشکیل می‌گردد .

پدیده‌های فوق ممکن است دردا خل چاهک مکشی باهم‌ترکیب یافته‌ورودهوا را بداخل پمپ باعث گردد .این پدیده‌خودعدم‌یکنواختی توزیع‌سرعت وفشارتوام‌با چرخش مایع‌را موجب شده‌که‌معمولا"در کارصحیح‌پمپ ایجاد اختلال می‌نمایندوازجمله :

- کاهش‌بازده‌کمترازمقدارا سمی که‌ازطرف سازنده‌اعلام‌می‌شود- سقوط منحنی مشخصه H-Q افزایش توان جذب شده .
- وقوع‌پدیده‌حفره‌زائی (خلاء زائی)حتی درمواردی که‌این پدیده‌قاعدتا"نبایدبا NPSH کنترل شده، بوقوع‌پیوندد .
- توأم‌بودن کارپمپ باصدای شدید ،ظهورارتعاشات درتأسیسات پمپاژ ایجادخسارت دردا خل پمپ ودرمحل یاتاقان،بلبرینگ ،یادرلوله‌ها بویژه‌دراتصالات پیچ‌ومهره‌های محل نصب .

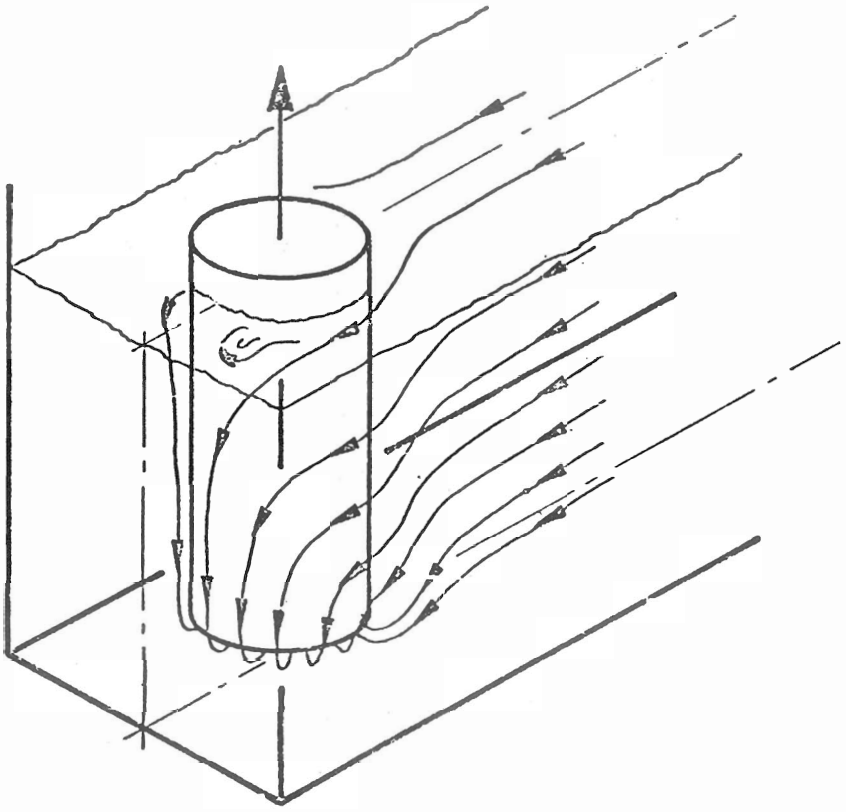
این اختلالات درکارمرتب پمپ باعث کاهش بازده‌وافزایش‌هزینه‌عملیات می‌شودکه‌بطورعادی باتوجه‌به‌غیرمعمولی ایستگاه‌پمپاژبیش ازمقدارصرفه‌جوئی است که‌باکاستن ازعملیات ساختمانی حاصل می‌شود .

۵- شرح میدان حرکت :

درشکل(۹)میدان حرکت مایع‌دردا خل یک چاهک مکشی به‌شکل معکب مستطیل نشان‌داده‌شده‌است. بیشترین بخش توده‌مایع‌درحال حرکت بهنگام‌نزدیک شدن به‌کالمن(ستون)بسوی پائین ودرامتداد محورپمپ شتابی دارا می‌شود .درعوض‌آن قسمت ازمایع‌که‌درسطح قراردارد بتدا سرعت خودرا کاهش می‌دهد.وتنها درمجاورت لوله‌مکش شتاب گرفته‌ودراطراف‌آن به‌دوبخش تقسیم‌می‌گردد .هربخش گردابی رابوجودمی‌آورندکه‌بسمت پائین کشانده‌شده‌وبداخل پمپ مکیده می‌شوند .اگرمیدان حرکت متقارن وعمق استغراق پمپ مناسب باشدجریان درلوله‌مکش پمپ ،محوری بوده‌وعاری ازحرکت های گردابی خواهدبود .

باکاهش‌عمق استغراق گردابهای شیارآب wake ممکن است جای خودرا به‌فرورفتگی‌های عمیق

درسطح آزاد آب داده باعث ورود جباب های هوا بطور منقطع بداخل پمپ گردند ویا اینکه بطور کامل تا دهانه پمپ توسعه یابند .درصورتیکه میدان حرکت درداخل مخزن مکشی متقارن نباشد از اتصال مجدد دهوشاخه جریانیکه بوسیله مانع بوجود می آید تنها یک گرداب سطحی دو وضعیتی نامشخص تشکیل می شود که درعین حال موقعیت آن تابعی است درمقادیر دبی جانبی.



شکل ۹: نمایشی از میدان حرکت درداخل چاهک مکشی مستطیلی در اطراف ستون مکشی

همزمان با آن گردابهای دیگری درکف مخزن ایجاد می شودکه درشکل دادن نوعی جریان با مؤلفه مماسی درداخل لوله مکش سهیم می باشد .حرکت چرخشی که درامتداد محیط چاهک مکش و بویژه درامتداد جداروکف درپشت پمپ بوجود می آید باعث تشکیل گردابهائی می گرددکه بعنوان هسته های متراکم کننده هوای کشانده شده بداخل آب عمل می کنندکه باعدم تقارن میدان حرکت خطرآنها افزایش می یابد .

پارامترهائیکه برای یک مایع معین با جرم مخصوص ،ضریب ویسکوزیته دینامیک کشش سطحی حاکم برشرایط تشکیل گرداب درچاهک مکشی می باشندعبارتند از :

- قطردهانه لوله مکش D
- ارتفاع h روی دهانه (عمق استغراق یا شناوری پمپ).

ـ ارتفاع h دهانه با لاترازکف چاهک

ـ گردش یا سیرکولاسیون $T = V_0 2\pi r$ با V_0 سرعت مماسی نظیرشعاع r

ـ سرعت V ودهانه وبنابراین آبدهی پمپ

ـ فرورفتگی d درسطح آزاد آب

ـ زاویه θ ورود مایع

با توجه به قضیه Π ـ باکینگها می‌توان کمیت های فوق را بصورت پارامترهای بدون بعد زیر درآورد :

$$\frac{V}{\sqrt{2gh}} = f\left(\frac{b}{D}, \frac{h}{D}, \frac{d}{h}, \frac{\Gamma D}{Q}, R_R, W, \theta\right)$$

که درآن $R_R = \frac{Q\rho}{\mu h}$ نشاندهنده عدد رینولدز Reynolds شعاعی و $we = \frac{\rho h V^2}{a}$ عدد وبر weber است .دراین معادله تاثیرپارامترهای بی‌بعدی که حاکم برتشکیل گردابها هستند را می‌توان ازطریق ساخت وآزمایش مدلهای فیزیکی کوچک شده مورد مطالعه قرار داد .ازاین راه بهترین نسبت ابعاد مربوط را بدست آورد .آزمایشات انجام یافته نشان می‌دهدکه دربین پارامترهای مذکورآنهائیکه بیشتربرروی تشکیل گرداب درپوسته الکتروپمپ موثرند عمق استغراق پمپ ،آبدهی واحیانا" چرخش مایع ورودی است .

۶ـ اندازه‌های توصیه‌شده ابعاد :

مطالعه تعیین بهترین ابعاد چاهک مکشی موضوع بررسیهای زیادی خواه روی پروتوتیپ خواه روی مدلهای هیدرولیکی قرارگرفته است .طراحی صحیح این گونه مخازن باید متضمن درنظرگرفتن مسئله تشکیل گردابها وانتقال هوا بداخل پمپ بوده ودرعین حال بدلائل اقتصادی حداکثرکاهش ممکن درابعاد ونیزحداقل ارتفاع آب روی دهانه پمپ را شامل شود بعلاوه ملاحظات زیرباید درمدنظر باشد :

ـ میدان حرکت بانزدیک شدن به چاهک مکشی ودرداخل آن درنزدیکیهای پمپ بایدیکنواخت بوده وبطورعرضی متقارن باشد .

ـ تاثیرپدیده‌های موضعی ناشی ازتغییرات ارتفاع سطح آزاد ویا تغییرشیب کف یا موانع سرراه جریان بایدهرچه ممکن است دورتر ازمنطقه استقرار پمپ ازبین برده شوند .

ـ ازایجاد مناطق آب ساکن جلوگیری شود واینکار ممکن است بکمک عملیات بنائی جاهای احیانا" خالی هرچندنیازی نباشد اشغال شوند .

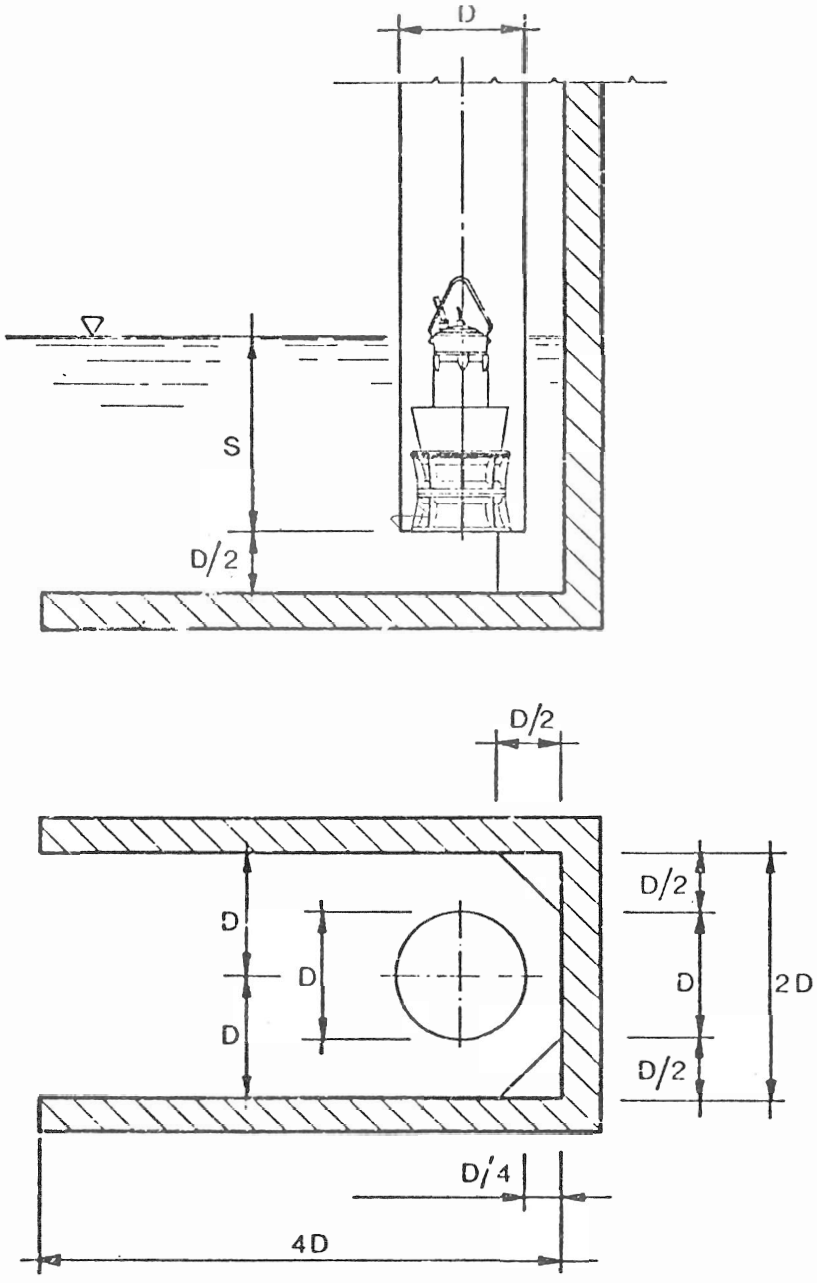
ـ سرعت متوسط مایع درمجاورت ودرداخل محفظه تاحدود $0.3-0.5\ m/s$ کاهش داده شود .

ـ تاحدامکان پروفیل های مربوطه به موانع ویا تکیه‌گاههائیکه اجبارا" درمیدان حرکت ودرمجاورت پمپ قرار دارند باید بنحومقتضی ازنوع ائرودینامیک ساخته شودتا تاثیرپدیده‌های گسیختگی و

جداشدگی جریان به‌حداقل خودکاهش یابد.

براساس تجربیات انجام‌یافته‌خواه‌درپمپ‌وتوتیپ ودرسالن های تست کارخانجات سازنده‌پمپ ویا آزمایشگاههای مدلهای هیدرولیک این نتیجه‌بدست آمده‌است که‌بهترین ابعاد برای چاهک یک الکتروپمپ شناور ملخی را می‌توان برپایه‌فقط یک پارامترکه‌عبارت از قطر اسمی سلول نگهدارنده‌باشد بیان نمود. اندازه‌های توصیه‌شده‌برای چاهک مکشی عبارتنداز: 2D = عرض ، 4D = طول

اتصال جدارهای جانبی با کف با زاویه ۴۵° بوده وفاصله‌راس‌پرده‌پمپ بادیوار $\frac{D}{2}$ باشد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: ابعاد توصیه‌شده‌چاهک مکشی برای الکتروپمپ ملخی شناور

ازتجارب بدست آمده چنین برمی‌آیدکه این نوع اتصالات به غیر از جلوگیری از گسیختگی تیغه جریان اثرات شیار آب wake ناشی از حضور لوله مکش در میدان حرکت را بمقدار زیادکاهش می‌دهد. درغیر اینصورت وجود شیارآبها باعث کاهش فضای مقاطع جریان و افزایش سرعتهای موضعی می‌گردد. بعلاوه با این روش بعلت محدودکردن میدان حرکت می‌توان حداقل عمق شناورسازی را که برای جلوگیری از حرکت های گردابی موردنیاز می‌باشد به تعداد قابل ملاحظه‌کاهش داد.

وضعیت سلول نگهدارنده پمپ درچاهک مکش به شرح زیراست :

- فاصله مولدعقبی لوله (سلول نگهدارنده پمپ) تا جدار $\frac{D}{4}$
- فاصله کف چاهک تا دهانه پمپ $\frac{D}{2}$

معذالک آزمایشات انجام یافته دراین رابطه نشان می‌دهندکه اگرفاصله ازجدارکمتر از آنچه که توصیه شده است انتخاب گرددهرچند ازورودهوای ناشی ازگردابهای سطحی بداخل دهانه پمپ جلوگیری می‌شود ،ولی اینکار باعث بروزگردابهای دیواری بسیار مضرمی‌گردد.

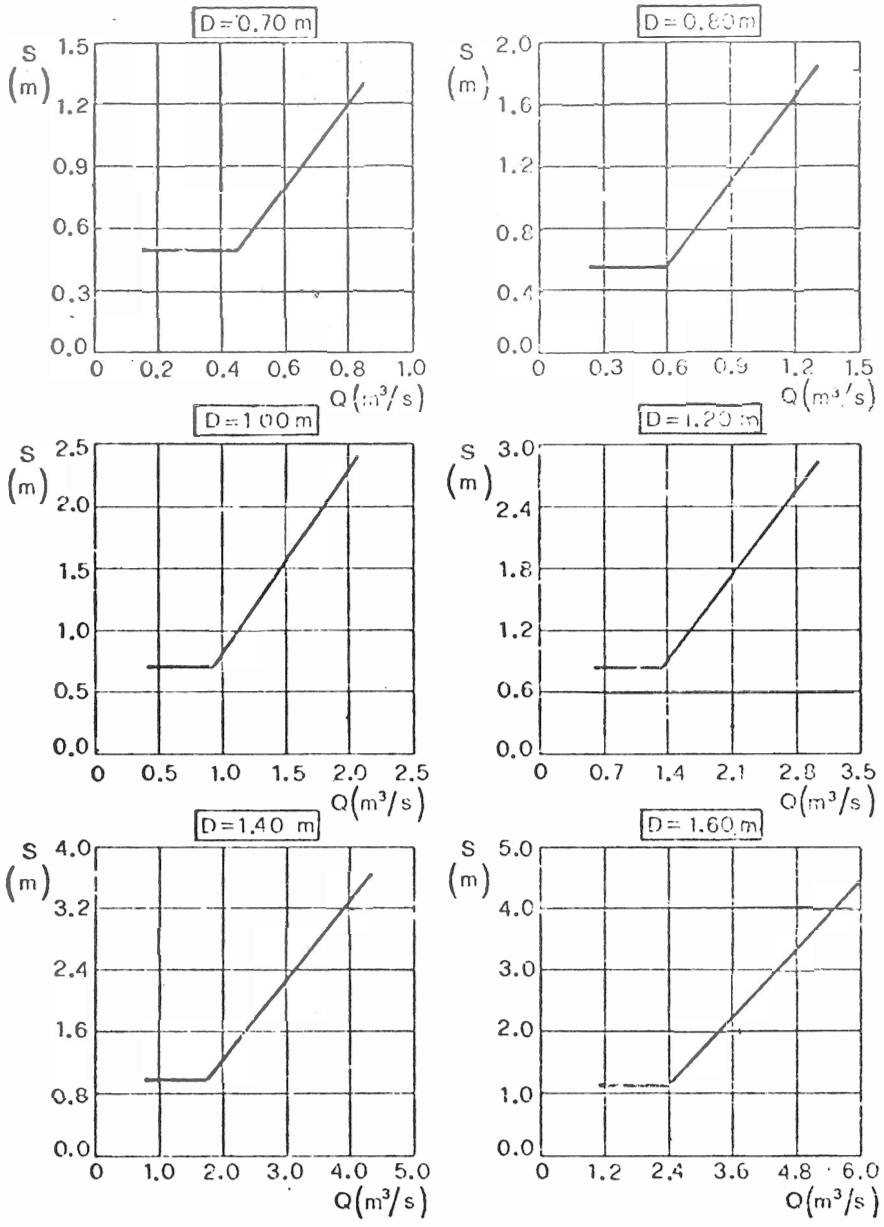
حداقل ارتفاع آب روی دهانه مکش (شناورسازی) باید بنحوی درچاهک مکشی تثبیت گرددکه از تشکیل گردابها جلوگیری شده واطمینان حاصل شودکه پدیده حفره زائی بوقوع نخواهدپیوست بنابراین حداقل ترازسطح آزاد آب درداخل مخزن مکشی پمپ ها باید طوری باشدکه شرایط مذکوررا تامین‌کند.

۷ـ جلوگیری ازحرکت های گردابی:

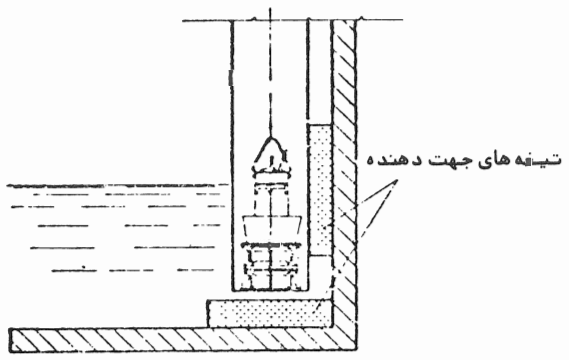
برپایه تجربیات بدست آمده برای تعیین شناورسازی بحرانی ،یعنی حداقل ارتفاعی که آب بالاترازستون نگهدارنده پمپ باید دارا باشدتا هوای ناشی ازگردابهای سطحی واردپمپ نشود،چنین نتیجه گرفته شده است که این پارامتربرای مقادیرکم آبدهی پمپ ثابت بوده ومتعاقبا" با افزایش دبی زیادمی‌شوند.

درقسمت اول یعنی برای مقادیرکم "شناوری" بحرانی S را می‌توان با تقریب قابل ملاحظه‌ای به قطراسمی D لوله نگهدارنده پمپ با رابطه $S=\frac{3}{4}D$ مربوط دانست .ولی درحالت دوم یک ارتباط خطی بین "شناوری" وآبدهی وجوددارد که درشکل (۱۱) آورده شده است .

تیغه‌های جهت دهنده وسایل گرداب شکن: موقعی که درچاهک مکش نتوان بنحومطلوب شرایط مناسب حرکت را ایجادنمودویا به مقدارشناوری مطلوب دست یافت (مخصوصا" درحالاتی که بخواهند ایستگاههای قدیمی وموجودرا با وسایل جدیدتطبیق دهند) دراختیارداشتن وسایل مخصوص ازقبیل تیغه‌های جهت دهنده برروی دیواره چاهک مکش ودرپشت لوله نگهدارنده پمپ برکف چاهک ونیزنصب گرداب شکن برروی سطح آب مفیدبنظرمی‌رسد (شکل ۱۲) .با نصب این وسایل می‌توان تاحدی یکنواختی جریان مایع بداخل پمپ را تامین نمودوازآنجائیکه وجوداین قبیل وسایل ممکن است خود ،تولید

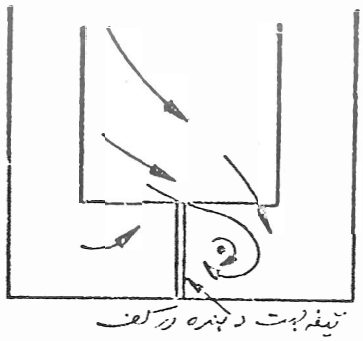


شکل ۱۱: حداقل عمق استغراق S (شناوری) لازم برای پیشگیری از گرداب در رابطه با آبدهی Q و D قطر لوله نگهدارنده



شکل ۱۲: تیغه های جهت دهنده در کف و جدا رچا هک مکشی

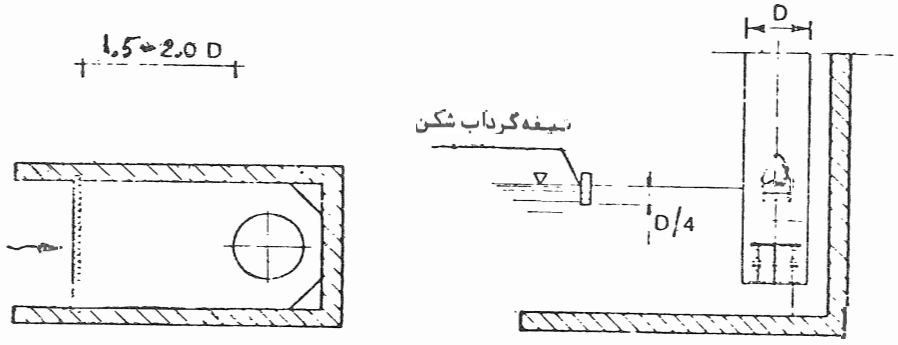
گرداب سطحی کرده وفشار ورودهوا به پمپ باشدبنابراین دراین موارد باید قبلا" اطمینان حاصل گردد تیغه‌های جهت دهنده‌ای که درکف چاهک مکشی وهم‌محور با لوله‌نگهدارنده پمپ نصب می‌شوند هرچند از تیغه‌های جهت دهنده نصب شده درجدار تاثیر کمتری دارند ولی می‌توانند به نحو موثری از ظهور چرخشهای احتمالی مایع ورودی جلوگیری نمایند. این وسائل، گردابهای مضر سطحی را بوجود نمی‌آورند ولی امکان ظهور گردابهای جداری درقسمت پائین دست جریان نسبت به امتداد حرکت مایع وجود دارد. (شکل ۱۳)



شکل ۱۳: گردابهای جداری که‌در اثر تیغه‌های جهت دهنده‌درکف چاهک ودرحضور میدان حرکت نامتقارن بوجودمی‌آید.

تیغه‌های گرداب شکن سطحی درساده‌ترین اشکال خودمتشکل از تیغه‌هائی هستندکه‌درفواصل 1.5 - 2D دربالادست لوله‌نگهدارنده‌پمپ وبطورعمودبرامتداد جریان تغذیه‌قرارمی‌گیرند. عمق فرو رفتگی تیغه‌ها درآب درحدود $\frac{1}{4}D$ می‌باشد. (شکل ۱۴)

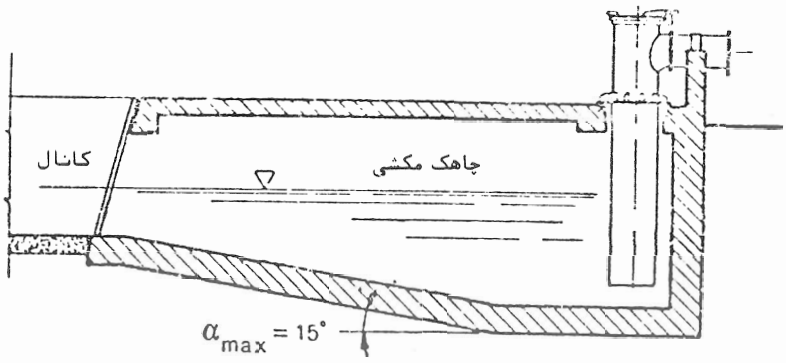
این وسایل بسیارساده‌بوده‌ودرمتوقف ساختن تشکیل گردابهای سطحی بسیارموثرندوبنظر می‌رسدکه‌تاثیرات منفی همراه‌نداشته‌باشند. درصورتیکه‌عمق استغراق خیلی کمتراز مقداری باشد که‌برای جلوگیری ازایجادگردابهای سطحی لازم است می‌توان ازتورهای شناورکه‌لوله‌پمپ را احاطه می‌کنداستفاده‌نمود.



شکل ۱۴: قراردادن تیغه‌های گرداب شکن درسطح آب

وسایل گرداب شکن سطحی درمحدودکردن ورودهوا به‌پمپ بسیار موثربوده ودرنتیجه‌درصورت‌لزوم می‌توان به‌مقدارقابل ملاحظه‌ای ازعمق شناوری کاست .ایجادگردابهای کف وجداری را می‌توان با افزایش مصنوعی زبری جدارهائیکه‌درمعرض این پدیده‌قراردارندمحدودنمود .ولی درموردمفید بودن نصب „مخروط آبی„درقاعده‌لوله‌مکش پمپ توافق کلی وجودندارد .

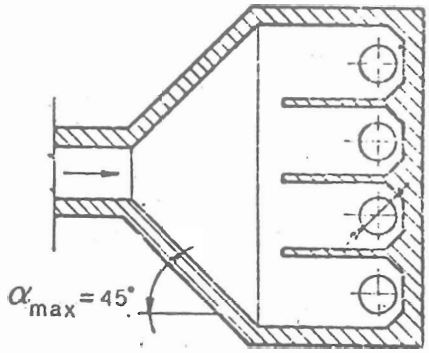
وضعیت قرارگرفتن چاهک مکش نسبت به‌کانال تغذیه ،مناسبت ترین وضعیت برای چاهک‌مکشی قرارگرفتن درامتدادکانال تغذیه‌است .زیراچنین وضعیتی یکنواختی جریان آب را بهترازهرحالت دیگرتامین می‌کنددراین حالت‌کف چاهک باکف‌کانال ورودی طوری بایک اتصالی (Vamp) دارای شیب‌کم‌ارتباط داده‌می‌شودتاحتی‌المقدوراز‌کشاندن هوا بداخل مایع‌واز‌وقوع‌پدیده‌تلاطم‌جلوگیری شود حداکثرمقدارتوصیه‌شده‌برای شیب درحدود ۱۵° وترجیحا"کمترازآن یعنی ۸°-۶ می‌باشد (شکل ۱۵)



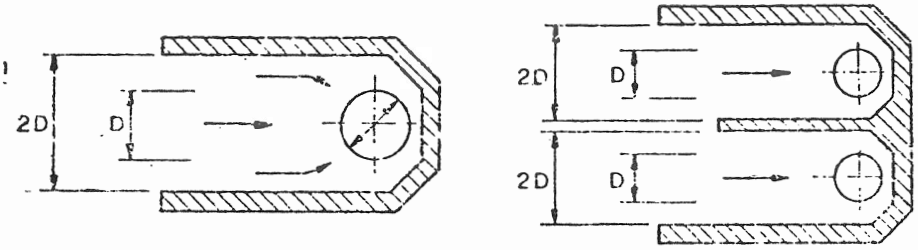
شکل ۱۵: اتصال چاهک مکشی باکانال تغذیه

درعوض تامی‌توان بایدازتغذیه‌عمودی نسبت به‌محورطولی چاهک مکش ویالوله‌هائیکه‌تغذیه‌را به صورت آبشاردرمی‌آورندویااز‌ورودآب به‌چاهک تنگ ترازD2 اجتناب نمود .زیراچنین حالاتی هر چندسرعت متوسط کمترازمقدارتوصیه‌شده‌باشدتوزیع‌میدان حرکت غیریکنواخت بوده‌وحرکت های چرخشی تشدیدخواهندشد .وضعیت قرارگرفتن چندین چاهک مکش نسبت به‌کانال تغذیه‌همان ضوابطی که‌درموردانتخاب چاهک مکش منفردگفته‌شددرباره‌طرح‌چاهک برای نصب چندپمپ نیزباید‌منظور گردد .بهتراست باقراردادن تیغه‌های جداکننده‌چاهک های با ابعادمناسب دررابطه‌با D قطرلوله نگهدارنده‌شرایط جریان برای هرپمپ راتنظیم‌نمود . (شکل ۱۷) بایدازنصب پمپ ها بظورسری و در امتدادمولدکانال تغذیه‌اجتناب نمودزیراتلاطمات ایجادشده‌بوسیله‌پمپ ممکن است برروی‌کارکرد پمپ بعدی تاثیرمنفی گذارد .

به‌منظورتامین صحیح گروههای پمپاژاتصال کانال تغذیه‌به‌چاهک مکش محل نصب پمپهانباید متحمل تغییرمقطع‌ناگهانی شودمعمولا"زاویه‌ارتباط بایدکمترازº۴۵ باشد (ترجیحا"º۲۵)شکل ۱۶.



شکل ۱۶: اتصال کانال تغذیه با چاهک مکش محل استقرار چهار پمپ



شکل ۱۷: ابعاد چاهک مکش چند پمپ در رابطه با D قطر لوله نگهدارنده

۸- نتیجه‌گیری :

۱- بررسی میدان حرکت های گردابی درمخزن مکش پمپ از نظرتئوری کار پیچیده‌ای است وتنها آزمایش روی مدلهای کوچک شده فیزیکی می‌تواند جوابگوی مسائل مطرح شده درپروژه‌های مربوط به‌تاسیسات پمپاژ باشد .

۲- برای جلوگیری از تشکیل گرداب ویا تخفیف اثرات نامطلوب آن می‌توان تدابیری بکار برد .از جمله نصب تیغه‌های جهت دهنده ،وسایل گرداب شکن ویا انتخاب مناسب ابعاد چاهک‌مکش در رابطه D قطرکالمن.

۹- منابع مورداستفاده :

۱- تدین،حبیب اله :کاربردمدلهای هیدرولیک درطراحی وآزمایش پمپ ها ،نشریه‌فنی‌وآموزشی‌شرکت صنایع‌پمپ سازی ایران،شماره ۶،شهریور ۱۳۶۵

۲- تدین،حبیب اله :پمپ ها واصول پمپاژ (نشریه‌درسی)دانشکده‌کشاورزی دانشگاه‌تبریز ۱۳۵۲ (و تجدیدنظرهای بعدی دردانشگاه ارومیه).

3-BIXIO ,CINCENZO: INDIRIZZI SECENTI NELLA PROGETTAZIONE DEGLI IMPIANTI IDROVORI-CLEUP-EDITORE PADOVA(ITALY) 1983

نحوه انتخاب تلمبه های سانتری فیوژ

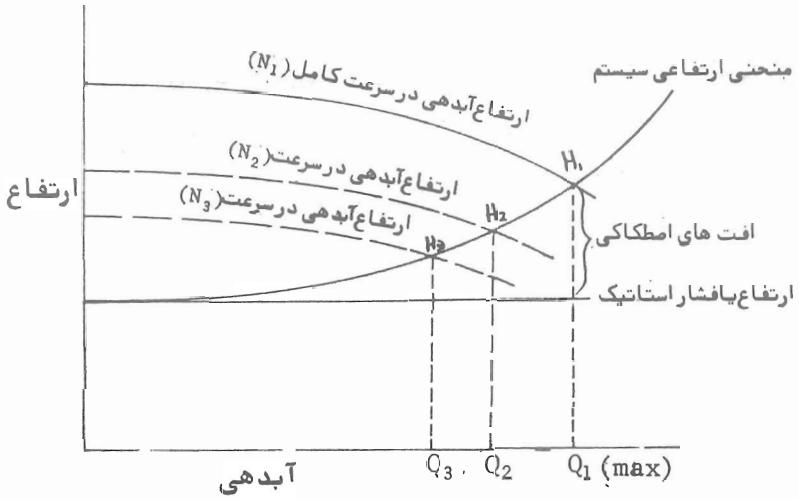
مهندس محمدحسین کرمی

پیشگفتار:

تلمبه های سانتریفوژبدلیل سادگی وفشردگی ساختمان،قیمت نازل ونیزتوانائی آنها برای کاردرشرایط متفاوت مقبولیت عامه داشته ومی توان گفت بیشترین کاربردآنها درصنعت آب است . بعنوان مثال برای جابجائی وانتقال آب مشروب ازطریق خطوط لوله طولانی،تزریق وپمپاژ آب درشبکه های توزیع آب ،جابجا کردن آب ازرودخانه ها بدرون کانال های آبیاری،استخراج آب از چاههای عمیق ونیمه عمیق،گردش آب درتصفیه خانه ها درجهت انجام فرآیندها ومراحل تصفیه و... عموما" ازاین نوع تلمبه ها استفاده میشود .باتوجه به کاربردهای گسترده این نوع تلمبه ،روش درست انتخاب آن برای مواردگوناگون ازاهمیت ویژه ای برخوردار است .درشماره های قبلی نشریه "پمپ" رئوس کلی روش انتخاب تلمبه توضیح داده شده است .درمقاله زیربه جنبه های دیگری ازموضوع توجه شده وآثارزیان آورانتخاب نادرست ازجمله تلمبه بااندازه بزرگتر ازحدلزوم بررسی گریده است .

منحنی های مشخصه (یا دآوری)

آبدهی یک تلمبه سانتریفوژ متغیربوده وتابعی ازسرعت دورانی وارتفاع کل مانومتریک آن میباشد .منحنی های مشخصه مانندآنچه که درشکل (۱) نشان داده شده وشامل منحنی های تغییرات ارتفاع،توان، راندمان ونیزمنحنی NPSH (ارتفاع مکش مثبت خالص) میباشد ،میتواندبرای تعیین آبدهی تلمبه وشرایط آن دروضعیتهای مختلف ارتفاع پمپاژموردا ستفاده قرارگرفته ومبنای طراحی تلمبه خانه باشد .دراین میان،شکل ظاهری منحنی ارتفاع ـ آبدهی نیزمهم است برای مثال عملکردتلمبه ای که منحنی ارتفاع ـ آبدهی آن دارای شیب کمی است ،به گونه ای خواهدبودکه دراثرتغییراندکی در فشارخروجی،تغییرات وسیعی را درمیزان آبدهی ازخودنشان میدهد .چنانچه خواهیم دید ،بسته به



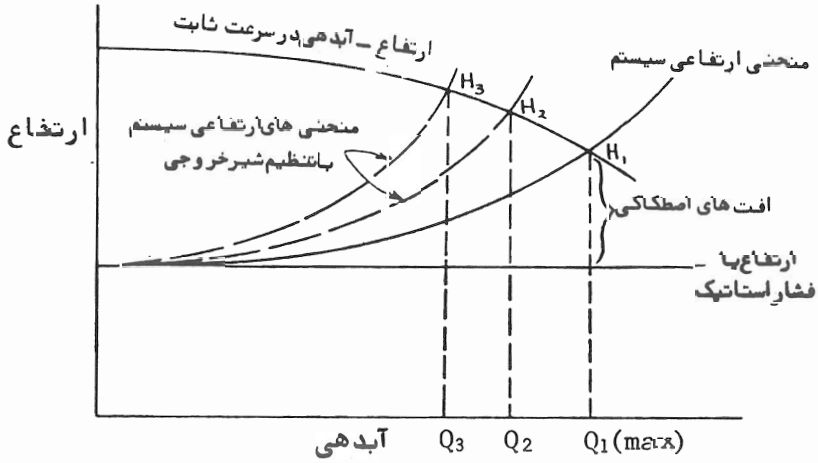
شکل ۱: تغییر آبدهی تلمبه با تغییرات سرعت دورانی

اینکه این تلمبه برای چه کاری مورد استفاده قرار می‌گیرد، این وضع ممکن است مطلوب و یا به عکس نا مطلوب باشد.

مطلب دیگری که ذیلا" مورد بررسی قرار گرفته، کاربرد ضرایب اطمینان در محاسبه اندازه تلمبه و انتخاب آن است. به رغم تصور کلی وچنانچه در ادامه بحث روشن می‌شود، در مورد انتخاب تلمبه افزایش مقادیر و بزرگتر از اندازه لازم انتخاب کردن، نه تنها به کارآئی بیشتر سیستم منجر نمی‌شود بلکه برعکس باعث بروز مشکلات و عملکرد نا مطلوب تلمبه در زمان بهره برداری می‌گردد.

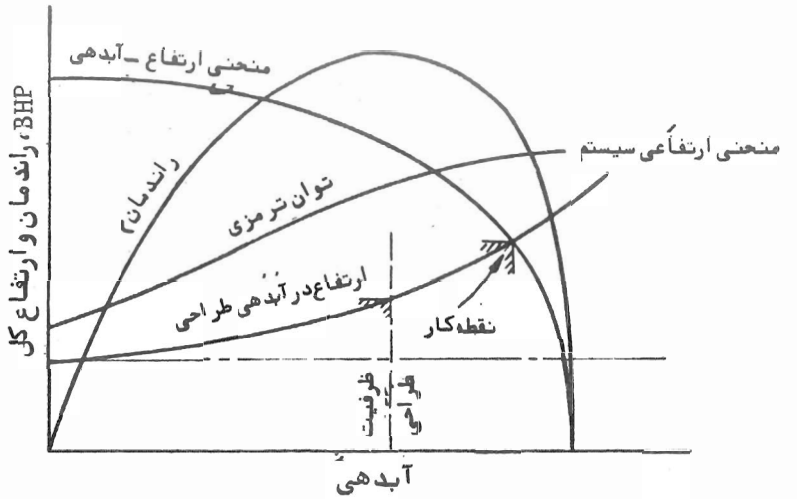
مشخصه های عملکرد

"نقطه کار" یک تلمبه بمحل تلاقی منحنی ارتفاع ـ آبدهی آن، با منحنی ارتفاعی سیستم اطلاق می‌شود. این نقطه را می‌توان با تغییر دادن سرعت دورانی تلمبه تغییر داد (شکل ۲). چنانچه سرعت دورانی تلمبه تقلیل داده شود، آبدهی و ارتفاع آن کاهش می‌یابد.



شکل ۲: تغییر آبدهی تلمبه با تنظیم شیر خروجی

همچنین نقطه‌کار یک تلمبه را می‌توان با بازوبسته‌کردن شیرخروجی آن تغییرداد (شکل ۳).در اثربستن شیرخروجی تلمبه ،منحنی ارتفاعی سیستم ازطریق افزایش افت های اصطکاکی تغییرپیدا کوده ودرنتیجه نقطه‌کار تلمبه جابجا می‌شود .البته بایستی توجه نمودکه تغییرداد ن نقطه‌کار یک تلمبه ازهردوروش مذکوریعنی با تغییرسرعت دورانی یا با تنظیم‌شیرخروجی فقط درصورتی بایستی انجام گیردکه *NPSH* موجودمساوی یا بیشتراز *NPSH* لازم‌باشد .



شکل ۳: اثربزرگتراز اندازه‌بودن یک پمپ

دوحالت مختلف برای کارکردن تلمبه‌که تأثیرمهمی برنحوه انتخاب آن دارد ،می‌توان درنظر گرفت .درحالت اول فقط یک نقطه‌برای آبدهی وارتفاع‌موجوداست .

درحالت دوم‌ممکن است هریک ازمقادیرآبدهی یا ارتفاع‌یا هردوآنها با هم ،درمعرض تغییرات قرارگیرد .

حالت اول را می‌توان به‌تلمبه‌ای تمثیل نمودکه مایع‌سیرکولاسیون یک مبدل حرارتی با مدار بسته‌را تأمین می‌کند .دبی سیرکولاسیون ثابت بوده‌وچون ارتفاع‌لازم‌برابربا مجموع‌افت‌های‌اصطکاکی مدارچرخش مایع‌است ،درنتیجه‌مقدارارتفاع‌نیزثابت می‌باشد .تنها استثناء زمانی پیش می‌آیدکه مایع‌سیرکولاسیون با رسوب‌گذاری باعث جرم‌گرفتگی دردا خل سیستم‌شده‌ودرنتیجه‌افت های اصطکاکی را با گذشت زمان افزایش دهد .

حالت دوم‌وقتی است‌که‌یک تلمبه‌مایعی را به‌مخزنی با فشارمتغیرپمپاژکرده ،یا وقتی‌که‌فشار مکش تلمبه‌تغییرات قابل توجهی داشته ،ویا اینکه‌ظرفیت‌آن تابعی ازیک فرآیندمتغیردیگرباشد. درصورتیکه‌انتظارمی‌رودکه‌شرایط کارتلمبه‌درطول عمربهره‌برداری ازآن نسبتاً"ثابت باشد

نحوه انتخاب بسیار ساده می‌شود .پر واضح است که در این مورد انتخاب تلمبه باید ترجیحا"به گونه‌ای باشد که نقطه کار آن خیلی نزدیک به نقطه بهترین راندمان قرار گیرد .مضافا"باز هم لازم است احتیاط بیشتری در انتخاب تلمبه بعمل آید .از جمله اجتناب کردن از انتخاب تلمبه‌ای بزرگتر از حد نیاز بسیار مهم است .زیرا که بزرگتر از اندازه بودن تلمبه ،اثرات بسیار سوئی بر نحوه کار کردن آن بخصوص وقتی که قرار است دبی آن متغیر باشد ،خواهد گذاشت که این موضوع در قسمت بعدی مقاله روشن خواهد شد .

اگر قرار است شرایط کار یک تلمبه بشدت متغیر باشد ،انتخاب آن پیچیده‌تر می‌شود .در صورت تغییر آبدهی پمپ ،خواه از طریق تغییر سرعت دورانی و خواه از طریق باز و بسته کردن شیر خروجی ، مجموعه عوامل زیر بایستی کاملا"مدنظر قرار گیرد :

۱ـ شیب منحنی ارتفاع ـ آبدهی تلمبه‌ای که برای پمپاژ به یک سیستم توزیع انتخاب می‌شود،نبایستی خیلی تند باشد ،زیرا که در اینصورت تغییری جزئی در میزان دبی مصرفی باعث تغییر فاحشی در فشار خروجی تلمبه می‌شود .شیب مذکور برای تلمبه‌ای که بنا ست آبدهی آن با شیر خروجی تنظیم شود ،نبایستی خیلی کم باشد .

۲ـ مقدار *NPSH* موجود و نیز قدرت موتور محرک تلمبه بایستی برای حداکثر آبدهی لازم کفایت کند .

۳ـ اگر قرار است دو تلمبه گاهگاهی بطور موازی کار کنند ولی در مواقع دیگری یکی از آنها بشکل منفرد کار خواهد کرد ،اثر از مدار خارج بودن یکی از پمپها که به معنی کار کردن دیگری با دبی اضافی می‌باشد ،بایستی تجزیه و تحلیل گردد .

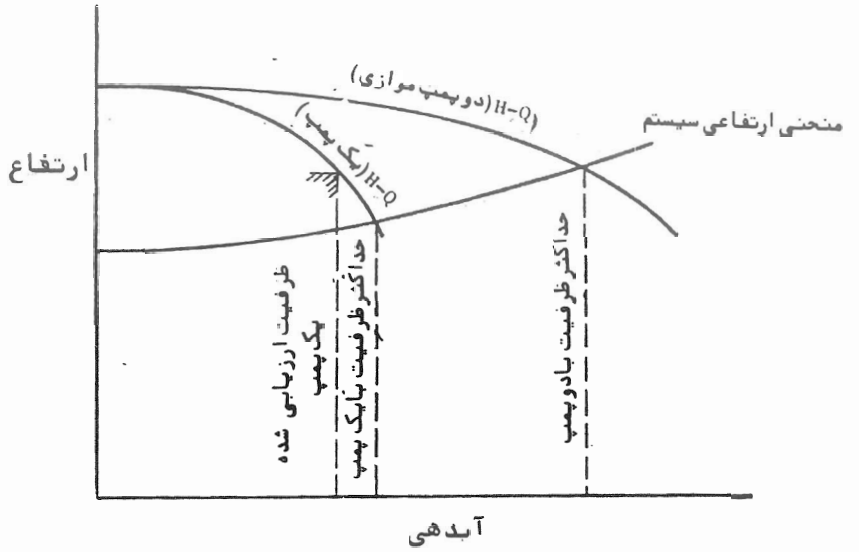
۴ـ بایستی احتیاطهای لازم بعمل آید تا تلمبه انتخاب شده برای کار در کمترین دبی پیش بینی شده نیز مناسب باشد .

وبطور کلی مسائل ناشی از کار کردن تلمبه در دبی‌های غیر عادی،خواه پائین تر و خواه بالاتر از محدوده‌ای که تلمبه برای آن انتخاب می‌شود ،بایستی پیش بینی شده ،بنحوی که تلمبه قادر باشد در این دبی‌ها بدون ایجاد مشکل کار کند .

اثرات بزرگتر از اندازه بودن

بزرگتر از اندازه بودن تلمبه باعث می‌شود که تلمبه گاهی در دبی‌های اضافی وگاهی در ظرفیتهای خیلی پائین کار کند .بطور کلی بزرگتر از اندازه بودن از آنجا پیش می‌آید که در زمان انتخاب تلمبه مقادیر لازم برای آبدهی یا ارتفاع چندین بار و بعنوان دامنه اطمینان(Margin of Safety) افزایش داده شده و این موضوع باعث می‌گردد که ظرفیت نامی تلمبه‌ای که انتخاب شده بمیزان زیادی از حداکثر

دبی عادی موردنیاز افزون ترگردد .شکل(۴)اثربزرگتراز اندازه‌بودن یک تلمبه‌پرآبدهی ونیزبر توان مصرفی آنرا بنحوکمی نشان میدهد .بدیهی است که منحنی ارتفاع‌آبدهی تلمبه ،منحنی‌ارتفاعی سیستم‌را دردبی بسیار بالاتری ازآنچه‌که موردنیاز است قطع‌میکند .توان مصرفی نیزبه‌نوبه‌خود از



شکل ۴: آنالیزحداکثرظرفیت ها وقتی‌که‌پمپ‌های "نیمه‌ظرفیتی" استفاده می‌شود .

مقدارتوانی که‌برای جابجائی مایع‌درظرفیت واقعی لازم‌بوده‌تجاوزمی‌کند .حداکثراینکه‌بتوان با بستن قسمتی ازشیرخروجی تلمبه ،مقدارکمی ازتوان مصرفی آنرا کاهش داد .درصورتیکه‌اگرآبدهی وارتفاع‌تلمبه‌بنحوی انتخاب می‌شدندکه‌با شرایط واقعی سیستم‌جوربا شند ،بخش مهی ازتوان‌مصرفی قابل صرفه‌جوئی بوده‌وبه‌احتمال زیادیک تلمبه‌کوچکتروارزان ترنیزموردا ستفاده‌قرار می‌گرفت.

درعین حال اگرتلمبه‌ای بزرگتراز اندازه‌بوده‌ونقطه‌بهترین راندمان آن هم‌برهمین دبی اغراق آمیزمنطبق با شد ،درعمل این تلمبه‌همیشه‌درظرفیت هائی که‌متناظربا درصدپائین تری از بهترین راندمان آن است کارخواهدکرد .کمترین ضررچنین انتخابی این است که‌این تلمبه‌همواره بایستی با راندمان پائین تری کارکند ،درحالیکه‌اگرانتخاب‌آن برمبنای نزدیکی بیشتربه احتیاجات واقعی انجام‌می‌گرفت ،راندمان بالاتری را بدست می‌داد .ازآن بدتراینکه‌این امرمی‌تواند باعث شودکه‌تلمبه‌درمحدوده‌ای ازمقادیرآبدهی کارکندکه‌وقوع ارتعاشات شدیدوضربات هیدرولیکی را به‌همراه‌داشته‌باشد .درصورتیکه‌برای جبران فرسایش ونیزمشکلات ناشی ازاحتمال دست‌کم‌گرفتن مقدارافت‌های اصطکاکی،لازم‌باشددامنه‌اطمینان درنظرگرفته‌شود ،دامنه‌مذکوررا می‌توان به‌دبی پیش بینی شده‌ویا به‌ارتفاع‌کل لازم‌اضافه‌نمود .نتیجه‌نهائی این عمل برروی منحنی ارتفاع ،آبدهی اساسا"یکسان خواهدبود .ولی اضافه‌کردن به‌ارتفاع‌کل این مزیت را دربردا ردکه‌دبی طراحی شده‌را

به نقطه بهترین راندمان منحنی تلمبه نزدیک ترنگه میدارد .

توصیه میشودکه به تغییرات احتمالی درآینده ،بویژه درموردصنایع پالایش ،که ممکن است افزایش ظرفیت ها را ایجاب نماید ،توجه کافی مبذول گردد .لیکن توجه به انعطاف پذیری تلمبه برای آینده نبایدطراح را به سمت قربانی کردن کارآئی آن برای شرایط کنونی سوق دهد .بزبان دیگراگر انتظار میرود درآینده ظرفیت ها افزایش یابد ،بایستی بجای انتخاب تلمبه برمبنای احتیاجات آتی ولی بهره برداری ازآن با ظرفیت پائین تربرای شرایط کنونی،راه بهتری را جستجونمود .مثلا" میتوان بوسیله همان پمپ ولی با استفاده ازیک پروانه جدیدوگشادتربرای آینده ،احتیاجات فعلی وآتی را همراه نمود .مجددا"واکیدا"توصیه میشود : ((بطورکلی وتا حدامکان تلمبه را بزرگترازاندازه لازم انتخاب نکنید)) .

دراکثرتأسیسات دودستگاه تلمبه بطورموازی نصب میشودتا جوابگوی مجموع آبدهی لازم بوده و هرکدام ازآنها نصف دبی موردنیاز را تأمین کند .چنین ترتیبی که براساس تجارب زیادمبتنی بر حذف پمپ های یدکی است ،مزایای زیادی دربردارد .ازآن جمله اینکه هرگاه یکی ازپمپ ها را اجبارا" خارج ازسرویس قرارردادیم ،انجام پروسه با قسمتی ازبارآن امکان پذیرخواهدبود .

یکی دیگرازمزیت های مهم چنین ترتیبی این است که اگرپیش بینی میشودکه برای مدت زمان قابل توجی بایستی پروسه با بارکمترازه ۵۰ درصدانجام شود ،بتوانیم یکی ازتلمبه ها را خاموش نموده ودرنتیجه پمپ دیگری که درمدار باقی میماندبا راندمان بهتری کارکند ،تا اینکه هردوپمپ اجبارا" در ۵۰ درصدظرفیت خودکارکنند .

وقتی که تلمبه های با صطلاح "نیمه ظرفیتی" استفاده میشوند ،لازم میشوداثرات افزایش ناگهانی بده درا وقاتی که فقط یکی ازتلمبه ها کارمیکندآنالیزگردد .تحت چنین شرایطی منحنی ارتفاع آبدهی یک پمپ تکی،منحنی ارتفاعی سیستم را درنقطه ای با آبدهی بیشتری ازمقدارطرح شده قطع میکند (شکل ۴). ضروری است اطمینان حاصل شودکه *NPSH* موجودبرای این آبدهی بیشترمناسب بوده وتوان موتورمحرک تلمبه نیزکفایت میکند .

کاردربده های پائین تر

کارکردن تلمبه های سانتریفوژدربده های کمتر (نسبت به مقادیرارزیابی شده) ،به نتایج نامطلوبی که ممکن است بطورجداگانه ویا با هم دیگررخ دهدوبایستی قبلا" پیش بینی شده ویا ازآن پیشگیری شود ،منتهی میگردد .برخی ازاین نتایج بشرح زیراست :

۱ـ بدیهی است که تلمبه با راندمانی کمترازبهترین راندمان خودکارمیکند .

۲ـ خصوصاً درصورتیکه طرح پمپ تک حلزونی باشد، ضربه‌ای شعاعی ایجاد شده و بار وارده بر یاتاقانهای شعاعی تلمبه را افزایش می‌دهد. طراحی تلمبه‌ای که در چنین ظرفیت‌هایی کار خواهد کرد، بایستی بنحوی باشد که بتواند این بار اضافی در یاتاقان‌ها را تحمل کند.

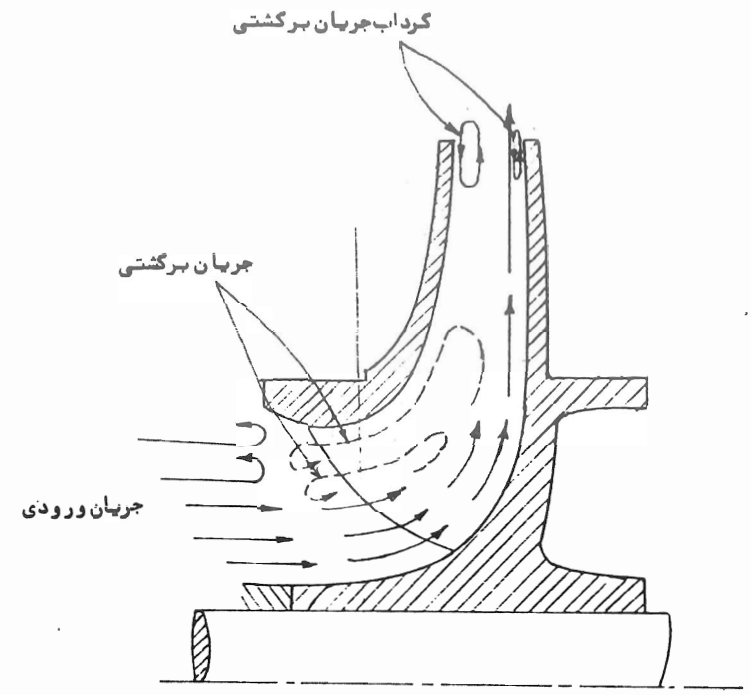
۳ـ همچنانکه بده پمپ کاهش پیدا می‌کند، ترقی درجه حرارت مایع در عبور از تلمبه افزایش می‌یابد. برای اجتناب از تجاوز دما از حدود مجاز، یک خط بای پاس با حداقل دبی بایستی منظور گردد.

۴ـ پمپهای سانتریفوژ برای برخی از دبی‌های پائین تر از دبی متناظر با راندمان ماکزیمم، مواجه با جریان های برگشتی داخلی در هردو طرف مکش و دهش پروانه می‌شوند. این مسئله می‌تواند باعث بروز ضربه‌های هیدرولیکی و آسیبی شبیه به آسیب های ناشی از کاویتاسیون (خلاء زایی) گردد.

اثرات ناشی از سه مورد اول کاملاً مفهوم بوده و نیاز به توضیح بیشتری ندارند. ولی از طرف دیگر موضوع جریان برگشتی داخلی پدیده‌ای است که اخیراً مورد تحقیق کامل قرار گرفته و تنها در سالهای اخیر برخی از طراحان تلمبه آموخته‌اند که مقادیر دبی‌هائی را که در آنها این پدیده رخ می‌دهد پیش بینی و کنترل نمایند. از آن جهت که مصرف کنندگان تلمبه وضع دشواری را که یک طراح پمپ ممکن است با آن مواجه شود تصدیق نمایند، لازم است این موضوع روشن تر شود. درعین حال تفهیم بهتر این مطلب، به مصرف کننده تلمبه کمک خواهد نمود که شرایطی را که باعث عملکرد ضعیف تلمبه و زوال و خوردگی زودرس پروانه آن می‌شود به طراح تحمیل نکند.

جریان برگشتی داخلی در قسمت مکش

فشار رقابت آمیزی که بطور مداوم بر کارخانجات سازنده وارد می‌شود تا پمپ هائی با مقادیر *NPSH* کمتر و کمتر بسازند، آنها را به سمت طراحی پروانه‌هائی با چشمه بزرگتر سوق می‌دهد. گرچه که سرعت‌های پائین تر حاصله، اثر اندکی بر عملکرد پمپ برای نقطه بهترین راندمان آن یا نزدیک این نقطه دارد، ولی در دبی‌های پائین ممکن است منجر به ضربات هیدرولیکی، کار پرسر و صدا و خوردگی زودرس گردد. اینها علائم جریان برگشتی داخلی در قسمت مکش می‌باشند و چنانچه در شکل (۵) نشان داده شده است، در دبی‌های پائین، جریان در اطراف قطر خارجی چشمه، میل به معکوس کردن خود دارد و این امر باعث ایجاد جریان بسیار مغشوش گردیده و نهایتاً به تشکیل گرداب منجر می‌شود. گرچه برای به حداقل رساندن این پدیده و کاهش درصد دبی متناظر با بهترین راندمان که در آن جریان برگشتی مکشی به نحو قابل ملاحظه‌ای آغاز می‌شود، دستورالعمل‌های مشخصی در دسترس طراحان است، ولی این دستورالعمل‌ها عموماً "حداقل *NPSH* لازم را افزایش می‌دهد بزبان عامیانه "با یک تیر نمی‌توان دو نشان زد". بنابراین اگر برای برخی مواقع تلمبه بایستی بمدت زیادی در ظرفیت‌های پائین کار کند،



شکل ۵: مقطع یک پروانه تک مکشی که در آن برگشت جریان مایع در ورودی پروانه و تشکیل گردابهای جریان برگشتی در خروجی آن که در دبی های پائین ایجاد می‌شود، نشان داده شده است.

انتخاب تلمبه با فرض به حداقل رساندن NPSH برای آن، عاقلانه نبوده، بلکه بهتر است بجای آن NPSH کافی فراهم گردد تا بتوان پمپی را انتخاب نمود که مجبور به تحمل اثرات ناشی از جریان برگشتی مکش نباشد.

جریان برگشتی در دهش پروانه

جریان برگشتی در قسمت دهش پروانه تا اندازه‌ای شبیه جریان برگشتی در قسمت مکش بوده و ناشی از تمایل کارخانجات سازنده برای افزایش مقدار راندمان حداکثر تلمبه از راه افزایش ضریب ارتفاعی پروانه آن می‌باشد. شکل (۵) تشکیل گرداب حاصله از برگشت جریان در دبی‌های پائین را نشان می‌دهد. نتایج این نوع برگشت جریان شبیه ایجاد ضربات هیدرولیکی و کاویتاسیون موضعی در نوک پره‌های پروانه می‌باشد. مشاهده اینکه در پمپ های چندطبقه اثرات مذکور معمولا "به اولین پروانه محدود می‌گردد، بطور ضمنی این واقعیت را نشان می‌دهد که این اثرات (در هر دو حالت برگشت جریان در مکش و رانش) شبیه به آثار ناشی از کاویتاسیون می‌باشد. توضیح اینکه در طبقات بعدی تلمبه، فاصله بیشتری بین فشارهای موجود و فشار بخار مایع وجود داشته و اثر برگشت جریان به حداقل رسیده و یا بکلی منتفی می‌گردد.

اینجا مثال دیگری از مغایرت بین عملکرد اوپتیمم برای بهترین راندمان وعملکرد دردبی‌های پائین دیده می‌شود. اگر تلمبه غالبا" درنزدیکی بالاترین راندمان خودکار کند این مغایرت برطرف می‌شود ولی اگر پیش بینی می‌کنیم که بطور ممتد دردبی‌های پائین ترکار خواهد کرد، بایستی کارخانه سازنده را از این موضوع مطلع نمود، زیرا ممکن است از تهیه تلمبه‌ای که باید چنین عملکردی را تحمل کند، اجتناب نماید.

1- Karassik,I.J.,"Pump Handbook",Reprinted by Hydrocarbone Processing,1974.

2- Hicks,T.G.,"Pump Application Engineering",New York,Mc Graw Hill,1971.

راهنمای الکتروپمپ‌های سیرکولاتور

۱- شرح کلی:

الکتروپمپ‌های گرمش ۲۵، ۳۲، ۴۰، ۵۰ برای بگردش درآوردن آب گرم درتاسیسات حرارت مرکزی با درجه‌حرارت تا ۱۱۰ درجه‌سانتیگراد وفشار سیستم تا ۱۰ بار (۱۰۰۰) مناسب می‌باشند. این الکتروپمپ‌ها برای پمپاژ آب نا خالص ویا مصارف آبرسانی مناسب نمی‌باشند.

این الکتروپمپ‌ها مجهز به آب بندی مکانیکی هستند. محور پمپ روی بلبرینگ داخل موتور تکیه داردوبا گریس روغن کاری می‌شودوکاملاً آرام وبی صدا کار می‌کند. الکتروپمپ شما موقعی بدون زحمت ورضایت بخش کار خواهدکردکه مشخصات آن با شرایطی که درآن کار می‌کند منطبق باشند.

۲- نصب:

الکتروپمپ باید ستی درمحلی نصب شودکه به اندازه کافی هوای خنک به آن برسد. درجه‌حرارت اطاقی که تاسیسات درآن نصب شده است نباید از ۴۰ درجه‌سانتیگراد تجاوزکند. محور الکتروپمپ همواره باید به‌صورت افقی نصب شود.

جهت جریان آب باید ستی مطابق با جهت فلش روی محفظه الکتروپمپ باشد، بهتر است درقسمت ورودی وخروجی الکتروپمپ شیرفلکه جهت بستن جریان آب درمواقع لزوم، نصب شود. اتصال لوله به الکتروپمپ باید بدون انتقال هیچگونه تنشی روی الکتروپمپ باشد. اگرهنگام جوشکاری ویاکارهای تعمیراتی دیگر، الکتروپمپ روی خط باشدوگرمای بیش از ۱۱۰ سانتیگراد به آن منتقل شود این گرما باعث صدمه‌زدن به‌قسمتهای لاستیکی وپلاستیکی الکتروپمپ خواهدشد.

اگردسترسی به‌جعبه‌تقسیم الکتروپمپ مشکل باشدمی‌توان با بازکردن پیچهای (۹۱۴) وچرخاندن الکتروموتور به اندازه ۱۲۰ درجه آنرا درموقعیت مناسبی قرارداد.

۲/۱- اتصالات الکتریکی:

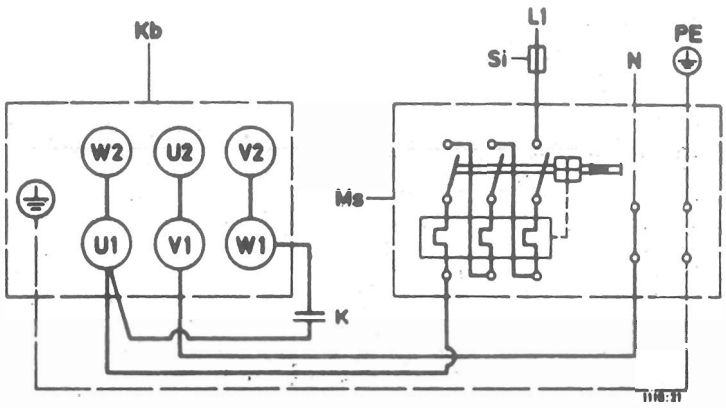
اتصالات قسمت برقی باید بوسیله برقکار ماهر انجام شود. ولتاژ سیستم باید مطابق با پلاک روی موتور باشد.

نباید کابل موتور از جعبه‌تقسیم بطورعمودی درجهت بالا خارج شود اگرلازم باشدمی‌توان جعبه تقسیم را ۱۸۰ درجه‌دوران داد.

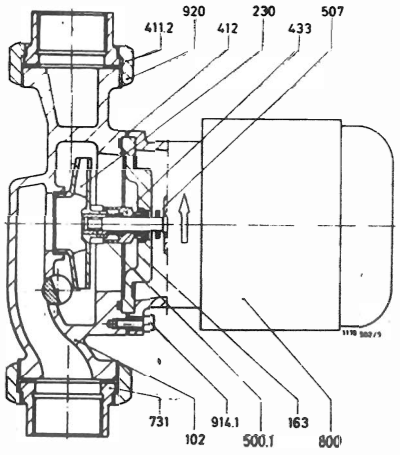
جهت صحیح گردش موتور بوسیله فلش روی محفظه موتور مشخص شده است. الکتروپمپ را به‌مدت طولانی بدون آب روشن نکنیدوضمناً الکتروپمپ نباید درموقعیتی قرارداشته باشدکه آب روی آن چکه کند. درموقع وصل کردن الکتروموتور به‌برق ۲۲۰ ولت، یک سیم را به‌سیم‌خازن ببندیدومطابق شکل ۱ اگرجهت گردش اشتباه باشد اتصال L_1 به W_1 را با U_1 عوض کنید. برای موتور باید ستی رله‌حفاظت درنظرگرفته‌شود.

۳- نگهداری:

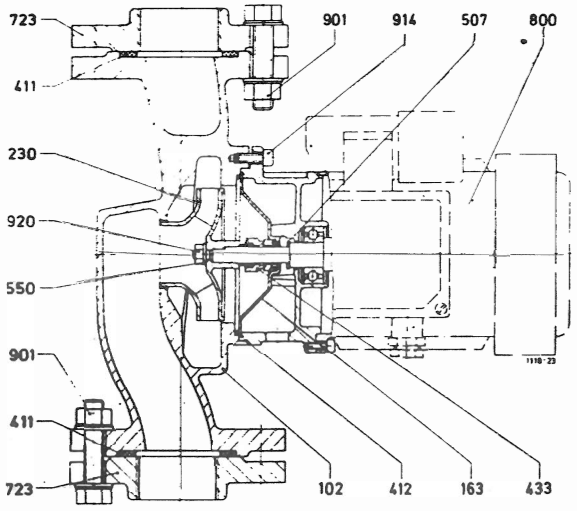
پمپ وآب بندی مکانیکی به‌نگهداری وسرویس احتیاج ندارند. درابتدا ممکن است آب بندی مکانیکی نشتی جزئی داشته‌باشدکه این نشت بعدازمدتی برطرف خواهدشد.



شکل ۱: طرزبستن سرسیم‌ها ووسایل حفاظتی الکتروموتورپمپ‌های
سیرکولاتور SI فیوز MS رله حفاظتی K خازن Kb جعبه تقسیم



الکتروپمپ سیرکولاتور گرمش ۳۲ و ۲۵



الکتروپمپ سیرکولاتور گرمش ۴۰ و ۵۰

لیست قطعات

نام قطعه	شماره قطعه	نام قطعه	شماره قطعه
محفظه‌حلزونی	۱۰۲	پروانه	۵۰۰/۱
درپوش محفظه	۱۶۳	آب پخش کن	۵۰۷
پروانه	۲۳۰	ماسوره	۷۳۱
واشر کاغذی	۴۱۱/۲	موتور	۸۰۰
اورینگ	۴۱۲	پیچ بدنه	۹۱۴
آب‌بندی مکانیکی	۴۳۳	مهره	۹۲۰

لیست قطعات

نام قطعه	شماره قطعه	نام قطعه	شماره قطعه
محفظه حلزونی	۱۰۲	واشر	۵۵۰
درپوش محفظه	۱۶۳	فلانش	۷۲۳
پروانه	۲۳۰	موتور	۸۰۰
واشر لاستیکی	۴۱۱	پیچ شش‌گوش	۹۰۱
اورینگ	۴۱۲	پیچ آلنی	۹۱۴
آب‌بندی مکانیکی	۴۳۳	پیچ شش‌گوش	۹۲۰
آب پخش کن	۵۰۷		