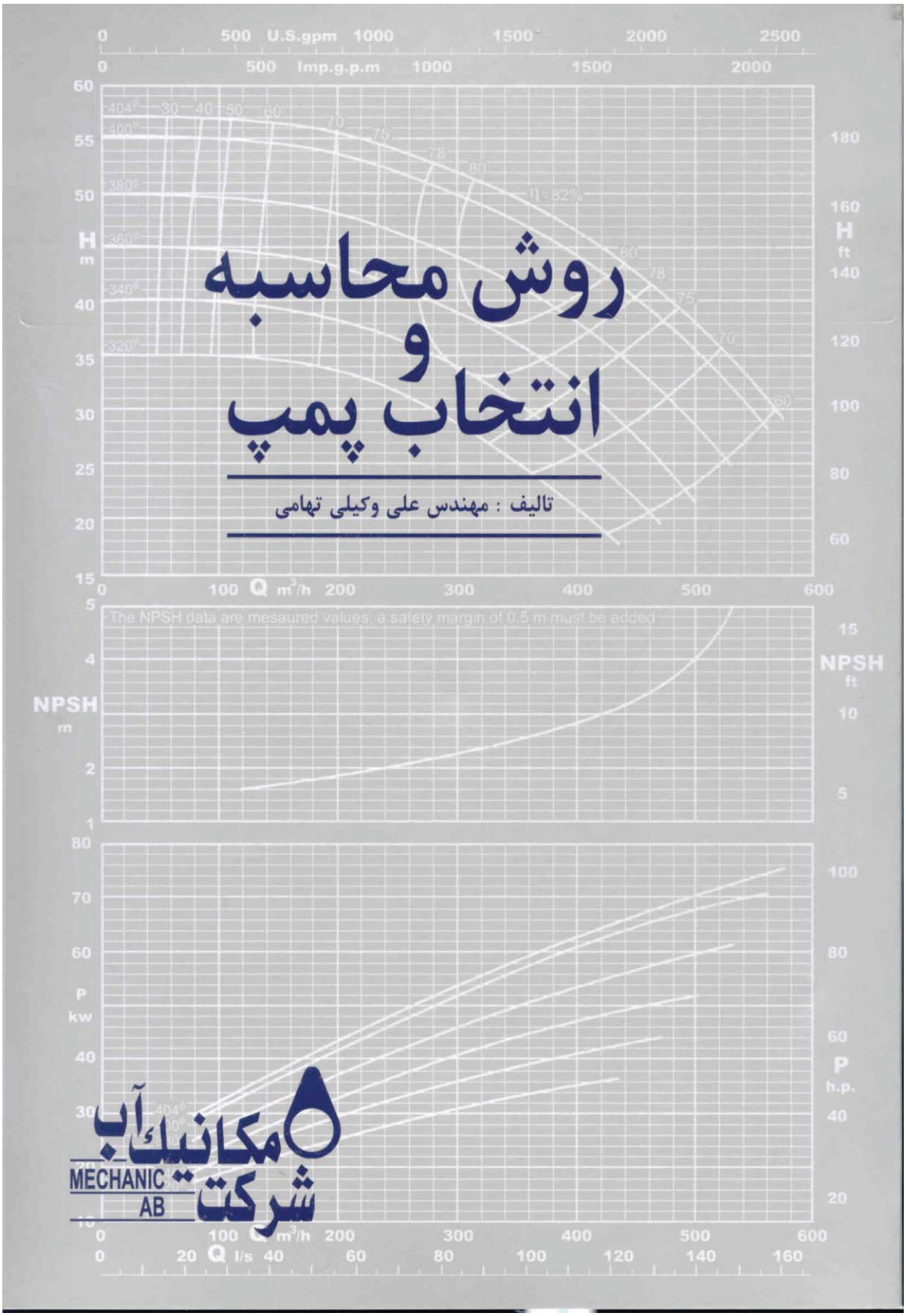


روش محاسبه و انتخاب پمپ

تالیف : مهندس علی وکیلی تهامی

شرکت مکانیک آب
MECHANIC AB

روش محاسبه و انتخاب پمپ

تالیف : مهندس علی وکیلی تهامی

شرکت مکانیک آب
MECHANIC AB

وکیلی تهامی، علی، -۱۳۳۶ -
روش محاسبه و انتخاب پمپ / علی وکیلی تهامی [به سفارش شرکت مکانیک آب]. - تبریز: آیدین، ۱۳۸۲.
۱۱۲ ص. مصور، جدول.
ISBN: 964-5592-10-0 ۱۰۰۰۰ ریال
فهرستنویسی براساس اطلاعات فیپا.
چاپ دوم.
۱. تلمبه -- طرح و محاسبه. الف. شرکت مکانیک آب. ب. عنوان.
۹ر۸و / TJ۹۰۰ ۶۲۱/۶۹
کتابخانه ملی ایران ۸۲-۹۴۷۱م

نام کتاب : روش محاسبه و انتخاب پمپ
تالیف : مهندس علی وکیلی تهامی
امور گرافیک : علیرضا سلطانی
ناشر : انتشارات آیدین
نوبت چاپ : دوم ۱۳۸۲ (اول / ۱۳۶۲)
تیراژ : ۲۰۰۰ نسخه / ۱۱۲ صفحه در قطع وزیری
شابک : ۰-۱۰-۵۵۹۲-۹۶۴
قیمت : ۱۰۰۰۰ ریال
حق چاپ محفوظ

مقدمهٔ چاپ اول

به نام خدا

اینجانب به علت اشتغال در یکی از کارخانجات پمپ‌سازی عمده ایران و سر و کار داشتن با اکثر مصرف‌کنندگان پمپ، متوجه پایین بودن سطح معلومات فنی این عزیزان در زمینهٔ فوق شدم و با توجه به اینکه خسارات ناشی از این عدم آگاهی سرمایهٔ هنگفتی را به خود اختصاص می‌دهد، اقدام به تألیف این کتاب نمودم.

چون اکثر کتاب‌های فارسی مربوط به پمپ صرفاً به ذکر نکات تئوریک و مکانیزم‌های عملکرد انواع گوناگون پمپ‌ها اکتفا کرده‌اند، سعی من در تألیف این کتاب بر این بوده است که مطالب اساسی را به ساده‌ترین روش و به همراه شکل‌های گویا بیان کنم و در موارد گوناگون به حل مسائل نمونه بپردازم و از ذکر مسائل صرفاً تئوریک خودداری کرده و بیشتر بر روی جنبه‌های محاسباتی دقیق و عملی تأکید کنم.

در خاتمه مجموعه‌ای از منحنی‌های مشخصات انواع پمپ‌های موجود در ایران را جهت استفاده خوانندگان عزیز ضمیمه کرده‌ام.

به امید راهنمایی‌های اساتید و همکاران محترم

مؤلف ۱۳۶۲

مقدمهٔ چاپ دوم

کتاب حاضر برای اولین بار در سال ۱۳۶۲ با تیراژ ۲۰۰۰ جلد به علاقمندان ارائه شد و در مدت ۳ سال چند مرتبه تجدید چاپ شد. با اینکه ۱۹ سال از تاریخ اولین چاپ آن می‌گذرد به نظر اینجانب هنوز مطالبی در آن وجود دارد که در اغلب متون فنی فارسی کمتر به آن پرداخته شده است. اینجانب در سال ۱۳۶۶ کتاب دیگری در همین رابطه نوشتم که در واقع ادامهٔ این کتاب بود و مطالب کاملتر و پیچیده‌تر مربوط به پمپ‌ها را شامل می‌شد که متأسفانه در شرایط وقت موفق به چاپ آن نشده‌ام و چون از آن تاریخ درگیر مسائل تولید و ساخت شیرآلات صنعتی شدم، مسائل و مشکلات زیادی که در این راه بود تاکنون فرصتی دست نداد تا بتوانم کتاب حاضر را تجدید چاپ بکنم. سعی من در این کتاب بر این بوده است که مطالب اساسی را به ساده‌ترین و عملی‌ترین روش به همراه شکل‌های گویا بیان بکنم و در موارد گوناگون به حل مسائل نمونه بپردازم و از ذکر مطالب صرفاً تئوریک خودداری کرده و بیشتر بر روی جنبه‌های محاسباتی دقیق و عملی تأکید بکنم. امیدوارم این کتاب و سایر کتاب‌ها و مقالاتی که شرکت مکانیک آب در رابطه با پمپ‌ها، شیرآلات صنعتی، خطوط لوله و مسائل ضربت قوچی به چاپ خواهد رساند، مجموعهٔ باارزشی باشند و بتوانند برخی اطلاعات فنی مورد نیاز را به علاقمندان این صنعت ارائه بکنند.

علی وکیلی تهامی

فهرست مطالب

۱ـ علائم و واحدها ۹

۲ـ انتخاب پمپ ۱۱

۲–۱ دبی پمپ ۱۱

۲–۲ ارتفاع کلی پمپ ۱۱

۲–۳ ارتفاع کلی سیستم ۱۱

۲–۴ سرعت دورانی ۱۳

۲–۵ انتخاب تیپ پمپ ۱۳

۲–۶ محاسبهٔ توان مصرفی ۱۴

۲–۶–۱ توان مصرفی پمپ ۱۴

۲–۶–۲ محاسبهٔ قدرت موتور ۱۵

۲–۷ منحنی مشخصات پمپ ۱۵

۲–۸ منحنی مشخصات لوله‌کشی (سیستم) ۱۶

۲–۹ نقطهٔ کار پمپ بر روی منحنی ۱۷

۲–۱۰ موازی بستن پمپ‌ها ۱۷

۳ـ مشخصات مکش پمپ ۱۹
۳–۱ NPSH لازم ۱۹
۳–۲ NPSH موجود ۲۰
۴ـ افت فشار ۲۳
۴–۱ افت فشار در لوله‌های مستقیم ۲۳
۴–۲ افت فشار در شیرها و اتصالات ۲۳
۴–۳ افت فشار مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد در لوله‌های مستقیم ۲۶
۵ـ تغییر دادن مشخصات پمپ ۲۹
۵–۱ تغییر دادن سرعت دورانی ۲۹
۵–۲ کم کردن قطر پروانه (تراش پروانه) ۳۰
۶ـ پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد ۳۱
۷ـ روش استفاده از تسمه و پولی برای تغییر دادن مشخصات پمپ ۳۳
۸ ـ مثال‌های نمونه در مورد انتخاب پمپ ۳۹
۸–۱ انتخاب پمپ ۳۹
۸–۲ محاسبهٔ توان مصرفی پمپ ۴۰
۸–۲–۱ توان مصرفی پمپ ۴۰
۸–۲–۲ محاسبهٔ قدرت موتور ۴۱
۸–۳ محاسبهٔ NPSH موجود ۴۲
۸–۳–۱ مکش از مخزن باز یا بسته پایین‌تر از پمپ ۴۲
۸–۳–۲ مکش از مخزن باز یا بستهٔ بالاتر از پمپ (مکش مثبت) ۴۲
۸–۳–۳ مکش از مخزن بسته بالاتر از پمپ تحت فشار بخار مایع ۴۲
۸–۴ تغییر دور ۴۴
۸–۵ تراش پروانه ۴۴
۸–۶ پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد ۴۵
۸–۶–۱ محاسبهٔ نقطهٔ کار پمپ ۴۵
۸–۶–۲ انتخاب تیپ پمپ ۴۶
۹ـ محاسبهٔ اندازه و ابعاد حوضچهٔ مکش پمپ ۴۹
۱۰ـ روش کارگذاری و اندازه‌های مربوط به لولهٔ مکش پمپ ۵۱

۱۱ـ پمپ‌های شناور (روش محاسبه و انتخاب) ۵۳
۱۲ـ پمپ‌های فشار قوی (روش محاسبه و انتخاب) ۵۷
۱۳ـ پمپ‌های سیرکولاتور (روش محاسبه و انتخاب) ۶۱
۱۴ـ پمپ‌های آتش‌نشانی (روش محاسبه و انتخاب) ۶۳
۱۵ـ روش محاسبه و انتخاب کلید، فیوز و کابل ۶۵
۱۶ـ جداول و منحنی‌ها ۷۱
۱–۱۶ فشار بخار و دانسیتهٔ آب ۷۲
۲–۱۶ فشار بخار مایعات مختلف ۷۳
۳–۱۶ دانسیتهٔ مایعات مختلف تحت فشار جو ۷۴
۴–۱۶ واحدهای مختلف ۷۵
۵–۱۶ تبدیل واحدهای آمریکایی و انگلیسی ۷۶
۶–۱۶ منحنی مربوط به محاسبهٔ افت فشار H_v در لوله‌ها ۷۹
۷–۱۶ منحنی مربوط به محاسبهٔ ضرایب تبدیل برای مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد ۸۰
۸–۱۶ منحنی مربوط به محاسبهٔ سرعت مخصوص ۸۱
۱۷ـ منحنی‌های مشخصات انواع پمپ‌های موجود در ایران ۸۳

۱ـ علائم و واحدها

قطر پروانه	mm	D
قطر اسمی لوله یا نازل پمپ	mm	DN
ضریب تبدیل برای ارتفاع کلی	--	f_H
ضریب تبدیل برای دبی	--	f_Q
ضریب تبدیل برای راندمان	--	f_η
شتاب ثقل	m/s^2	g
ارتفاع کلی	m	H
ارتفاع کلی سیستم	m	H_A
ارتفاع استاتیک	m	H_{geo}
ارتفاع دبی صفر	m	H_0
ارتفاع مکش استاتیک	m	$H_{s\ geo}$
ارتفاع مکش مثبت استاتیک	m	$H_{z\ geo}$
افت فشار	m	H_v [H_J]
افت فشار در طرف مکش	m	$H_{v,\ s}$ [H_J]
اختلاف ارتفاع	m	ΔH
عدد مربوط به مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد	--	K_z

سرعت دورانی	1/min	n
NPSH لازم	m	$NPSH_{req}$
NPSH موجود	m	$NPSH_{av}$
سرعت مخصوص	1/min	n_q
توان مصرفی پمپ	kW	P
فشار در قسمت خروجی سیستم	bar (N/m^2)	p_a [p_{av}]
فشار جو	bar (N/m^2)	p_b
فشار در قسمت خروجی پمپ	bar (N/m^2)	p_d [p_2]
فشار بخار مایع	bar (N/m^2)	p_D [p_v]
فشار در قسمت ورودی سیستم	bar (N/m^2)	p_e
فشار در قسمت ورودی پمپ	bar (N/m^2)	p_s [p_1]
اختلاف دبی	1/s (m^3/h)	ΔQ
دبی	1/s (m^3/h)	Q
مینیمم دبی	1/s (m^3/h)	Q_{min}
مناسب‌ترین دبی	1/s (m^3/h)	Q_{opt}
سرعت جریان	m/s	v
سرعت جریان در قسمت خروجی سیستم	m/s	v_a [v_{av}]
سرعت جریان در قسمت خروجی پمپ	m/s	v_d [v_2]
سرعت جریان در قسمت ورودی سیستم	m/s	v_e
سرعت جریان در قسمت ورودی پمپ	m/s	v_s [v_1]
اختلاف ارتفاع بین نازل ورودی و خروجی پمپ	m	$z_{s,d}$ [$z_{1,2}$]
ضریب افت	--	ζ
راندمان پمپ	--	η
ضریب اصطکاک	--	λ
ویسکوزیته سینماتیک	m^2/s	ν
دانسیته	kg/m^3 (kg/dm^3)	ρ

۲ـ انتخاب پمپ

۲-۱ دبی پمپ

دبی پمپ عبارتست از مقدار مایعی که در واحد زمان از آن خارج می‌شود و واحدهای آن مترمکعب در ثانیه، لیتر در ثانیه و یا مترمکعب در ساعت هستند.

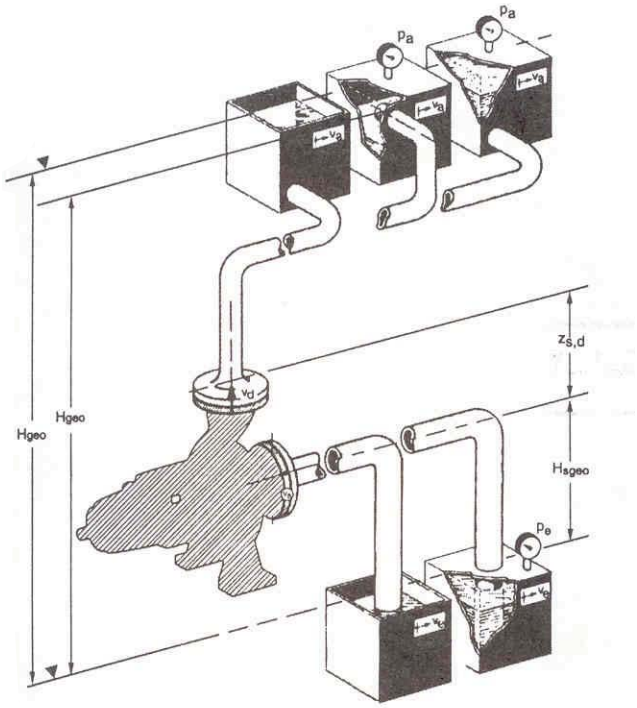
۲-۲ ارتفاع پمپ

ارتفاع پمپ عبارتست از انرژی مکانیکی مفیدی که در رابطه با وزن مایع توسط پمپ به مایع منتقل می‌شود و به متر بیان می‌گردد. ارتفاع پمپ به دانسیتهٔ مایع بستگی ندارد به طور مثال یک پمپ سانتریفیوژ برای همهٔ مایعات به یک اندازه ارتفاع تولید خواهد کرد که به دانسیتهٔ آنها بستگی نخواهد داشت. دانسیته مایع فشار داخل پمپ را سبب می‌شود و بخشی از توان مصرفی پمپ را به خود اختصاص می‌دهد.

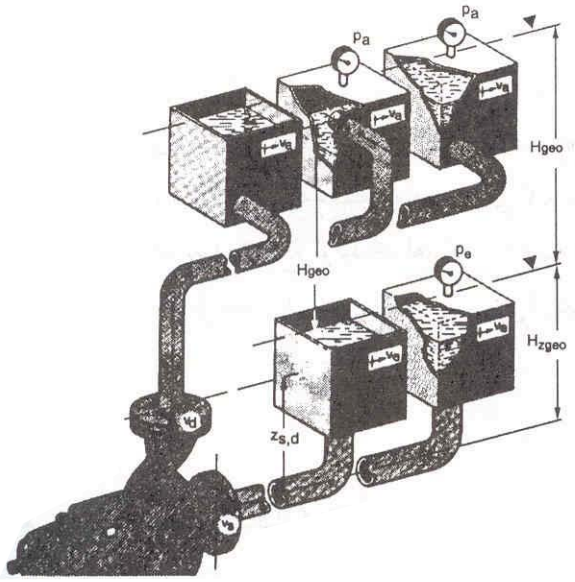
۲-۳ ارتفاع کلی سیستم

ارتفاع کلی سیستم H_A از عوامل زیر تشکیل شده است (شکل‌های ۱ و ۲)

- H_{geo} یا ارتفاع استاتیک = اختلاف ارتفاع بین سطح ورودی و خروجی مایع. اگر لولهٔ خروجی بالاتر از سطح مایع در قسمت خروجی قرار داشته باشد در آن صورت اختلاف



شکل ۱ـ مکش (پمپ بالاتر از سطح مایع در طرف مکش قرار دارد).



شکل ۲ـ مکش مثبت (پمپ پایین‌تر از سطح مایع در طرف مکش قرار دارد).

ارتفاع از مرکز لوله خروجی محاسبه می‌شود.

- $\frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g}$ اختلاف فشار بین قسمت ورودی و خروجی در سیستم‌های بسته.
- ΣH_v مجموع افت فشارها (اصطکاک در لوله‌ها و اتصالات و غیره).
- $\frac{v_a^2 - v_e^2}{2g}$ اختلاف در ارتفاع ناشی از سرعت در قسمت ورودی و خروجی.

بنابراین ارتفاع کلی سیستم عبارتست از:

$$H_A = H_{geo} + \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + \frac{v_a^2 - v_e^2}{2g} + \Sigma H_v$$

عملاً می‌توان از اختلاف در ارتفاع ناشی از سرعت صرف‌نظر کرد که فرمول بالا به این صورت نوشته می‌شود.

برای سیستم‌های بسته $H_A \approx H_{geo} + \frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g} + \Sigma H_v$

برای سیستم‌های باز $H_A \approx H_{geo} + \Sigma H_v$

۲-۴ سرعت

در موتورهای جریان متناوب a.c. (قفسهٔ سنجابی) سرعت‌های پمپ تقریباً به قرار زیر هستند:

تعداد پل‌ها / فرکانس	2	4	6	8	10	12	14
	Reference speeds in curve documentation in 1/mm						
at 50 Hz	2900	1450	960	725	580	480	415
at 60 Hz	3500	1750	1160	875	700	580	500

در عمل موتورها با سرعتی اندکی بیشتر از آنچه که ذکر شد کار می‌کنند و این مسأله را در مرحلهٔ طراحی سیستم می‌توان در نظر گرفت (بخش ۴-۷). از سرعت‌های دیگر نیز می‌توان استفاده کرد و این کار وسیلهٔ جعبه دنده یا تسمه عملی می‌شود.

۲-۵ انتخاب تیپ پمپ

با در دست داشتن ارتفاع کلی H و دبی Q می‌توان پمپ را از مجموعهٔ منحنی‌های مشخصات انتخاب نمود و با پیدا کردن نقطهٔ کار پمپ از روی منحنی می‌توان سایر پارامترها را از قبیل توان

مصرفی، راندمان و NPSH به دست آورد.

در انتخاب پمپ حدالمقدور باید سعی شود مناسب‌ترین دبی Q_{opt} به دست آید و آن عبارتست از دبی مربوط به بهترین نقطهٔ راندمان پمپ.

در مورد پمپ‌هایی که برای مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد به کار می‌روند بـه بـخش ۶ و ۲-۶-۷ مراجعه شود.

۶-۲ محاسبهٔ توان مصرفی

۱-۶-۲ توان مصرفی پمپ (به مثال ۱-۲-۷ مراجعه شود)

توان مصرفی P یک پمپ سانتریفیوژ عبارتست از توانی که در کوپلینگ یا محور پمپ از موتور جذب می‌شود و به وسیلهٔ فرمول زیر محاسبه می‌گردد:

$$P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} \quad \text{kW برحسب}$$

ρ برحسب kg/dm^3

g برحسب m/s^2

Q برحسب l/s

H برحسب m

فرمول دیگری که هنوز مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتست از:

$$P = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta} \quad \text{kW برحسب}$$

ρ برحسب kg/dm^3

Q برحسب m^3/h

H برحسب m

ضریب تبدیل (عدد ثابت) 367

توان مصرفی پمپ را می‌توان مستقیماً از روی منحنی مشخصات مربوط به آن پـمپ بـه دست آورد البته این کار در مواردی صدق می‌کند که دانسیتهٔ مایع $1,0\ kg/dm^3$ باشد. برای سایر دانسیته‌ها

باید از ضرایب تبدیل استفاده کرد (بخش ۱-۲-۷).

۲-۶-۲ محاسبهٔ قدرت موتور

به علت امکان تغییر یافتن نقطهٔ کار پمپ که می‌تواند در مواردی توان مصرفی پمپ را افـزایش دهد، ضرایب اطمینان زیر در انتخاب موتور در نظر گرفته می‌شود:

20% تا 7,5 kW

15% تا 7.5 to 40 kW

10% تا 40 kW به بالا

اگر احتمال تغییرات بسیار زیاد در دبی پمپ وجود داشته باشد، توان موتور باید از روی منحنی نسبت به نقطهٔ دبی ماکزیمم انتخاب گردد و نکات زیر باید در نظر گرفته شود:

- قطر پروانهٔ لازم
- شرایطی که تحت آن $NPSH_{av} \geq NPSH_{req}$ باشد (بخش ۲-۳)
- مقدار $\frac{P}{n}$ مجاز برای یاتاقان‌ها (بلبرینگ‌ها).

۲-۷ منحنی مشخصات پمپ

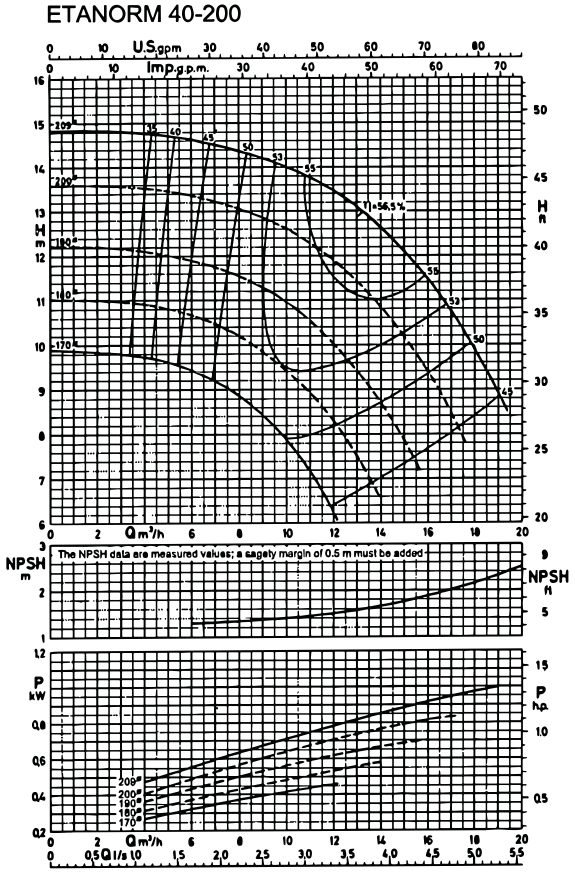
در دور ثابت، دبی پمپ‌های سانتریفیوژ با کاهش یافتن ارتفاع، افزایش خواهد یافت بـنابرایـن توان مصرفی پمپ، راندمان و $NPSH_{req}$ به مقدار دبی بستگی دارد. عملکرد و رابطهٔ بین این متغیرها در منحنی مشخصات پمپ سانتریفیوژ (شکل ۳) نشان داده شده است.

این منحنی‌ها با استفاده از دانسیته و ویسکوزیتهٔ سینماتیک آب به دست آمده‌انـد. بـنابرایـن در مورد آب به طور مستقیم می‌توان از آنها استفاده کرد.

شرایط کار مشخص تعیین می‌کند که از چه پمپی و با چه نوع منحنی مشخصات باید استفاده کرد (شکل ۴) در منحنی‌ای که شیب تند داشته باشد با تغییر یافتن ارتفاع، دبی کمتر از منحنی‌ای که شیب آرام دارد تغییر می‌کند. بنابراین منحنی‌ای که شیب تند داشته باشد از شرایط کنترل بهتری برخوردار است.

۸-۲ منحنی مشخصات لوله‌کشی (مشخصات سیستم)

ارتفاع کلی سیستم به ازای دبی‌های مختلف محاسبه و در یک منحنی رسم می‌شود (شکل ۵). این منحنی از قسمت‌های استاتیک و دینامیک تشکیل یافته است. قسمت استاتیک تشکیل یافته است از ارتفاع استاتیک که مستقل از دبی می‌باشد بعلاوه اختلاف فشار در قسمت ورودی و



شکل ۳ـ منحنی مشخصات پمپ سانتریفیوژ.

خروجی سیستم $\frac{p_a - p_e}{\rho \cdot g}$. (البته قسمت اخیر در سیستم‌های باز وجود ندارد) (شکل ۱).

قسمت دینامیک عبارتست از افت فشار که به نسبت توان دوم دبی افزایش می‌یابد (بخش ۱-۴)

و اختلاف ارتفاع ناشی از سرعت در قسمت ورودی و خروجی سیستم $\frac{v_a^2 - v_e^2}{2g}$

۹-۲ نقطهٔ کار پمپ بر روی منحنی

نقطهٔ کار پمپ عبارتست از محل تقاطع منحنی مشخصات پمپ (منحنی QH) و منحنی مشخصات لوله‌کشی (H_A). بنابراین نقطهٔ کار پمپ را تنها به سه طریق می‌توان تغییر داد.

الف ـ تغییر سرعت دورانی (بخش ۱-۵).

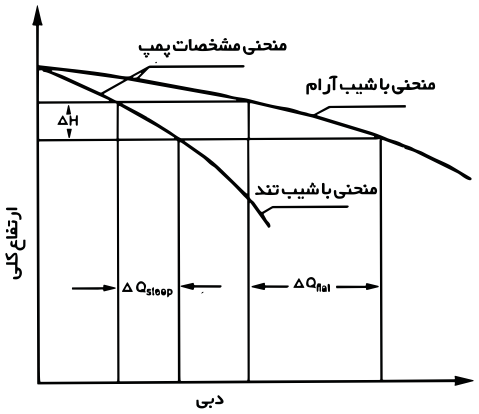
ب ـ کم کردن قطر پروانه (تراش پروانه بخش ۲-۵).

ج ـ تغییر دادن مشخصات لوله‌کشی.

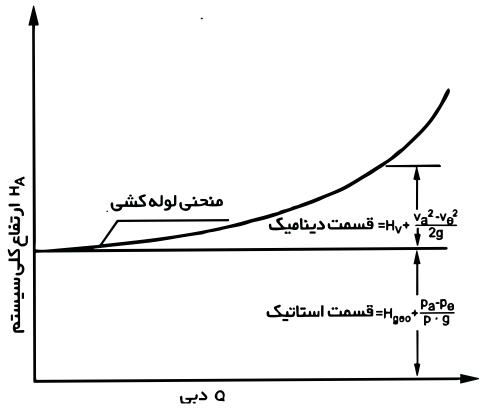
انجام دادن هر یک از عملیات فوق نباید مسألهٔ کاویتاسیون را پیش بیاورد (بخش ۶ و ۷). تنها طریق عملی برای تغییر دادن مشخصات لوله‌کشی افزایش دادن اصطکاک سیستم می‌باشد (به طور مثال باز کردن یا بستن یک شیر و غیره).

۱۰-۲ موازی بستن پمپ‌ها

وقتی یک پمپ به تنهایی قادر به تأمین دبی لازم نیست می‌توان از دو یا چند پمپ به طور موازی



شکل ۴ـ منحنی مشخصات با شیب تند و آرام.

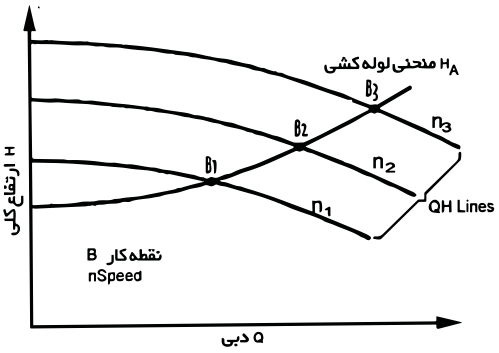


شکل ۵ـ منحنی مشخصات لوله‌کشی (سیستم).

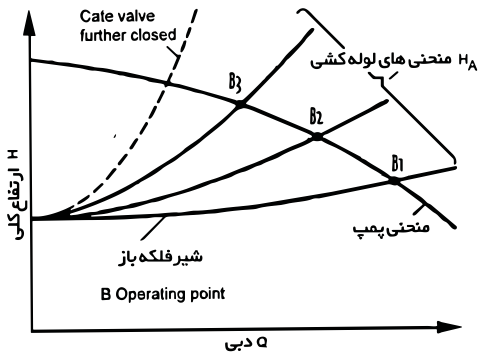
استفاده کرد. این پمپ‌ها ترجیحاً باید مشابه باشند (به خاطر تأمین راندمان بهتر و کارکرد اقتصادی‌تر) در شکل ۸ هر پمپ با ارتفاع ثابت، نصف دبی را تأمین می‌کند.

شکل ۹ روش دیگری برای حل این مسأله نشان می‌دهد: دو عدد پمپ با ارتفاع دبی صفر H_0 مساوی ولی دبی‌های مختلف Q_I Q_{II} که در نقطه کار B به یک لوله آب می‌فرستند.

مجموع Q_I پمپ ۱ و Q_{II} پمپ ۱۱ در ارتفاع کلی H دبی کلی را به دست می‌دهد.



شکل ۶ـ تغییر موقعیت نقطهٔ کار از B_1 به B_3 بر روی منحنی مشخصات لوله‌کشی توسط تغییر دادن سرعت دورانی از n_1 - n_3.

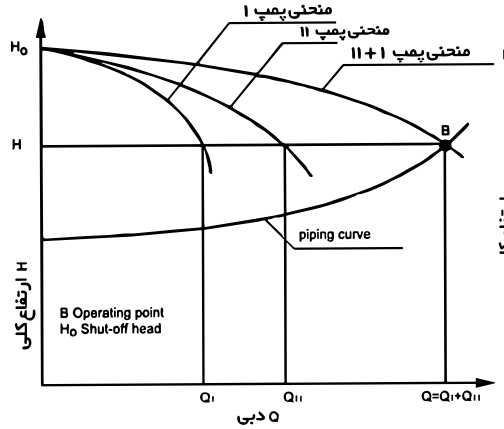


شکل ۷ـ تغییر موقعیت نقطهٔ کار از B_1 به B_3 بر روی منحنی QH توسط بستن یک شیر.

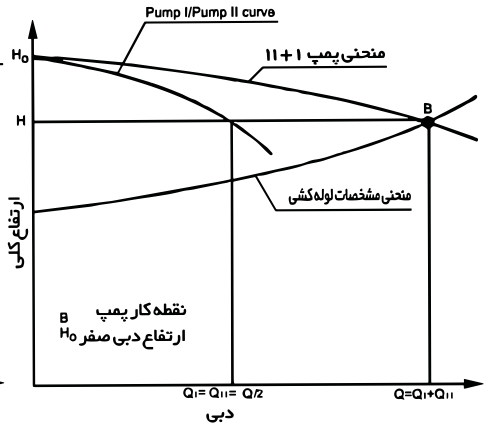
۳ـ مشخصات مکش پمپ

۳-۱ NPSH لازم

پمپ‌های سانتریفیوژ تنها در شرایطی به طور رضایت‌بخش کار خواهند کرد که مایع مورد پمپاژ در درون پمپ ایجاد بخار نکند. بنابراین فشار در نقطه مبنی (مرکز پروانه) باید بیشتر از فشار بخار مایع مورد پمپاژ در همان نقطه باشد.



شکل ۸ـ موازی‌کار کردن دو پمپ با منحنی مشخصات شبیه.



شکل ۹ـ موازی‌کار کردن دو پمپ با ارتفاع بی‌صفر.

NPSH لازم یکی از مشخصات پمپ می‌باشد و در منحنی‌های پمپ‌ها برحسب متر نشان داده می‌شود. این عدد معمولاً شامل 0.5 متر ارتفاع اضافی، به عنوان فاکتور ایمنی می‌باشد.

۳-۲ NPSH موجود

نقطهٔ مبنی برای $NPSH_{av}$ موجود مرکز نازل مکش پمپ است. در پمپ‌های استاندارد با محفظهٔ حلزونی افقی، مرکز نازل مکش و پروانه در یک امتداد قرار دارند (شکل‌های ۱۰ و ۱۱) در شرایطی که پمپ بالاتر از سطح مایع قرار دارد (شکل ۱۰).

$NPSH_{av}$ موجود عبارتست از:

$$NPSH_{av} = \frac{p_e + p_o - p_D}{\rho \cdot g} + \frac{V_e}{2g} - H_{v,s} - H_{s\,geo}$$

$p_o = 1$ bar $(= 10^5\ N/m^2)$

$p_e = 0$ bar

$\rho = 1000\ kg/m^3$

$g = 10\ m/s^2$ (incl. 2% error on 9,81 m/s^2)

از $v_e^2 / 2g$ به علت کم بودن ارتفاع ناشی از سرعت در مخزن، می‌توان صرفنظر کرد و فرمول بالا به صورت زیر درمی‌آید:

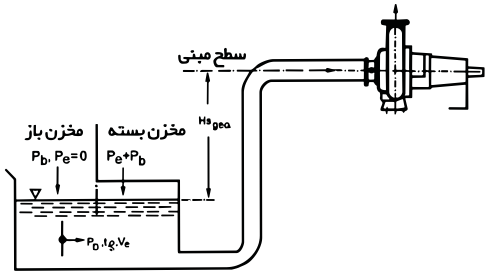
$$NPSH_{av} \approx 10 - H_{v,s} - H_{s\,geo}$$

در شرایطی که پمپ پایین‌تر از سطح مایع قرار دارد (شکل ۱۱) NPSH موجود عبارتست از:

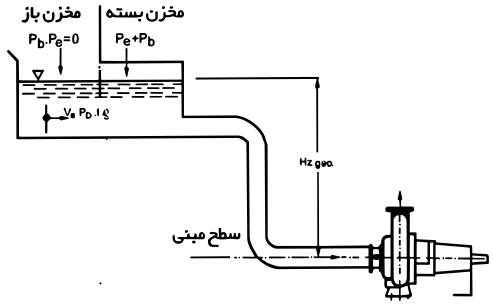
$$NPSH_{av} = \frac{p_e + p_o - p_D}{\rho \cdot g} + \frac{v_e^2}{2g} - H_{v,s} + H_{z\,geo}$$

با در نظر گرفتن شرایط مشابه شکل ۱۰ فرمول عملی زیر به دست می‌آید:

$$NPSH_{av} \approx 10 - H_{v,s} + H_{z\,geo}$$



شکل ۱۰- $NPSH_{av}$ موجود در شرایطی که پمپ بالاتر از سطح مایع قرار دارد.



شکل ۱۱- $NPSH_{av}$ موجود در شرایطی که پمپ پایین‌تر از سطح مایع قرار دارد.

۴ـ افت فشار

۴-۱ افت فشار در لوله‌های مستقیم

شکل ۱۲ افت فشار را به ازای 100 متر لولهٔ مستقیم به دست می‌دهد. افت فشار در این شکل از فرمول $H_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2g}$ محاسبه شده است. مقادیر داده شده در شکل ۱۲ در مورد آب تمیز با درجهٔ حرارت 20 درجهٔ سانتیگراد صدق می‌کند با فرض اینکه خط لوله کاملاً پر بوده و جنس لوله از چدن خاکستری کار نکرده با روکش bitumen lining باشد. ضرایب زیر در شرایط متفاوت به کار می‌رود و عدد به دست آمده از شکل ۱۲ باید به آنها ضرب گردد:

0,8 برای لوله‌های فولادی تازه.

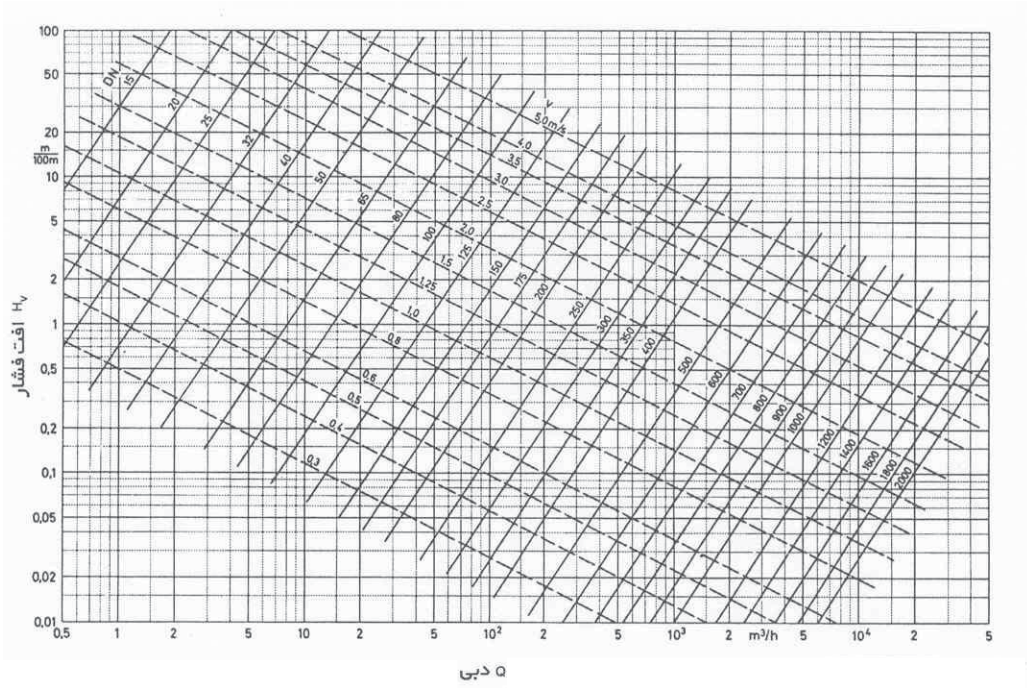
1,7 برای لوله‌های زنگ زده با در نظر گرفتن اینکه مقدار زنگ‌زدگی زیاد باشد.

1,25 برای لوله‌های کهنه و اندکی زنگ‌زدهٔ فولادی.

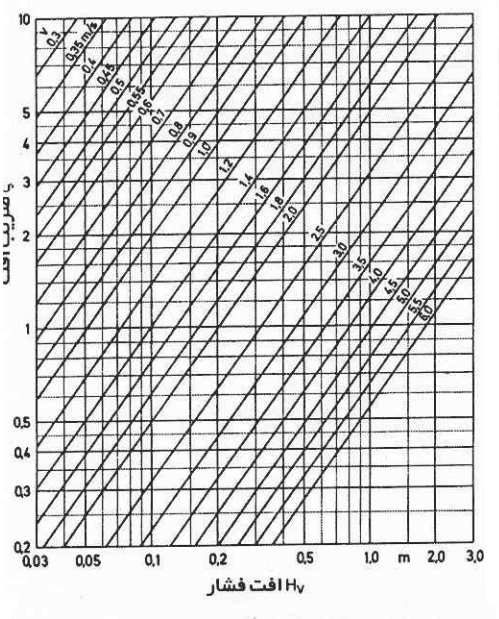
۴-۲ افت فشار در شیرها و اتصالات

اشکال ۱۳ تا ۱۶ و جداول ۱ و ۲ افت فشار H_v و ضریب افت فشار ξ را در شیرها و اتصالات نشان می‌دهند.

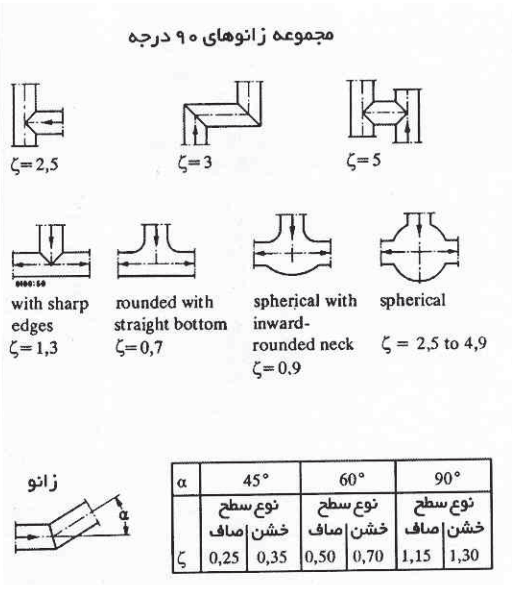
افت فشار با استفاده از فرمول ذکر شده در بخش ۱-۴ محاسبه گردیده است.



شکل ۱۲ـ افت فشار در لوله‌های مستقیم (چدن خاکستری کار نکرده) از قطر 15 میلی‌متر تا 2000 میلی‌متر و دبی 0.5 تا 50000 مترمکعب در ساعت.



شکل ۱۴ـ محاسبهٔ افت فشار در شیرها و اتصالات.



α	45°		60°		90°	
	نوع سطح		نوع سطح		نوع سطح	
	صاف	خشن	صاف	خشن	صاف	خشن
ζ	0,25	0,35	0,50	0,70	1,15	1,30

شکل ۱۳ـ ضرایب افت فشار برای اتصالات مختلف.

جدول ۱: ضرایب افت فشار در شیرها

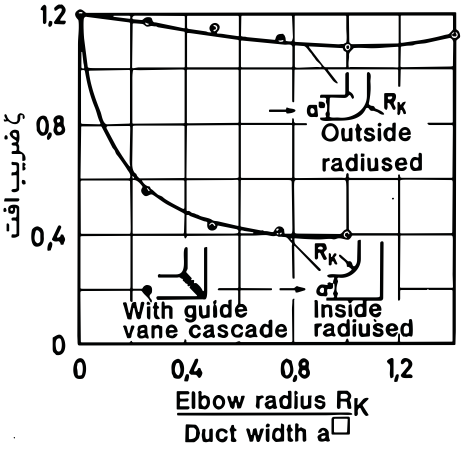
ارقام داده شده در این جدول حدود کلی افت فشار را در شیرهایی که کاملاً باز هستند نشان می‌دهد.

جدول ۲: ضرایب افت فشار را برای شیرهای یک طرفه نشان می‌دهد.

جدول ۳: ضرایب افت فشار در انشعابات با قطرهای یکسان را نشان می‌دهد.

نوع شیر فلکه	DN	ζ
شیر فلکه کشوئی		
full port		
with guide pipe	all sizes	0,1 to 0,15
without guide pipe	all sizes	0,2 to 0,3
شیر فلکه کشوئی فشار قوی		
(contraction ratio 1:0,45 to 0,74)	65 to 500	0,3 to 0,6
شیرهای سماوری		
full port	all sizes	0,1 to 0,15
شیر فلکه بشقابی		
BOA-H(metal-to-metal sealing)	10 to 300	3,0 to 6,0
BOA- W(softmaterial sealing)	10 to 200	3,0 to 5,5
Hard-faced full-bore valve	25 to 200	1,0 to 1,5
Forged hard-faced valve	25 to 50	6,0
Cast steel hard-faced valve	65 to 200	3,0 to 4,0
شیر فلکه های زاویه دار		
BOA-H(metal-to-metal sealing)	10 to 150	4,5
	200 to 300	6,0
شیرهای یکطرفه		
Full-bore(Y vales)	20 to 300	3,0
BOA-R(troughway pattern)	10 to 300	5,5
صافی ها		
with foot valve		
conventional type		2,2 to 2,5
KSB borehole strainer baskets		1,1 to 1,9
Water separators		
withour/with baffle plate		4 to 7

جدول ۱ـ ضرایب افت فشار در شیرها



شکل ۱۵ـ تأثیر زاویهٔ خمیدگی بر ضریب افت فشار.

Nominal size DN			40	50	65	80	100	125	150	175
v_H	m/s		4,4	3,1	3,9	2,3	1,6	2,8	1,6	2,2
v_V	m/s		4,1	2,8	2,1	2,0	1,6	2,8	1,6	2,2
ζ at	v_H	100%	0,5	0,4	0,3	0,7	0,6	1,0	0,9	0,5
		50%	0,7	0,9	0,6	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5
		25%	1,2	2,5	1,4	3,5	4,0	2,3	–	–
ζ at	v_V	100%	0,5	0,4	0,3	0,7	0,6	1,0	0,9	0,5
		50%	0,6	0,6	0,8	1,1	1,2	1,3	1,5	1,5
		25%	0,8	2,0	10,0	12,0	6,0	3,5	–	–

جدول ۲ـ ضرایب افت فشار در شیرهای یکطرفه

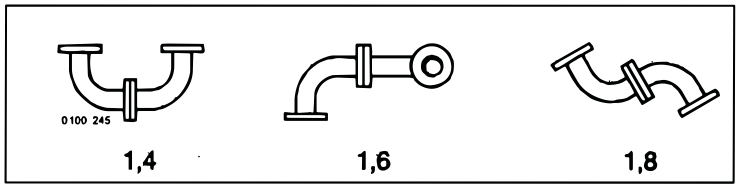
خم‌ها:

خم‌های ریخته‌گری شده 90 درجه با $R = D + 100\ mm$ برای تمامی اندازه‌ها ضریب افت فشاری برابر با $\zeta = 0,5$ دارند.

زانوها:

زاویهٔ خمش	90°	60°	45°	30°	15°
ضرایب افت فشار	1.3	0.7	0.35	0.2	0.1

مجموعه‌ای از خم‌ها:



ضرایب افت فشار در مجموعه‌های خم:

Q_a دبی انشعاب یافته

Q دبی اولیه

$Q_a/Q =$		0,2	0,4	0,6	0,8	1
	$\zeta_a \approx$	−0,4	0,08	0,47	0,72	0,91
	$\zeta_d \approx$	0,17	0,30	0,41	0,51	–
	$\zeta_a \approx$	0,88	0,89	0,95	1,10	1,28
	$\zeta_d \approx$	−0,08	−0,05	0,07	0,21	–
	$\zeta_a \approx$	−0,38	0	0,22	0,37	0,37
	$\zeta_d \approx$	0,17	0,19	0,09	−0,17	–
	$\zeta_a \approx$	0,68	0,50	0,38	0,35	0,48
	$\zeta_d \approx$	−0,06	−0,04	0,07	0,20	–

جدول ۳ـ ضرایب افت فشار در انشعابات با قطرهای یکسان

۳-۴ افت فشار مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد در لوله‌های مستقیم

افت فشار مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد H_{vR} را می‌توان با استفاده از شکل ۱۷ به دست آورد. بعد از به دست آوردن افت فشار برای آب H_{vW} (20 سانتیگراد و ویسکوزیتهٔ سینماتیک $\nu = 10^{-6}\ m^2/s$)

از شکل ۱۲، از فرمول زیر استفاده می‌شود:

$$H_{vR} = \frac{\lambda_R \cdot H_{vW}}{\lambda_W}$$

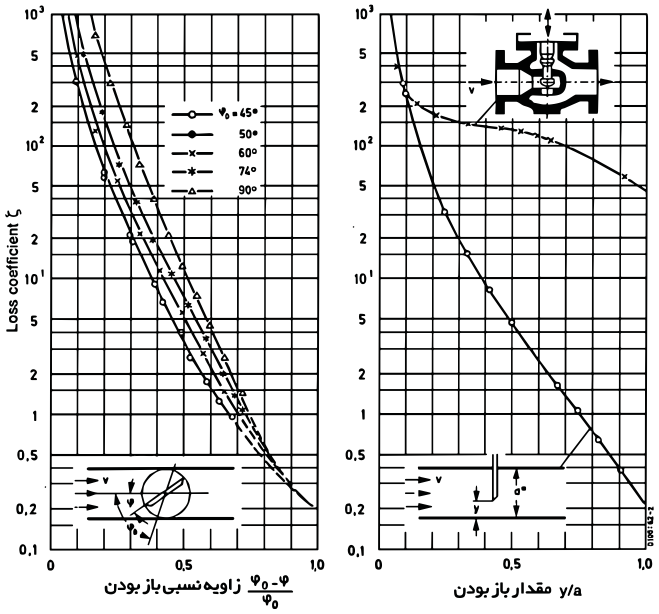
مثال: مایعی با ویسکوزیتهٔ 2×10^{-4} و دبی 100 مترمکعب در ساعت از لوله‌های به قطر 250 میلی‌متر و به طول 1000 متر انتقال می‌یابد. افت فشار در لوله را محاسبه کنید.

$$H_{vW} = 0.14 \frac{m}{100m} \quad \text{(شکل ۱۲)}$$

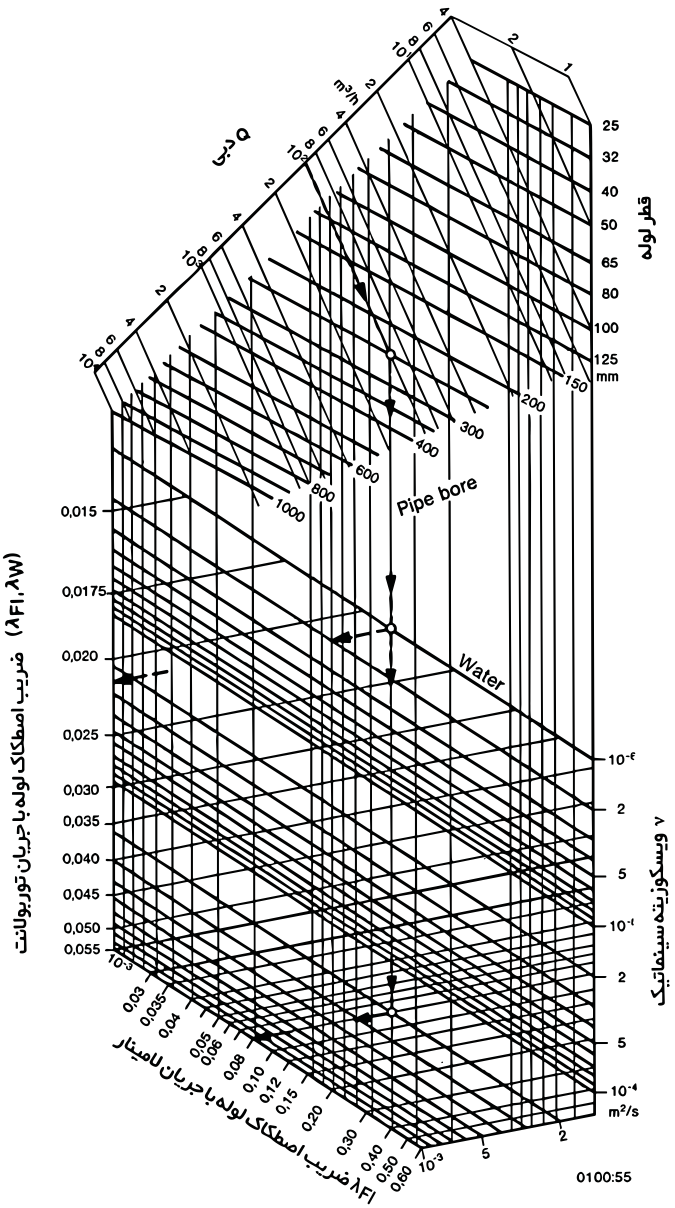
$$\lambda_W = 0.022 \quad \text{(شکل ۱۷)} \quad \lambda_{Fl} = 0.08$$

$$H_{vFl} = \frac{(0.08)(0.14)}{0.022} = 0.51 \frac{m}{100m}$$

$$0.51 \times 1000 = 509 \text{ m}$$



شکل ۱۶ـ ضرایب افت فشار در انواع شیرها به ازای زاویهٔ باز بودن و مقدار باز بودن شیر.



شکل ۱۷ـ ضریب اصطکاک (λ) برای سیال با ویسکوزیتهٔ زیاد در لوله‌های مستقیم.

۵ـ تغییر دادن مشخصات پمپ

۵–۱ تغییر دادن سرعت دورانی

یک پمپ سانتریفیوژ در دورهای مختلف منحنی‌های مختلف دارد. این منحنی‌ها توسط قانون تشابه به همدیگر مربوط می‌شوند. اگر مقادیر P_1 و H_1 و Q_1 در دور n_1 معلوم باشند در دور n_2 مقادیر فوق عبارت خواهند بود از:

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot Q_1$$

$$H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2 \cdot H_1$$

$$P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3 \cdot P_1$$

تغییر دور پمپ نقطهٔ کار آن را نیز تغییر می‌دهد (بخش ۹–۲) شکل ۱۸، سه منحنی QH مختلف را به ازای دورهای n_1 ، n_2 و n_3 نشان می‌دهد که هر منحنی با منحنی مشخصات لوله‌کشی H_A در نقاط B_1، B_2 و B_3 قطع شده است.

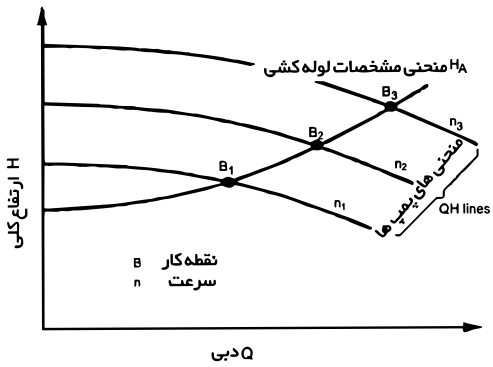
۲-۵ کم کردن قطر پروانه (تراش پروانه)

کم کردن قطر پروانهٔ پمپ‌های سانتریفیوژ، مشخصات پمپ (P ، Q ، H) را برای همیشه کاهش می‌دهد. شکل ۱۹ منحنی مشخصات پمپ را به ازای قطر پروانه‌های مختلف نشان می‌دهد.

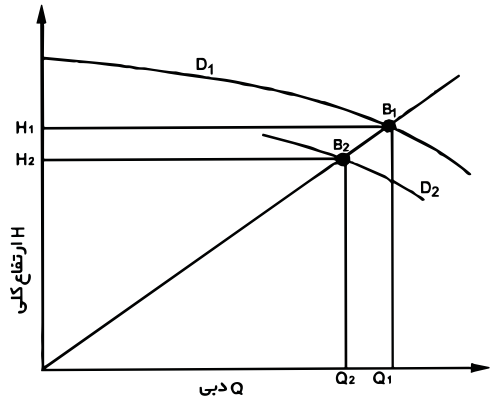
در تراش پروانه روابط زیر بین قطر پروانه D ، ارتفاع و دبی حاکم است:

$$\left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2 \approx \frac{Q_1}{Q_2} \approx \frac{H_1}{H_2}$$

$$D_2 \approx D_1 \cdot \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} \approx D_1 \cdot \sqrt{\frac{H_2}{H_1}}$$



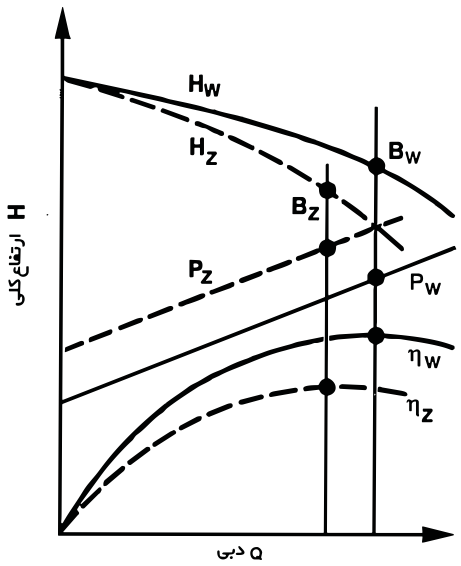
شکل ۱۸ـ تأثیر تغییر سرعت دورانی



شکل ۱۹ـ تأثیر قطر پروانه در منحنی مشخصات پمپ

۶ـ پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد

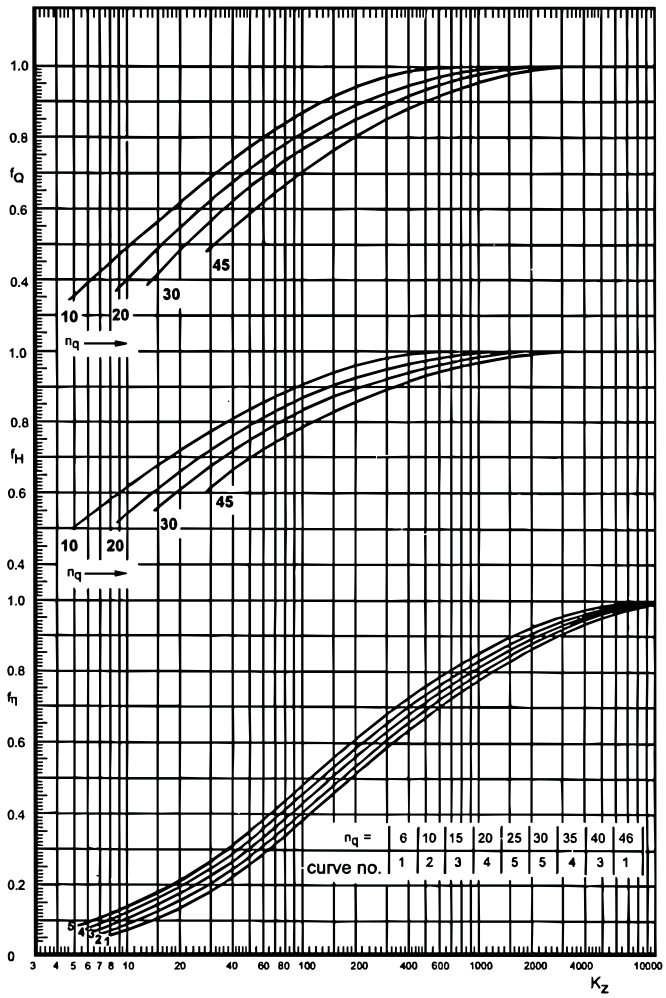
در دور ثابت، پمپاژ اینگونه مایعات، دبی، ارتفاع کلی و راندمان پمپ را نسبت به آب کاهش می‌دهد در حالی که به توان مصرفی پمپ افزوده می‌شود و بهترین نقطهٔ راندمان با دبی کمتر به دست می‌آید (شکل ۲۰).



شکل ۲۰ـ تغییر نقطهٔ کار پمپ در موقع پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد (z) و آب (w).

نقطهٔ کار پمپ برای آب B_w با مشخصات Q_w و H_w و η_w را می‌توان با احتساب ضرایب f_H ، f_Q و f_η به نقطهٔ کار پمپ برای مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد و با مشخصات H_γ ، Q_γ و η_γ تبدیل کرد. ضرایب مذکور را می‌توان با استفاده از شکل ۲۱ به دست آورد.

این ضرایب تبدیل را می‌توان در مورد پمپ یک طبقهٔ حلزونی شکل با پروانهٔ رادیال (بخش ۴-۸)، با سرعت مخصوص n_q بین 6 تا 45 دور در دقیقه و ویسکوزیتهٔ سینماتیک 1 تا $3900.10^{-6}\ m^2/s$ مورد استفاده قرار داد (ویسکوزیتهٔ سینماتیک کمتر از $22.10^{-6}\ m^2/s$ را می‌توان جزو مایعات با ویسکوزیتهٔ کم تلقی کرد و مانند آب با آن رفتار نمود.



شکل ۲۱ـ جدول تعیین ضرایب تبدیل f_H ، f_Q و f_η برای پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد.

۷ـ روش استفاده از تسمه و پولی برای تغییر دادن مشخصات پمپ

استفاده از تسمه و پولی V شکل، محدودیت‌هایی از لحاظ سرعت دورانی پمپ‌ها بـه وجـود می‌آورد.

اشکال ۲۲ و ۲۳ تمامی مشخصات مربوط به تسمه و پولی را نشـان مـی‌دهد. مـثال در مـورد محاسبات انتخاب تسمه و پولی V شکل:

مشخصات نقطهٔ کار پمپ:

	Q	=	40 m^3/h
	H	=	53 m
	$NPSH_{av}$	=	5 m
موتور	n_{Driver}		
	(actual)	=	2900 1/min
موتور	P_{Driver}	=	11 kW

الف: محاسبه و انتخاب پمپ با در نظر گرفتن ماکزیمم سرعت دورانـی مـجاز بـرای تسـمه و

پولی V شکل.

انتخاب پمپ از روی منحنی‌های مشخصات.

پمپ اتانرم ETA 50-200

طبق شکل ۲۲ ماکزیمم دور مجاز 2400 1/min می‌باشد. ولی استفاده از این پمپ غیرممکن است چون برای به دست آوردن ارتفاع 53 متر با دور 2400 از این پمپ قطر پروانه باید بیشتر از ماکزیمم قطر پروانهٔ پمپ باشد.

بنابراین نمی‌توان از پمپ فوق استفاده کرد.

پمپ اتانرم ETA 50-250

طبق شکل ۲۲ ماکزیمم دور مجاز 2500 1/min می‌باشد.

چون دور پمپ 2500 می‌باشد و منحنی‌های رسم شده برای 2900 RPM می‌باشند باید ارتفاع، دبی و سایر مشخصات را با در نظر گرفتن این تفاوت دور محاسبه کرد.

$Q_1 = 40\ m^3/h$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \qquad \frac{40}{Q_2} = \frac{2500}{2900}$$

$Q_2 = 46.4\ m^3/h$

$H_1 = 53\ m$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad \frac{53}{H_2} = \left(\frac{2500}{2900}\right)^2$$

$H_2 = 71\ m$

بنابراین می‌توان از این پمپ استفاده نمود.

با مراجعه به منحنی مشخصات پمپ قطر پروانه 242 میلی‌متر خواهد بود و راندمان پمپ 67% می‌شود. توان مصرفی پمپ عبارتست از:

$$P = \frac{Q \cdot H \cdot \rho}{(367)(0.67)} = 8.5 \text{ kw}$$

ب: تعیین قطر پولی‌ها و استفاده از پولی‌های استاندارد.

شکل ۲۲ نشان می‌دهد که می‌توان از پولی‌های با قطرهای 160، 180 و 200 میلی‌متر برای این پمپ استفاده نمود.

نسبت انتقال تسمه و پولی عبارتست از:

$$\frac{2900}{2500} = 1.16 \qquad 1 : 1.16$$

پولی پمپ:

از پولی با قطر 160 میلی‌متر نمی‌توان استفاده کرد چون اگر پولی موتور 140 میلی‌متر (نزدیکترین قطر استاندارد به 160 برای نسبت انتقال فوق) انتخاب شود سرعت پمپ از ماکزیمم سرعت مجاز بیشتر خواهد شد و اگر پولی موتور 125 میلی‌متری انتخاب شود دور موتور 2260 خواهد بود که در آن صورت برای به دست آوردن ارتفاع و دبی مورد نظر باید پروانهٔ پمپ بزرگتر از پروانهٔ استاندارد باشد.

از پولی با قطر 180 میلی‌متر روی پمپ بنابه دلایل مشابه فوق نمی‌توان استفاده کرد (با در نظر گرفتن پولی موتور 140 و 160 میلی‌متری).

پولی با قطر 200 میلی‌متر می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. برای اینکه با پولی 160 میلی‌متری روی موتور، مشخصات پمپ در محدودهٔ منحنی مشخصات باقی خواهد ماند بنابراین:

قطر پولی پمپ $d_{w\,1} = 200 \text{ mm dia}$

و با در نظر گرفتن نسبت انتقال 1:1.16 پولی موتور $d_{w\,2} = \approx 173 \text{ mm}$ می‌شود نزدیکترین پولی موتور استاندارد عبارتست از 160 mm dia نسبت انتقال با پولی استاندارد عبارتست از:

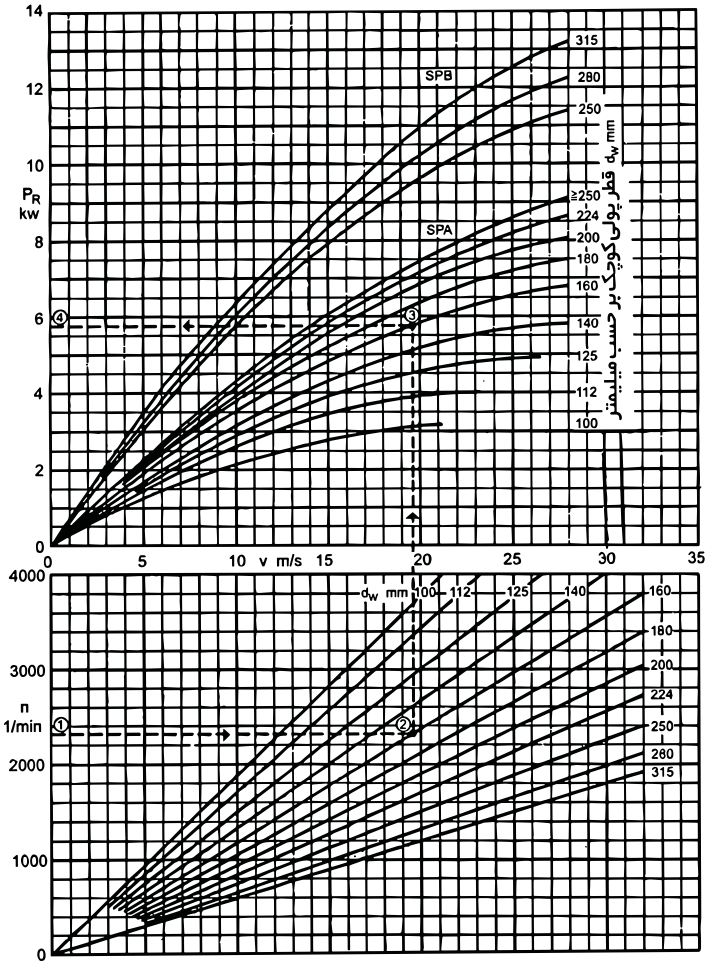
$$\frac{200}{160} = 1{:}1.25$$

دور پمپ با پولی استاندارد: $\frac{2900}{1.25} = 2320 \text{ RPM}$

دور موتور با پولی استاندارد: 2900 RPM

تیپ پمپ	حداکثر سرعت دورانی	قطرهای پولیها mm		تعداد تسمه‌ها		علامت استاندارد
	1/ min	Min. d_w	Max. d_w	normal	max.	ISO profile
32-125	3000	100	180	1	2	SPA
32-160	2900	140	180	1	2	SPA
32-200	2500	140	180	1	2	SPA
32-250	2200	160	200	1	3	SPA
40-125	3000	112	180	1	2	SPA
40-160	2400	140	180	1	2	SPA
40-200	2200	160	200	1	3	SPA
40-250	2000	160	200	2	3	SPA
40-315	1600	180	280	1	4	SPA
50-125	3000	160	180	1	2	SPA
50-160	2900	140	180	2	2	SPA
50-200	2400	160	200	2	3	SPA
50-250	2500	160	200	3	3	SPA
50-315	1300	180	280	2	4	SPA
65-125	2600	160	180	1	2	SPA
65-160	2600	140	200	2	3	SPA
65-200	1900	160	200	2	3	SPA
65-250	2100	180	280	3	4	SPA
65-315	1100	180	280	2	4	SPA
80-160	2300	160	200	2	3	SPA
80-200	2200	160	280	3	4	SPA
80-250	2000	200	280	3	4	SPA
80-315	1000	150	280	2	4	SPA
80-400	1200	150	315	3	6	SPA
100-160	2400	160	280	3	4	SPA
100-200	1900	180	280	3	4	SPA
100-250	1800	224	280	3	4	SPA
100-315	1200	224	280	3	4	SPA
100-400	1100	250	315	3	6	SPA
125-200	1800	180	280	3	4	SPA
125-250	1300	250	280	2	4	SPA
125-315	1200	250	315	3	6	SPA
125-400	1450	250	315	6	6	SPA
150-200	1600	224	280	2	4	SPA
150-250	1300	250	280	3	4	SPA
150-315	1100	250	315	3	6	SPA
150-400	1200	250	315	6	6	SPA

شکل ۲۲ـ ماکزیمم سرعت دورانی مجاز در موقع استفاده از تسمه و پولی برای پمپ‌های مختلف.



شکل ۲۳ـ توان قابل انتقال به وسیلهٔ تسمه‌های V شکل به ازای سرعت دورانی و پولی استاندارد.

ج: اصلاح کردن مشخصات کار نسبت به شرایط جدید:

$Q = 40\ m^3/h = 50\ m^3/h$

$H = 53\ m = 83\ m$

$n_o = 2320\ 1/min = 2900\ 1/min$

$n_{Driver\ (actual)} = 2900\ 1/min$

$P_{Driver} = 11\ kW$

$NPSH_{req} = 4\ m + 0{,}5\ m\ safety\ margin = 4{,}5\ m$

چون $NPSH_{av} > NPSH_{req}$ بنابراین کاویتاسیون به وجود نمی‌آید.

قطر پروانه 260 mm

راندمان 65%

توان مصرفی $P_p = \frac{40 \cdot 53 \cdot 1}{367 \cdot 0{,}65} = \approx 8{,}9$ kW

با احتساب 15 درصد ضریب اطمینان

$$P_{Driver} = 11 \text{ kW}$$

د: محاسبهٔ تعداد تسمه‌های مورد نیاز و نیروی قابل استفاده با یک عدد تسمه با استفاده از شکل ۲۳.

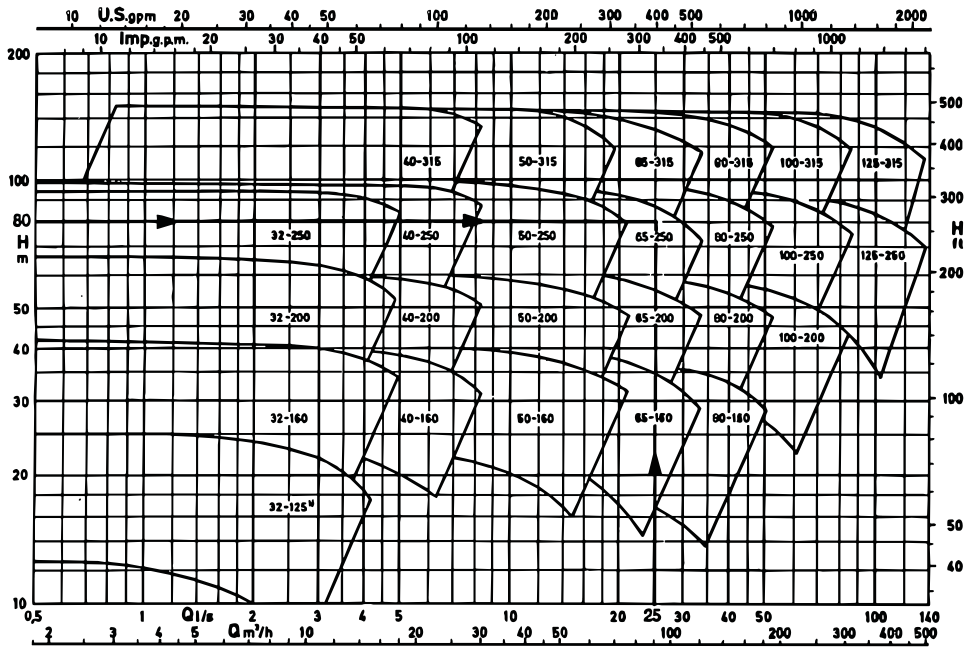
نقطهٔ (1) بر روی شکل $n = 2320$ 1/min

نقاط (2) و (3) مربوط به قطر پولی کوچکتر $d_{w2} = 160$ mm

نقطهٔ (4) توان قابل استفاده به وسیلهٔ یک عدد تسمه $P_R = \approx 5{,}8$ kW

تعداد تسمه‌های مورد نیاز P_{Driver} (kW): P_R (kW) = 11:5,8 = 1,9

بنابراین دو عدد تسمهٔ نوع SPA انتخاب می‌گردد.



شکل ۲۴ـ پمپ‌های شیمیایی CPK (جدول کلی انتخاب) دور n = 2900 1/min

۸ـ مثال‌های نمونه در مورد انتخاب پمپ

۸-۱ انتخاب پمپ (بخش ۵-۲)

مشخصات زیر معلوم است:

$Q = 25\ l/s = (90\ m^3/h)$

$H = 80\ m$

Frequency 50 Hz

مایع مورد پمپاژ اسید سولفوریک 60 درصد: Product 60% sulphuric acid

دانسیته Density $\rho_s = 1{,}5\ kg/dm^3$

درجه حرارت Temperature $t_s = 20\ \overset{\circ}{C}$

ویسکوزیتهٔ سینماتیک Kinematic viscosity $\nu_s = 3{,}8 \cdot 10^{-6}\ m^2/s$

با مراجعه به بخش ۶ معلوم می‌شود که این مایع جزو مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد نیست و می‌توان مثل آب با آن رفتار کرد (بجز در مورد جنس پمپ) پمپ مورد استفاده جزو پمپ‌های شیمیایی استاندارد از نوع CPK می‌باشد که شکل ۲۴ منحنی مشخصات کلی این نوع پمپ‌ها را نشان می‌دهد.

انتخاب تیپ پمپ:

پمپ مورد نظر عبارتست از CPK 65-250 با دور 2900 1/min و قطر پروانهٔ 247 میلی‌متر.

۸-۲ محاسبهٔ توان مصرفی پمپ

۸-۲-۱ توان مصرفی پمپ:

$$P = \frac{\rho_s \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta} = \frac{1{,}5 \cdot 9{,}81 \cdot 25 \cdot 80}{1000 \cdot 0{,}68} = 43{,}3 \text{ kW}$$

ρ_s in kg/dm^3

g in m/s^2

Q in l/s

H in m

P in kW

$$P = \frac{\rho_s \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta} = \frac{1{,}5 \cdot 90 \cdot 80}{367\ 0{,}68}. = 43{,}3 \text{ kW}$$

ρ_s in kg/dm^3

Q in m^3/h

H in m

P in kW

توان مصرفی را همچنین می‌توان با استفاده از شکل ۲۵ به دست آورد.

توان مصرفی برابر با 29 kW برای آب به دست می‌آید و برای اسید سولفوریک که دانسیتهٔ آن زیادتر است برابر خواهد بود با:

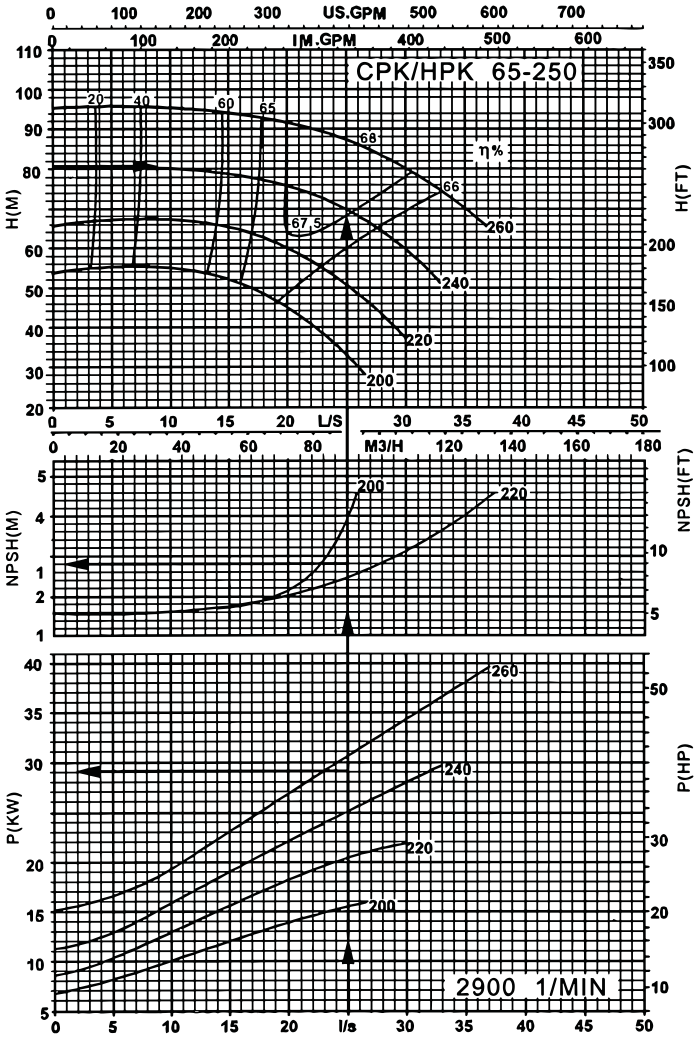
$$P \approx 29. \frac{\rho_s}{\rho_{water}} \approx 29 \cdot \frac{1{,}5}{1} \approx 43{,}5 \text{ kW}$$

۲-۲-۸ محاسبهٔ قدرت موتور (بخش ۲-۶-۲)

قدرت موتور با احتساب 10 درصد ضریب اطمینان لازم به ترتیب زیر به دست می‌آید:

$$P_{motor} = (43.3) + (0.1 \times 43.3) \Rightarrow P_{motor} = 47.63 \text{ kW}$$

بنابراین از یک الکترو موتور استاندارد 2900 دور به قدرت 55 kW استفاده می‌شود.



شکل ۲۵ـ منحنی مشخصات پمپ CPK/HPK 65-250

۸-۳ محاسبهٔ $NPSH_{av}$ موجود (بخش ۲-۳)

برای جلوگیری از ایجاد کاویتاسیون در یک پمپ، باید حداکثر ارتفاع مکش $H_{s\ geo,\ min}$ و یا حداقل فشار مثبت در قسمت مکش $H_{z\ geo,\ min}$ پمپ را در نظر گرفت و آن را به طریق ذیل محاسبه می‌کنند.

۸-۳-۱ مکش از مخزن باز یا بسته پایین‌تر از پمپ

در شرایطی که پمپ بالاتر از سطح مایع مخزن قرار دارد (شکل ۱۰) و پمپ انتخاب شده CPK 65-250 است، محاسبهٔ حداکثر ارتفاع مکش مجاز پمپ $H_{s\ geo\ max}$ به طریق زیر صورت می‌گیرد:

$\rho = 1500\ kg / m^3$

$p_\ddot{u} = 1\ bar = 1 . 10^5\ N/m^2$

$p_D = 0{,}0038\ bar = 0{,}0038 . 10^5\ N/m^2$ فشار بخار اسید سولفوریک 60 درصد با درجه حرارت 20 سانتیگراد (60% sulphuric acid at 20°)

$H_{v,s} = 1{,}5\ m$ برای لولهٔ مکش به طول 10 متر و قطر 100 میلی‌متر با در نظر گرفتن افت در شیرها و اتصالات

v_e به علت کم بودن مقدار می‌توان از آن صرفنظر کرد.

$NPSH_{req} = 3{,}3\ m$ با استفاده از شکل ۲۵ و با در نظر گرفتن 0,5 m متر به عنوان ضریب اطمینان

۸-۳-۲ مکش از مخزن باز یا بستهٔ بالاتر از پمپ (مکش مثبت)

در این مورد پمپ پایین‌تر از سطح مایع قرار دارد (شکل ۱۱).

۸-۳-۳ مکش از مخزن بستهٔ بالاتر از پمپ تحت فشار بخار مایع

(فشار داخلی مخزن برابر است با فشار بخار مایع موجود در مخزن یعنی $p_e + p_\ddot{u} = p_D$)

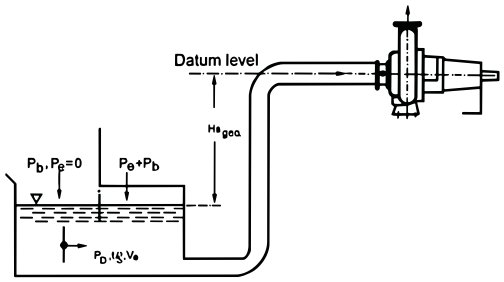
طبق شکل ۱۱ پمپ پایین‌تر از سطح مایع مخزن قرار دارد. پمپ مورد نظر CPK 65 - 250 می‌باشد.

$$p_e + p_\ddot{u} = p_D$$

$$H_{z,\ geo,\ min} = NPSH_{req} + H_{v,s} - \frac{p_e + p_\ddot{u} - p_D}{\rho \cdot g}$$

$$= 3{,}3 + 1{,}5 - 0 = + 4.8\ m$$

مخزن باز	مخزن بسته
$P_e = 0$ bar	$P_e + P_b = 1,5$ bar $= 1,5 . 10^5$ n/m^2



$$H_{s\ geo,\ max} = \frac{p_e + p_b - p_D}{Q \cdot g} - H_{v,s} - NPSH_{req}$$

$$H_{s\ geo,\ max} = \frac{1,5.10^5 - 0,0038.10^5}{1500.9,81} - 1,5 - 3,3$$

$$= 10,17 - 1,5 - 3,3$$

$$= 5,37\ \text{m.}$$

حداکثر ارتفاع مکش مجاز برای مخزن بسته

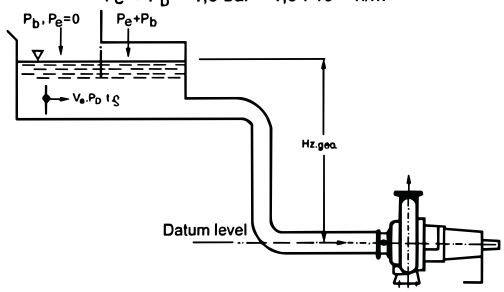
$$H_{s\ geo,\ max} = \frac{0 + 1.10^5 - 0,0038.10^5}{1500.9,81} - 1,5 - 3,3$$

$$= 6,77 - 1,5 - 3,3$$

$$= 1,97\ \text{m.}$$

حداکثر ارتفاع مکش مجاز برای مخزن باز

مخزن باز	مخزن بسته
$P_e = 0$ bar	$P_e + P_b = 1,5$ bar $= 1,5 . 10^5$ n/m^2



$$H_{z\ geo,\ min} = NPSH_{req} + H_{v,s} - \frac{p_e + p_b - p_D}{Q \cdot g}$$

$$H_{z\ geo,\ min} = 3,3 + 1,5 - \frac{1,5.10^5 - 0,0038.10^5}{1500.9,81}$$

$$= 3,3 + 1,5 - 10,17$$

$$= 5,37\ \text{m.}$$

حداکثر ارتفاع مکش مثبت مجاز برای مخزن بسته

$$H_{z\ geo,\ min} = 3,3 + 1,5 - \frac{1.10^5 - 0,0038.10^5}{1500.9,81}$$

$$= 3,3 + 1,5 - 6,77$$

$$= 1,97\ \text{m.}$$

حداکثر ارتفاع مکش مثبت مجاز برای مخزن باز

علامت منفی بیانگر این مسأله است که در هر مورد فشار لازم موجود است. $NPSH_{av} \geq NPSH_{req}$

در شرایطی که سطح مایع در مخزن 4,8 m متر بالاتر از پمپ باشد شرط $NPSH_{av} \geq NPSH_{req}$ موجود است و کاویتاسیون پیش نمی‌آید.

۸-۴ تغییر دور (بخش ۱-۵)

مشخصات لازم عبارتند از: $Q_1 = 25$ l/s $(= 90\ m^3/h)$

$H_1 = 70$ m

$n_1 = 2900$ 1/min

$D_1 = 240$ mm

الکتروموتور موجود عبارتست از 2965 1/min . 55 kW

چون دور موتور بیشتر از دور قید شده در منحنی پمپ است، افزایش مشخصات نقطهٔ کار پمپ (H و Q) به طریق ذیل محاسبه می‌شود:

$$Q_2 = \frac{2965}{2900} \cdot 25 = 25{,}56 \text{ l/s } (= 92{,}2\ m^3/h)$$

$$H_2 = \left(\frac{2965}{2900}\right)^2 \cdot 70 = 73{,}2 \text{ m}$$

اگر این مقدار افزایش ارتفاع و دبی پمپ مجاز نباشد نقطهٔ کار اولیهٔ پمپ را می‌توان بـه وسـیلهٔ تراش پروانه تأمین کرد.

۸-۵ تراش پروانه (بخش ۲-۵)

مشخصات موجود:

$Q_1 = 25{,}56$ l/s

$H_1 = 73{,}2$ m

$D_1 = 240$ mm

مشخصات لازم:

$Q_2 = 25$ l/s

$H_2 = 70$ m

و

$$D_2 = D_1 \cdot \sqrt{\frac{Q_2}{Q_1}} = 240 \cdot \sqrt{\frac{25}{25,56}} = 237 \text{ mm}$$

با تراش دادن قطر پروانه به اندازهٔ 3 میلی‌متر نقطهٔ کار اولیهٔ پمپ به دست می‌آید ولی عملاً تراش پروانه‌های کمتر از 5 میلی‌متر معمول نمی‌باشد.

۸-۶ پمپاژ مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد

۸-۶-۱ محاسبهٔ نقطهٔ کار پمپ

مایع مورد نظر روغنی با ویسکوزیتهٔ سینماتیک $\nu_2 = 367 \cdot 10^{-6}$ m²/s و دانسیتهٔ $\rho_2 = 0,897$ kg / dm³ می‌باشد. ما در وحلهٔ اول از منحنی پمپ CPK 65-250 که برای آب می‌باشد استفاده خواهیم کرد.

ارتفاع برای آب

$Q_w = 30$ l/s ($= 108$ m³/h)

$H_w = 80$ m

$n = 2900$ 1/min

برای به دست آوردن مشخصات جدید برای روغن مزبور، مشخصات پمپ در بهترین نقطهٔ راندمان آن باید محاسبه گردد. با استفاده از منحنی مشخصات پمپ CPK 65-250 شکل ۲۵ ارقام جدید زیر به دست می‌آیند:

دبی	$Q_{w\ opt}$	25	l/s
ارتفاع کلی	$H_{w\ opt}$	87,5	m
راندمان	$\eta_{w\ opt}$	0.69	--
سرعت دورانی	n	2900	1/min
ویسکوزیتهٔ سینماتیک	ν_2	$367 \cdot 10^{-6}$	m²/s
دانسیته	ρ	0,897	kg/dm³

با استفاده از جدول محاسباتی صفحهٔ بعد سه نقطه بر روی منحنی جدید به دست می‌آید:

n_q از شکل ۸ـ۱۶		16,2				1/min
$K_z = \frac{Q_{w\,opt}}{v_z \cdot 1000 \cdot (H_{w\,opt} \cdot g)^{1/2}} \cdot \frac{n}{60}$		113				—
f_Q	از شکل ۲۱ یا شکل ۷ـ۱۶	0,85				—
f_H		0,9				—
f_η		0,46				—
Q/Q_{opt}	=	0	0,8	1,0	1,2	—
Q_w	از منحنی‌های مشخصات	0	20	25	30	l/s
H_w		96	92	87,5	80	m
η_w		0	0,675	0,69	0,675	—
$Q_z = Q_w \cdot f_Q$		0	17	21	26	l/s
H_z		$=H_w$	$=H_w \cdot f_H \cdot 1{,}03^2)$	$=H_w \cdot f_H$	$=H_w \cdot f_H$	m
		96	85,3	78,8	72	
$\eta_z = \eta_w \cdot f_\eta$		0	0,31	0,32	0,31	—
$P_z = \frac{\rho_z \cdot g \cdot H_z \cdot Q_z}{\eta_z \cdot 1000}$			41,2	45,5	53	kW

با این مقادیر ۴ نقطه برروی خطوط QH و Qη و ۳ نقطه بر روی خط QP می‌توان مشخص کرد. (شکل ۲۶).

اگر $H_z > H_w$ باشد از $H_z = H_w$ استفاده می‌گردد.

۲-۶-۸ انتخاب تیپ پمپ

مایع مورد پمپاژ روغن با مشخصات ذکر شده در بالا می‌باشد و هدف ما انتخاب تیپ پمپی است که بتواند با مشخصات زیر کار کند:

دبی مطلوب	$Q_{7\ Betr}$	30	l/s
ارتفاع کلی مطلوب	$H_{Z\ Betr}$	80	m
ویسکوزیتهٔ سینماتیک	ν_7	$367 \cdot 10^{-6}$	m^2/s
دانسیته	ρ_7	0,897	kg/dm^3

از جدول محاسباتی صفحهٔ بعد برای تبدیل مشخصات پمپ برای آب، به مایع مورد نظر استفاده می‌شود.

پمپ را با مشخصات $Q_{wv} = Q_w$ و $H_{wv} = H_w$ (بخش ۱–۸) انتخاب نمایید:

$$Q_{wv} = Q_w = 34\ l/s$$

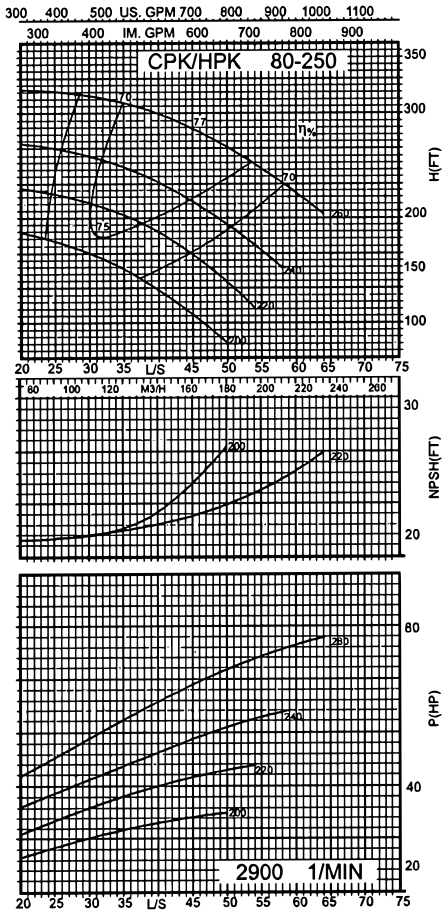
$$H_{wv} = H_w = 87{,}4\ m$$

دور موتور انتخاب شده n		2900 1/min		
n_q ۱۶_۸ از شکل		18,8 1/min		
$K_{zv} = \frac{Q_z \text{ Betr}}{v_z \cdot 1000 \, (Hz \text{ Betr. } g)^{1/2}} \cdot \frac{n}{60}$ (index v = provisional)		141	محاسبه دوم $K_{zv} = K_z$	3rd calculation $K_{zv} = K_z$
f_{Qv}	از شکل ۲۱ یا شکل ۱۶_۷	0,86	0,88	محاسبه سوم لازم نیست چون شرط لازم با محاسبه دوم بدست آمده است.
f_{Hv}		0,91	0,915	
$f_{\eta v}$		0,53	0,55	
$Q_{wv} = \frac{Q_z \text{ Betr}}{f_{Qv}}$		35	34 l/s	
$H_{wv} = \frac{H_z \text{ Betr}}{f_{Hv}}$		87,9	87,4 m	
$K_z = \frac{Q_{wv}}{v_z \cdot 1000 \, (H_{wz} \cdot g)^{1/2}} \cdot \frac{n}{60}$		157	153	

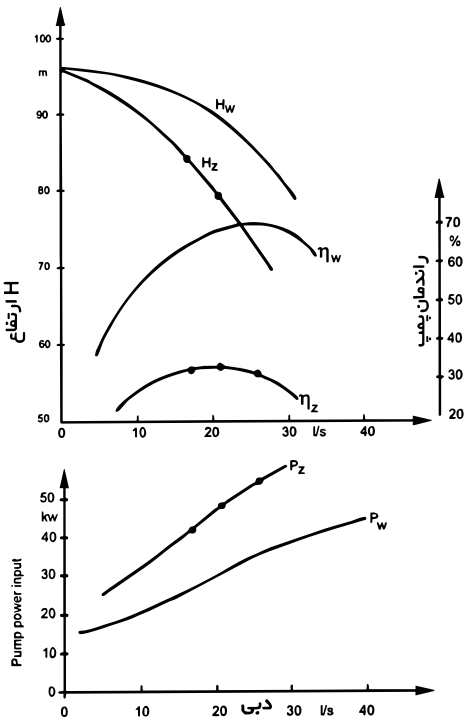
شرط لازم بدست آمد: پمپ را با مشخصات $Q_w \approx Q_{wv}$ و $H_w \approx H_{wv}$ انتخاب کنید.

شرط لازم بدست نیامد: K_z (اینجا ۱۵۷) را برای بار دوم محاسبه کنید و در صورت لزوم برای بار سوم

شرط لازم $0,90 \leqq \frac{K_{zv}}{K_z} \leqq 1,10$



شکل ۲۷



شکل ۲۶

با استفاده از منحنی‌های پمپ‌های CPK تیپ 80-250 با تراش پروانه انتخاب می‌گردد (بخش ۲–۵) و راندمان کار آن 76% خواهد بود.

توان مصرفی پمپ $P_{۶}$ برای نقطهٔ کار $H_{۶\ Betr}$ و $Q_{۶\ Betr}$ عبارتست از:

$$P_{۶} = \frac{\rho_{۶} \cdot g \cdot Q_{۶\ Betr} \cdot H_{۶\ Betr}}{\eta_{w} \cdot f_{\eta v} \cdot 1000} = \frac{0,897 \cdot 9,81 \cdot 30 \cdot 80}{0,76 \cdot 0,55 \cdot 1000} = 50,5\ kW$$

$Q_{۶\ Betr}$	l/s
$H_{۶\ Betr}$	m
ρ_{z}	kg / dm^3
$P_{۶}$	kW
$f_{\eta v}$ =	0,55

۹ـ محاسبهٔ اندازه و ابعاد حوضچهٔ مکش پمپ

اندازهٔ حوضچهٔ مکش پمپ به دبی و تعداد دفعات مجاز روشن و خاموش شدن پمپ و موتور بستگی دارد تعداد دفعات روشن و خاموش شدن مجاز یک الکتروموتور به قرار ذیل است:

قدرت الکتروموتور	تعداد دفعات در یک ساعت Z/h
تا 7,5 kW	ماکزیمم 15 دفعه
تا 30 kW	ماکزیمم 12 دفعه
بیشتر از 30 kW	ماکزیمم 10 دفعه

تعداد دفعات روشن و خاموش کردن پمپ با فرمول ذیل محاسبه می‌شود:

$$z = \frac{3600 \cdot Q_{zu} (Q_m - Q_{zu})}{V_N \cdot Q_m}$$

تعداد دفعات روشن شدن در یک ساعت	Z
دبی مایع ورودی به حوضچهٔ مکش	Q_{zu} l/s
دبی پمپ در فشار تنظیمی برای روشن کردن پمپ	Q_e l/s

Q_a l/s دبی پمپ در فشار تنظیمی برای خاموش کردن پمپ

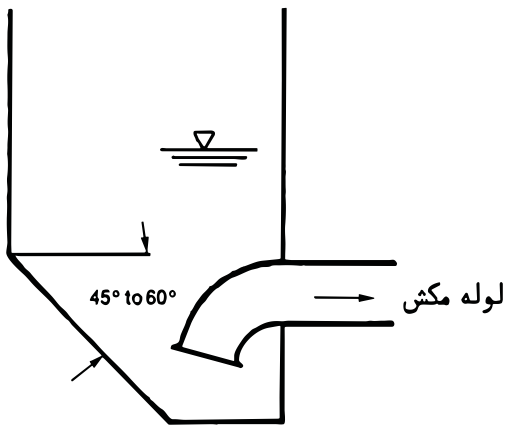
V_{N1} حجم مفید حوضچه با احتساب ضرایب اطمینان

$$Q_m = \frac{Q_e + Q_a}{2}$$

تعداد ماکزیمم دفعات روشن شدن الکتروپمپ در شرایطی به دست می‌آید که $Q_m = 2 \times Q_{zu}$ باشد (یعنی وقتی که Q_m دو برابر دبی ورودی به حوضچه باشد) بنابراین ماکزیمم دفعات روشن شدن الکتروپمپ به ترتیب زیر محاسبه می‌شود:

$$Z_{max} = \frac{900 \cdot Q_m}{V_N}$$

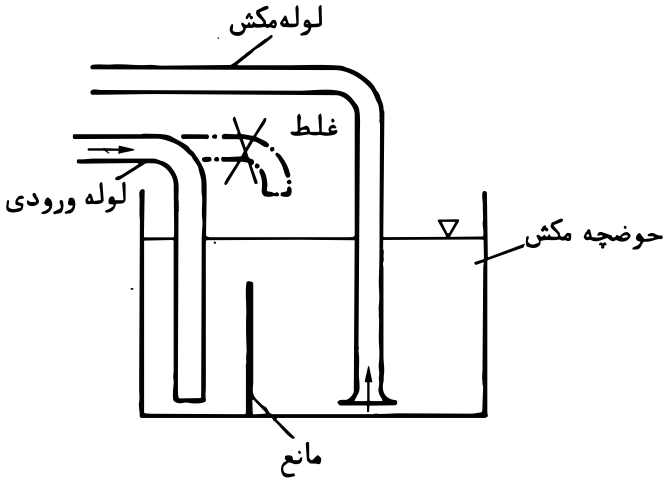
در مورد مایعاتی که ناخالصی به همراه دارند و یا ذرات معلق در آن وجود دارد برای جلوگیری از تجمع این ذرات یا ناخالصی‌ها، حوضچهٔ مکش باید به ترتیب زیر ساخته شود



شکل ۲۸

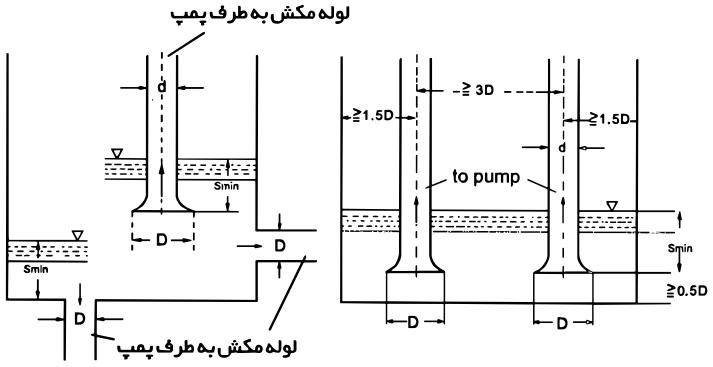
۱۰ـ روش کارگذاری و اندازه‌های مربوط به لولهٔ مکش

لولهٔ مکش پمپ باید حدالمقدور کوتاه بوده و شیب اندکی به طرف سطح مایع مخزن مکش داشته باشد. لولهٔ مکش باید حدالمقدور از لوله‌ای که مایع را به حوضچه می‌ریزد دور باشد تا پمپ هوا نکشد. همچنین دهانهٔ لوله‌ای که مایع را به حوضچه می‌ریزد باید همیشه زیر سطح مایع قرار داشته باشد. (شکل ۲۹)



شکل ۲۹ـ طریقهٔ لوله‌گذاری برای جلوگیری از ورود هوا به پمپ.

مایع مورد پمپاژ باید به اندازهٔ مناسبی بالاتر از سوپاپ لولهٔ مکش پمپ قرار گیرد. در غیر این صورت وقتی پمپ کار می‌کند در اطراف لولهٔ مکش گردآب به وجود می‌آید و هوا از طریق سوراخ وسط گردآب به پمپ راه پیدا می‌کند.



شکل ۳۰ـطرق لوله‌گذاری برای جلوگیری از به وجود آمدن گردآب.

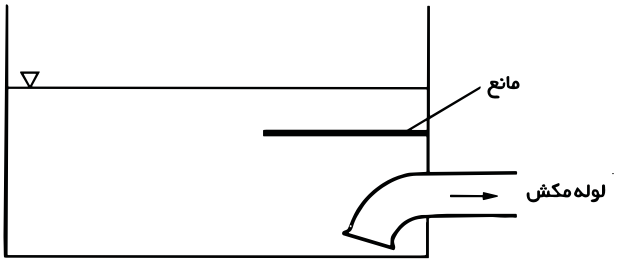
ارتفاع سطح مایع بالاتر از سوپاپ پمپ (S_{min} برحسب متر) حداقل باید برابر باشد با ارتفاع ناشی از سرعت بعلاوهٔ 0,1 m ضریب اطمینان. سرعت جریان مایع در لولهٔ مکش v_s نباید بیشتر از 3 متر بر ثانیه باشد (سرعت‌های 1 تا 2 متر بر ثانیه مناسب‌تر می‌باشند).

$$S_{min} = \frac{V_s^2}{2g} + 0,1$$

V m/s

S_{min} m.

شکل ۳۱ روش دیگری را نشان می‌دهد. این روش در مواقعی مورد استفاده قرار می‌گیرد که حداقل ارتفاع مجاز سطح مایع در حوضچه را نمی‌توان تضمین کرد.



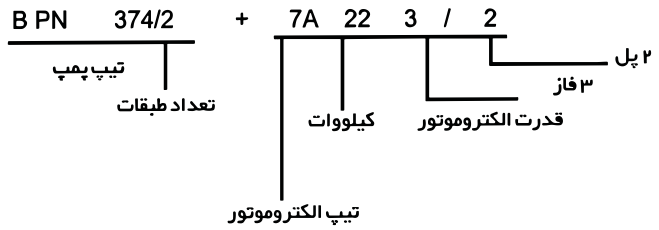
شکل ۳۱

۱۱ـ پمپ‌های شناور

وجه مشخصهٔ این پمپ‌ها در اینست که الکتروموتور و پمپ کلاً در داخل آب قرار می‌گیرند. از این پمپ‌ها عمدتاً در چاههای عمیق استفاده می‌کنند.

در انتخاب این پمپ‌ها بغیر از مسائل ذکر شده نکات دیگری نیز وجود دارند که از اهمیت زیادی برخوردار هستند و آنها عبارتند از: میزان آب‌دهی مجاز چاه، قطر لولهٔ جدارهٔ چاه، قطر لولهٔ آب‌ده پمپ (که بتواند وزن الکتروپمپ و لوله‌های مربوطه را تحمل کند)، ارتفاع دینامیک آب چاه (ارتفاع سطح ایستایی یا استاتیک + افت سطح آب در چاه به ازای دبی مشخص).

شکل ۳۲ نمونه‌ای از جداول انتخاب این قبیل پمپ‌ها را نشان می‌دهد. این جدول مربوط به یک پمپ 6 اینچ است. در ستون اول از سمت چپ نوع پمپ و تعداد طبقات + نوع الکتروموتور و قدرت آن درج شده است:



ستون دوم نوع کابل را نشان می‌دهد.
ستون سوم قدرت الکتروموتور برحسب کیلووات.
ستون چهارم قدرت الکتروموتور برحسب اسب بخار.
ستون پنجم شدت جریان در 380 ولت.
ستون ششم قطر لولهٔ پیشنهادی.
ستون هفتم حداقل قطر لولهٔ جدارهٔ چاه.
ستون هشتم طول پمپ با الکتروموتور.
ستون نهم وزن تقریبی.
ستون دهم ارتفاع و دبی.

مثال:

عمق کلی چاه 150 متر
آب‌دهی مجاز 40 لیتر در ثانیه (144 مترمکعب در ساعت)
سطح استاتیک آب (ایستایی) 50 متر
افت آب به ازای پمپاژ دبی فوق 20 متر
ارتفاع منبع هوایی 10 متر
افت فصلی سطح آب 5 متر
افت فشار در لوله و اتصالات 2 متر
ارتفاع کلی عبارتست از: $50 + 20 + 10 + 5 + 2 = 87$ m

چنان که مشاهده می‌شود عمق کلی چاه در انتخاب پمپ دخالتی ندارد.

با پیدا کردن نقطهٔ 1 مربوط به دبی 40 لیتر در ثانیه مستقیماً به پایین می‌آییم و ارتفاع 87 متر را قطع می‌کنیم و با حرکت به سمت چپ نوع الکتروپمپ مشخص می‌شود که عبارتست از:

BPN 374/4 + 9A 45 3/2

قدرت الکتروموتور 45.5 kW و شدت جریان 96 آمپر است لولهٔ پیشنهادی 6 اینچ و حداقل قطر لولهٔ چاه 10 اینچ می‌باشد.

پمپ + الکتروموتور pump + electromotor	مشخصات کابل همراه موتور motor cable specification	مشخصات فنی							ظرفیت به متر مکعب در ساعت capacity in m^3/h								
		قدرت موتور motot rating		شدت جریان در ۳۸۰ ولت current at 380 V	قطر لوله پیشنهادی recommended pipe	حداقل قطر چاه min.well diameter	طول پمپ با موتور overall length	وزن تقریبی approx. weight	①								
		کیلووات	اسب	آمپر	اینچ	اینچ	میلیمتر	کیلوگرم	60	70	80	90	100	110	120	140	160
		Kw	Hp	A	ø"	ø"	mm	kg	ارتفاع کل به متر total heed in m.								
BPN 374/2 + 7A223/2	$2x7x4^2$	22	30	47	6"	10"	1970	202	56	55	54	53	52	51	48	43	36
BPN 374/3 + 8A383/2	$2x7x10^2$	33	52	78	6"	10"	2640	312	84	82,5	81	79	78	76	73	65	54
BPN 374/4 + 9A453/2	$2x10x10^2$	45.5	62	96	6"	10"	2620	372	112	110	109	107	105	102	98	87	73
BPN 374/5 + 9A553/2	$2x10x16^2$	55	75	115	6"	10"	2830	405	140	137,5	136	135	131	127	122	109	91
BPN 374/6a + 9A623/2	$2x10x25^2$	62,5	83	132	7-8"	12"	3050	441	162	159	157	156	152	140	140	122	102
BPN 374/6 + 9A733/2	$2x10x25^2$	73,3	100	155	"	12"	3190	465	168	165	163	160	157	153	147	131	110
BPN 374/7e + 9A733/2	$2x10x25^2$	73,5	100	155	"	12"	3330	481	189	185	182	179	175	171	164	143	119
BPN 374/7 + 10A923/2	$2x10x35^2$	92	125	187	"	14"	3280	522	196	192	189	187	183	178	171	154	128
BPN 374/8 + 10A923/2	$2x10x35^2$	92	125	187	"	14"	3420	538	224	220	216	215	212	204	196	175	147

۱۲ـ پمپ‌های سانتریفیوژ چند طبقه فشار قوی

اصول کار این پمپ‌ها شبیه چند پمپ یک طبقه است که به طور سری به همدیگر وصل شده‌اند. این گونه پمپ‌ها از چند طبقه تشکیل یافته‌اند و در درون هر طبقه یک پروانه و یک دیفیوزر قرار دارد. کار دیفیوزر هدایت آب خارج شده از یک پروانه به مرکز پروانهٔ بعدی است. پمپ‌های فشار قوی معمولاً برای ارتفاعات بیشتر از 100 متر مورد استفاده قرار می‌گیرند.

منحنی‌های مشخصات پمپ‌های فشار قوی

در این گونه پمپ‌ها معمولاً منحنی مشخصات و منحنی توان مصرفی پمپ را برای یک طبقه رسم می‌کنند و با افزایش تعداد طبقات به همان نسبت ارتفاع و توان مصرفی افزایش می‌یابد.

شکل ۳۳ یک نمونه از منحنی مشخصات پمپ‌های فشار قوی را نشان می‌دهد. این منحنی مربوط به یک پمپ 6 اینچ است، منحنی بالایی مربوط به بزرگترین قطر پروانه است (پروانهٔ استاندارد) و منحنی‌های بعدی مربوط به تراش پروانهٔ پمپ است تراش پروانهٔ این پمپ‌ها با پمپ‌های یک طبقه فرق می‌کند بدین معنی که در موقع تراش جدارهٔ طرفین پروانه حفظ شده و فقط قطر پره‌ها به قطر مورد نظر تراش داده می‌شود.

مثال: سیستمی با ارتفاع کلی 120 متر و دبی 340 مترمکعب در ساعت مورد نظر است پمپ مناسب را انتخاب نمایید.

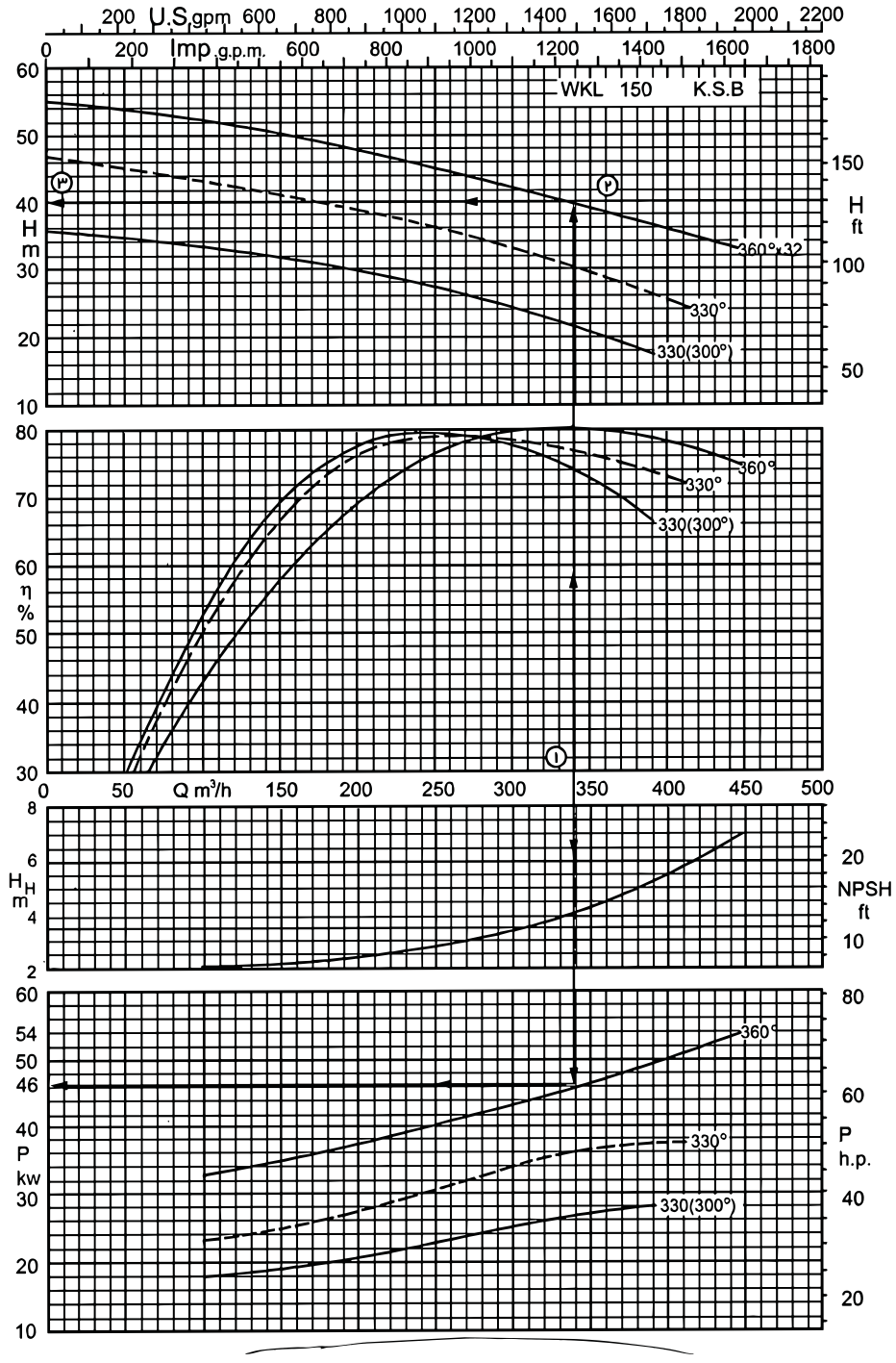
با پیدا کردن عدد 340 مترمکعب در ساعت بر روی محور افقی (دبی) که آن را با عدد (۱) مشخص کرده‌ایم مستقیماً به سمت بالا حرکت می‌کنیم تا نقطهٔ (۳) را بر روی منحنی مشخصات قطع کنیم (بخاطر بسپارید که این منحنی برای یک طبقه است) نقطهٔ (۲) را به سمت چپ جدول ادامه می‌دهیم تا محور عمودی (ارتفاع) را در نقطهٔ (۳) قطع کند.

ارتفاع تولیدی یک طبقه از این پمپ 40 متر می‌باشد که برای ارتفاع کلی 120 متر سه طبقه لازم است.

راندمان پمپ 80% و توان مصرفی یک طبقه 46 کیلووات خواهد بود که در مجموع $46 \times 3 = 138$ کیلووات می‌شود و اگر احتمال تغییرات بسیار زیاد در نقطهٔ کار پمپ وجود نداشته باشد، می‌توان الکتروموتور را به طریق زیر محاسبه و انتخاب کرد:

کیلووات $138 + (0.1 \times 138) = 151.9$ که از یک الکتروموتور 160 kW استاندارد استفاده می‌شود.

اگر احتمال تغییرات زیاد در نقطهٔ کار پمپ وجود داشته باشد در آن صورت چنان که قبلاً نیز متذکر شده‌ایم، الکتروموتور را نسبت به نقطهٔ دبی ماکزیمم انتخاب می‌کنیم که در آن صورت توان مصرفی یک طبقه 54 کیلووات خواهد بود و توان مصرفی پمپ کیلووات $54 \times 3 = 162$ که از یک الکتروموتور 180 kW استاندارد استفاده می‌شود.


U.S.gpm
Imp.g.p.m.
WKL 150 K.S.B
H m
H ft
360°x32
330°
330(300°)
360°
η %
NPSH ft
P kw
P h.p.
Q m³/h

۱۳ـ روش محاسبه و انتخاب پمپ‌های سیرکولاتور

محاسبهٔ دبی:

با در دست داشتن تلفات حرارتی کلی ساختمان برحسب BTU / h از فرمول زیر برای محاسبهٔ دبی استفاده می‌شود:

$$Q = \frac{BTU / h}{10000} \quad (GPM)$$

روش سرانگشتی‌ای که برای محاسبهٔ دبی در ساختمان‌های مسکونی مورد استفاده قرار می‌گیرد عبارتست از:

$$Q = (\text{سطح زیر بنا } m^2)\ (0.045) \quad (GPM)$$

محاسبهٔ ارتفاع:

طول کلی طولانی‌ترین مدار لولهٔ L را اندازه گرفته و 50% به آن می‌افزاییم تا افت در اتصالات را تأمین کند. عدد حاصل عبارتست از طول مسیر معادل کلی. در سیستم‌های تأسیساتی معمولاً افت در لوله‌ها را برابر با 2.5 فوت در هر 100 فوت می‌گیرند. با داشتن طول مسیر معادل کلی می‌توان ارتفاع پمپ را از فرمول زیر به دست آورد:

$$H = (L + 1/2\ L)\left(\frac{2.5}{100}\right) \quad (ft.)$$

مثال:

تلفات حرارتی کل ساختمان 240000 BTU / h

طول بزرگترین مدار لوله L = 320 ft.

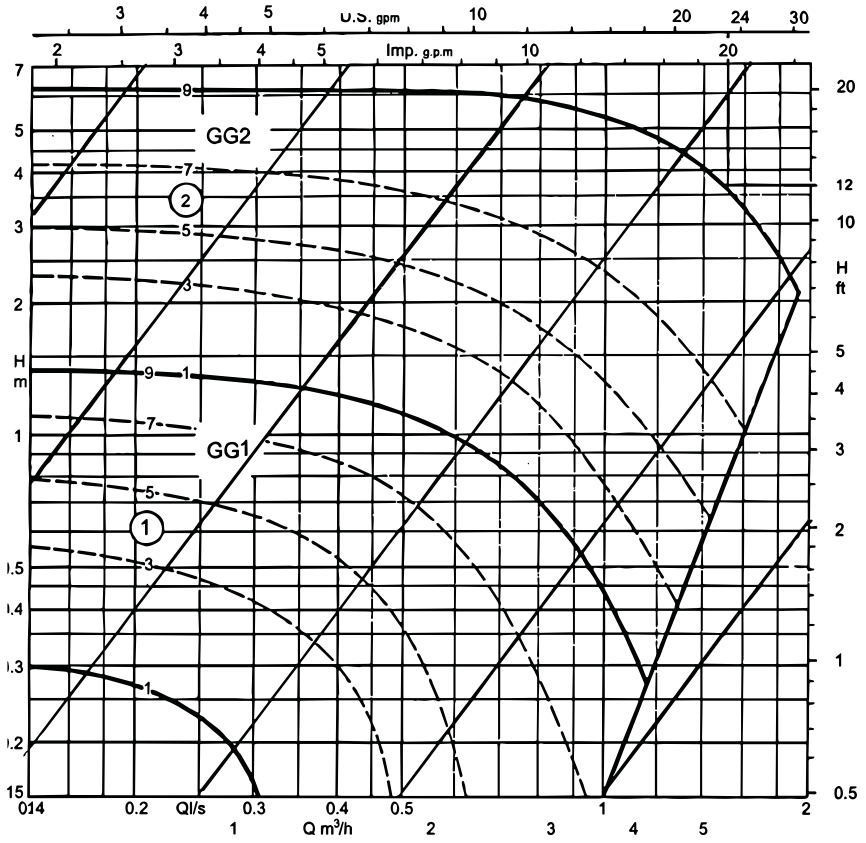
$$Q = \frac{240000}{10000} = 24 \text{ GPM}$$

$$H = (L + 1/2\ L)\left(-\frac{2.5}{100}\right)$$

$$H = (320 + 160)\ (0.025)$$

$$H = 12 \text{ ft.}$$

با مراجعه به منحنی مشخصات پمپ‌ها، پمپ GG2 انتخاب می‌شود.



شکل ۳۴ـ منحنی مشخصات پمپ‌های GG2 و GG1.

۱۴ـ روش محاسبه و انتخاب پمپ‌های آتش‌نشانی

در پمپ‌های آتش‌نشانی قدرت آتش خاموش‌کنی پمپ را معمولاً با طول پرتاب افقی یا عمودی ستون آب اندازه می‌گیرند.

برای به دست آوردن اثر آتش خاموش‌کنی کافی، فشار در لوله خروجی پمپ حداقل باید 4 آتمسفر باشد.

در جدول زیر مقدار پرتاب عمودی h و فاصله پرتاب افقی w نسبت به دبی، فشار و قطر خروجی نازل نشان داده شده است.

اعداد جدول زیر تقریبی می‌باشند (با فرض عدم وزش باد)

علایم جدول:

p = فشار در لولهٔ خروجی پمپ

h = مقدار پرتاب عمودی

w = فاصلهٔ پرتاب افقی

Q = دبی پمپ آتش‌نشانی

D = قطر خروجی نازل

اگر فشار 5 آتمسفر در پشت نازل وجود داشته باشد و دبی پمپ 12.6 مترمکعب در ساعت

باشد، آب خارج شده از نازل به قطر 12 میلی‌متر، به طور قائم 20 متر و به طور افقی 27 متر پرتاب خواهد شد.

p in bar	h in m w in m Q in m^3/h	D in mm قطر خروجی نازل (میلیمتر) 8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36	38	40
3,0	h	15,5	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	25	25	25	26	26	26
	w	21,0	22	23	24	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	36
	Q	4,3	6,8	9,7	13,3	17,4	22,0	27,2	33	39,3	46,2	53,6	61,5	70,0	79,0	88,6	98,7	109,4
3,5	h	17,0	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	27	28	28	29	29
	w	23,0	23	24	25	27	28	30	31	32	33	35	36	37	38	38	39	40
	Q	4,6	7,3	10,5	14,3	18,8	23,8	29,4	35,6	42,5	49,9	57,9	66,4	75,6	85,4	95,6	106,6	118,1
4,0	h	18,5	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	30	30	31	31	32	33
	w	24,0	24	25	26	28	29	32	33	34	36	39	40	41	41	42	43	44
	Q	4,9	7,8	11,3	15,4	20,1	25,4	31,4	38,2	45,4	53,3	61,9	71	80,8	91,3	102,4	114	126,3
4,5	h	20,0	18	19	20	21	23	24	26	27	29	31	32	33	34	35	36	37
	w	25,0	25	26	27	29	30	33	35	36	38	41	43	44	45	46	47	48
	Q	5,2	8,3	11,9	16,3	21,3	27	33,4	40,4	48,2	56,6	65,4	75,4	85,7	96,8	108,5	120,9	134,0
5,0	h	20,5	19	20	21	22	24	26	28	29	31	33	34	35	36	37	38	39
	w	25,6	26	27	28	30	32	34	37	38	41	44	46	47	48	49	51	53
	Q	5,5	8,7	12,6	17,2	22,4	28,4	35,2	42,7	50,8	59,6	69,2	79,4	90,4	102,1	114,5	127,4	141,2
5,5	h	21,0	20	21	22	23	25	27	29	30	32	34	36	37	38	39	40	41
	w	26,5	27	28	29	31	33	35	38	40	43	46	49	50	51	53	54	56
	Q	5,8	9,1	13,2	18	23,5	29,8	36,9	44,7	53,3	62,6	72,5	83,3	94,7	107	120	133,6	148,1
6,0	h	21,7	21	22	23	24	26	28	30	31	34	37	38	39	40	42	43	44
	w	27,5	28	29	30	32	34	37	40	42	45	49	52	53	55	57	59	61
	Q	6,1	9,5	13,8	18,8	24,6	31,1	38,5	46,7	55,6	65,3	75,8	87,0	99,0	111,8	125,3	139,6	154,7
6,5	h		21	22	23	25	27	29	31	32	35	38	40	41	42	44	45	46
	w		29	30	31	33	35	38	41	43	47	50	53	55	57	59	61	63
	Q	6,3	10,0	14,3	19,6	25,6	32,5	40,1	48,6	57,9	68,0	78,9	90,5	103,0	116,3	130,4	145,3	161,0
7,0	h		22	23	24	26	28	30	32	33	37	40	42	43	44	45	47	48
	w		30	32	33	35	37	40	43	45	49	52	55	58				67
	Q	6,5	10,3	14,9	20,3	26,6	33,7	41,6	50,5	60,1	70,6	82,0	94,0	106,9	120,7	135,4	150,8	167,0
7,5	h		22	23	24	27	29	31	33	34	38	41	43	44	45	46	47	48
	w		30	32	33	36	38	41	42	46	50	53	56	60	62	64	66	68
	Q	6,8	10,7	15,4	21	27,5	34,9	43,1	52,2	62,2	73,1	84,7	97,3	110,7	125,0	140,1	156,1	170,0
8,0	h		23	24	25	28	30	32	34	36	39	43	45	46	47	49	50	51
	w		31	33	34	38	40	43	46	48	52	54	58	62				70
	Q	7,0	11,0	15,9	21,7	28,4	36	44,5	53,9	64,3	75,5	87,6	100,5	114,3	129,1	144,7	161,2	178,6
8,5	h			24	25	28	30	31	35	37	40	44	46	47	48	49	50	51
	w			33	34	39	41	44	47	49	51	55	59	63	65	67	69	71
	Q	7,2	11,3	16,4	22,4	29,3	37,1	45,8	55,6	66,2	77,8	90,2	103,6	117,8	133,0	149,0	166,2	184,1
9,0	h			25	26	29	31	34	36	38	41	45	47	48	49	50	51	52
	w			34	35	40	42	45	48	51	54	56	60	65	67	69	71	72
	Q	7,4	11,7	16,9	23	30,1	38,2	47,2	57,2	68,2	80,1	92,9	106,6	121,3	136,9	153,5	171,0	189,5
9,5	h				27	29	31	34	37	39	41	45	47	49	50	51	52	52
	w				35	40	42	46	48	51	54	57	60	66	68	70	72	73
	Q	7,6	12	17,3	23,6	31	39,2	48,5	58,8	70,0	82,3	95,4	109,5	124,6	140,6	157,7	175,7	194,6
10,0	h				28	30	32	35	38	40	42	46	48	50	51	51	52	53
	w				36	41	43	47	49	52	55	58	61	67	69	71	73	74
	Q	7,8	12,3	17,8	24,2	31,7	40,2	49,7	60,3	71,8	84,5	97,9	112,3	127,8	144,3	161,8	180,2	199,7
11,0	h					31	33	36	39	41	43	47	49	51	52	52	53	54
	w					42	44	48	50	53	56	59	62	68	70	72	74	76
	Q	8,2	13	18,7	25,4	33,3	42,4	52,2	63,2	75,4	88,5	102,6	117,8	134,0	151,3	169,7	189,1	209,5
12,0	h						34	37	40	42	44	48	50	52	53	53	54	55
	w						45	49	51	54	57	60	63	69	72	74	76	78
	Q	8,6	13,5	19,5	26,6	34,9	44,1	54,5	66,1	78,7	92,5	107,2	121,3	140,0	158,1	177,2	197,5	218,8

۱۵ـ روش محاسبه و انتخاب کلید، فیوز و کابل

با داشتن قدرت الکتروموتور برحسب اسب بخار یا کیلووات به کمک جداول داده شده در این قسمت می‌توان کلید روغنی، فیوز و کابل مناسب برای الکتروموتور را به دست آورد. برای آشنایی به روش کار به مثال زیر توجه کنید:

الکتروموتوری به قدرت 40 اسب بخار با روش اتصال مستقیم باید کار بکند. فاصلهٔ کلید و الکتروموتور 70 متر می‌باشد می‌خواهیم کلید روغنی، فیوز و کابل مناسب برای آن را پیدا نماییم.

۱ـ ابتدا به جدول شمارهٔ ۵ مراجعه می‌کنیم در ستون اول قدرت الکتروموتور را پیدا کرده و در مقابل آن در ستون سوم عدد 59 را که معرف شدت جریان الکتروموتور است تعیین می‌کنیم.

۲ـ از جدول شمارهٔ ۱ نوع کلید به دست می‌آید کلید مناسب برای ظرفیت 59 آمپر کلید ردیف 6 با رله ترمیک 63-40 آمپر می‌باشد.

۳ـ برای انتخاب فیوز به جدول شمارهٔ ۳ مراجعه می‌کنیم کلید روغنی با رله ترمیک 63-40 آمپر به فیوز 80 آمپر (نوع کندکار) و یا 125 آمپر (نوع تندکار) احتیاج دارد.

۴ـ کابل مناسب به کمک منحنی شمارهٔ (۱–۱۵) انتخاب می‌شود که عبارتست ازکابل $3\times10\,mm^2$ این منحنی‌ها ((۱–۱۵) و (۲–۱۵)) برای درجه حرارت 25 درجه سانتیگراد با مقدار افت ولتاژ 3 درصد و برای برق سه فاز 380 ولت می‌باشد در شرایطی که درجه بیشتر از 25 درجه سانتیگراد باشد آمپر به دست آمده از جدول شمارهٔ ۵ در ضرایب زیر ضرب می‌شود

۰درجه سانتیگراد	۳۰	۳۵	۴۰	۴۵	۵۰	۵۵
ضریب	۱/۰۸	۱/۱۸	۱/۳۴	۱/۵۴	۱/۸۹	۲/۶۳

جدول شمارهٔ ۱ـ مشخصات کلیدهای روغنی مستقیم محافظ خودکار 3 فاز

شماره ردیف	ظرفیت (آمپر)	حدود تنظیم رله ترمیک (آمپر)	امکان نصب کنتاکت‌های کمکی		وزن کلید (کیلوگرم)	حجم روغن (لیتر)
			باز	بسته		
۱	۱۵	۲-۴	۲	۲	۰/۹	۰/۶
۲	۱۵	۴-۸	۲	۲	۰/۹	۰/۶
۳	۱۵	۸-۱۵	۲	۲	۰/۹	۰/۶
۴	۲۵	۱۵-۲۵	۲	۲	۲/۸	۰/۷۵
۵	۶۰	۲۵-۴۰	۲	۲	۱۰/۳	۳
۶	۶۰	۴۰-۶۳	۲	۲	۱۰/۳	۳
۷	۱۵۰	۶۰-۱۰۰	۱	۱	۲۰/۵	۵/۲
۸	۱۵۰	۱۰۰-۱۵۰	۱	۱	۲۰/۵	۵/۲
۹	۲۰۰	۱۵۰-۲۰۰	۱	۱	۲۱	۵/۲
۱۰	۳۵۰	۳۰۰-۳۵۰	۳	۳	۶۱	۱۶/۵
۱۱	۶۰۰	۳۰۰-۴۵۰	۳	۳	۶۴	۱۶/۵

جدول شمارهٔ ۲ـ مشخصات کلیدهای روغنی ستاره مثلث محافظ خودکار 3 فاز

شماره ردیف	ظرفیت (آمپر)	حدود تنظیم رله ترمیک (آمپر)	امکان نصب کنتاکت‌های کمکی		وزن کلید (کیلوگرم)	حجم روغن (لیتر)
			باز	بسته		
۱	۲۶	۱۴-۲۶	۱	۱	۷/۲	۳/۸
۲	۶۰	۲۶-۴۰	۱	۱	۱۷/۸	۶
۳	۱۰۰	۴۰-۷۰	۱	۱	۱۷/۸	۶
۴	۱۰۰	۷۰-۱۱۰	۱	۱	۲۶	۱۰
۵	۱۷۰	۱۰۰-۱۷۰	۱	۱	۶۵	۱۶/۵
۶	۲۵۰	۱۷۰-۲۵۰	۲	۲	۶۵	۱۶/۵
۷		۲۶۰-۳۵۰	۲	۲	۷۴	۲۲

جدول شمارهٔ ۳ـ جدول انتخاب فیوز مناسب برای کلیدهای روغنی مستقیم

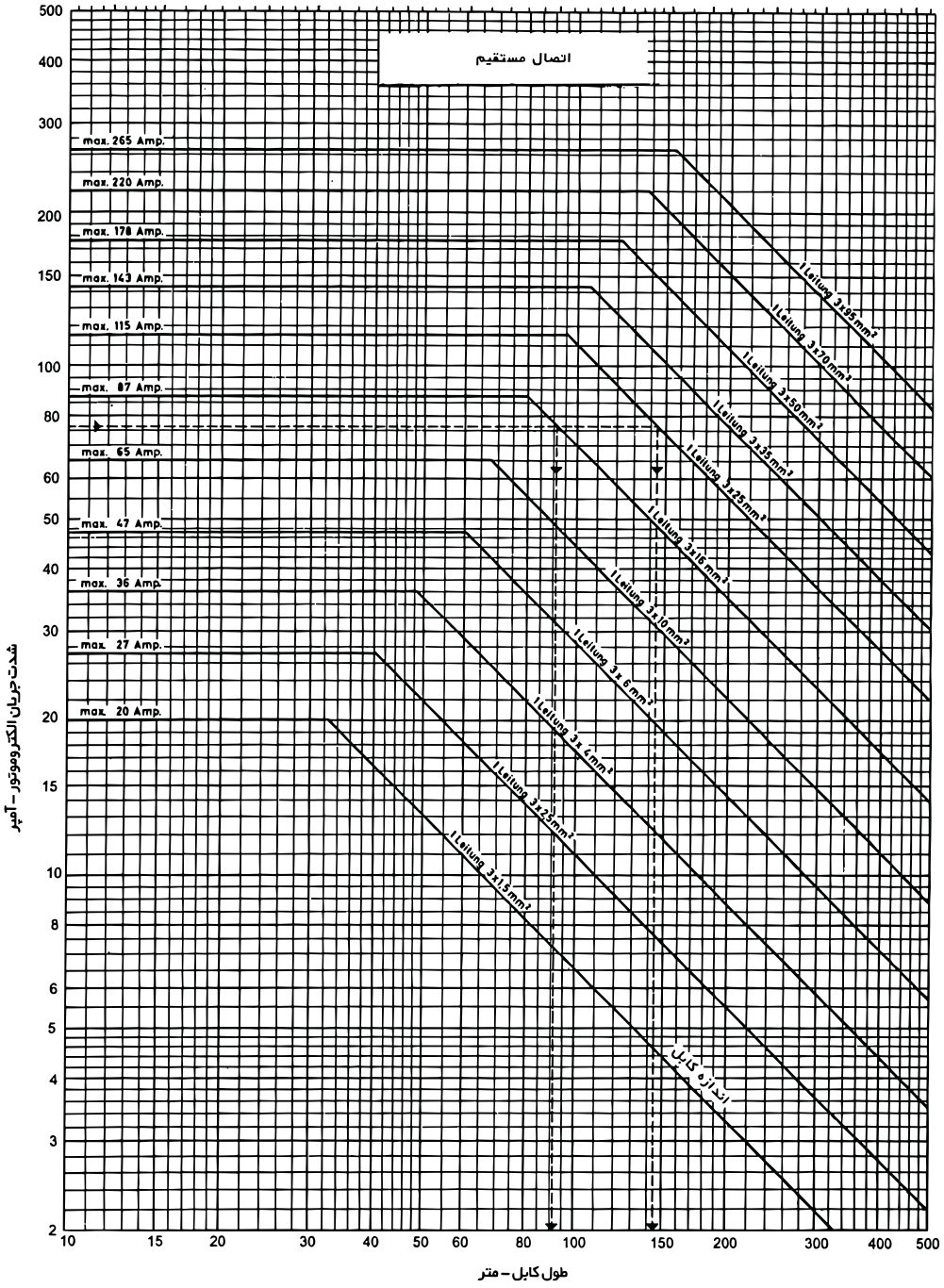
شماره ردیف	حدود تنظیم رله ترمیک (آمپر)	ظرفیت کلید (آمپر)	فیوز مناسب (آمپر)	
			تندکار	کندکار
۱	۲-۴	۱۵	۱۵	۱۰
۲	۴-۸	۱۵	۲۵	۲۰
۳	۸-۱۵	۱۵	۳۵	۲۵
۴	۱۵-۲۵	۲۵	۶۰	۵۰
۵	۲۵-۴۰	۶۰	۸۰	۶۰
۶	۴۰-۶۳	۶۰	۱۲۵	۸۰
۷	۶۰-۱۰۰	۱۵۰	--	۲۰۰
۸	۱۰۰-۱۵۰	۱۵۰	--	۲۶۰
۹	۱۵۰-۲۰۰	۲۰۰	--	۲۶۰
۱۰	۲۰۰-۳۵۰	۳۵۰	--	۴۰۰

جدول شمارهٔ ۴ـ جدول انتخاب فیوز مناسب برای کلیدهای روغنی ستاره مثلث

شماره ردیف	حدود تنظیم رله ترمیک (آمپر)	ظرفیت کلید (آمپر)	فیوز مناسب (آمپر)	
			تندکار	کندکار
۱	۱۴-۲۶	۲۶	۳۵	۲۵
۲	۲۶-۴۰	۶۰	۶۰	۵۰
۳	۴۰-۷۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۰
۴	۷۰-۱۱۰	۱۰۰	۱۲۵	۱۰۰
۵	۱۰۰-۱۷۰	۱۷۰	--	۲۰۰
۶	۱۷۰-۲۵۰	۲۵۰	--	۲۶۰
۷	۲۶۰-۳۵۰	۴۰۰	--	۳۵۰

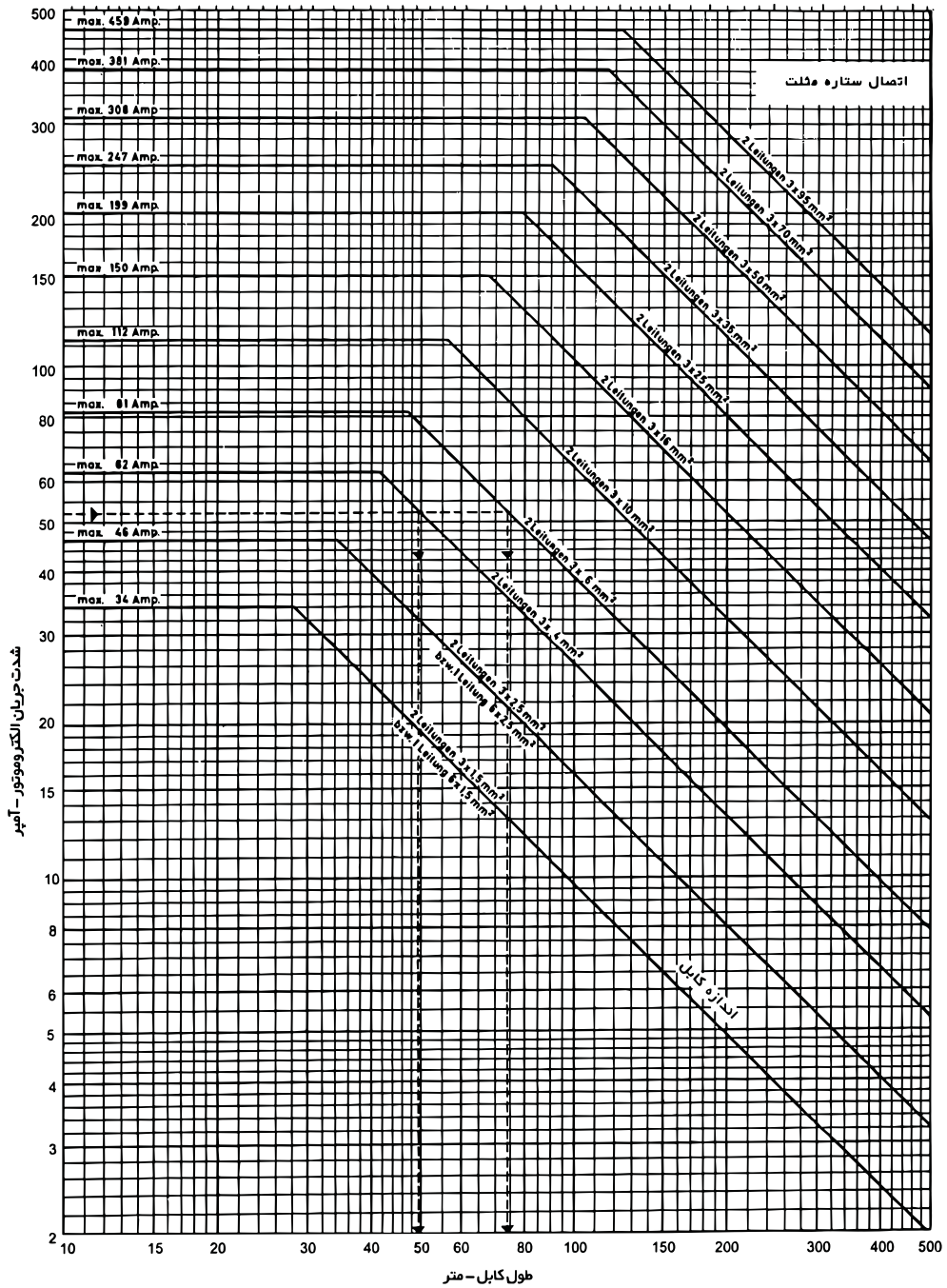
توضیح: درجه‌بندی رله کلیدهای روغنی ستاره مثلث برای جریان الکتروموتور معمولاً روی پلاک آن نوشته شده تنظیم گردیده است، بنابراین برای انتخاب کلید مناسب کافی است آمپراژ الکتروموتور را در نظر گرفت و نباید جریان الکتروموتور را به $\sqrt{3} = 1.73$ تقسیم نمود. قویاً توصیه می‌شود بعد از نصب کلید با آمپرمتر جریان واقعی مصرف الکتروموتور را تعیین و رله را روی آن عدد تنظیم کرد.

منحنی ۱-۱۵


اتصال مستقیم
max. 265 Amp.
max. 220 Amp.
max. 178 Amp.
max. 143 Amp.
max. 115 Amp.
max. 87 Amp.
max. 65 Amp.
max. 47 Amp.
max. 36 Amp.
max. 27 Amp.
max. 20 Amp.
1 Leitung 3x95mm²
1 Leitung 3x70mm²
1 Leitung 3x50mm²
1 Leitung 3x35mm²
1 Leitung 3x25mm²
1 Leitung 3x16mm²
1 Leitung 3x10mm²
1 Leitung 3x6mm²
1 Leitung 3x4mm²
1 Leitung 3x2.5mm²
1 Leitung 3x1.5mm²
اندازه کابل
شدت جریان الکتروموتور - آمپر
طول کابل - متر
500
400
300
200
150
100
80
60
50
40
30
20
15
10
8
6
5
4
3
2
10
15
20
30
40
50
60
80
100
150
200
300
400
500

منحنی ۲-۱۵

منحنی ۲-۱۵



جدول شمارهٔ ۵ـجدول تعیین جریان الکتروموتورهای 3 فاز 380 ولت

قدرت الکترو موتور (اسب)	قدرت الکترو موتور (کیلووات)	جریان الکترو موتور (آمپر)
۰/۲	۰/۱۵	۰/۵
۰/۳۴	۰/۲۵	۰/۷
۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۹
۰/۶۸	۰/۵	۱/۳
۱/۱	۰/۸	۱/۹
۱/۵	۱/۱	۲/۵
۲	۱/۵	۳/۳
۳	۲/۲	۴/۷
۴	۳	۶/۳
۵/۵	۴	۸/۲
۷/۵	۵/۵	۱۱/۲
۱۰	۷/۵	۱۴/۸
۱۵	۱۱	۲۲
۲۰	۱۵	۳۰
۲۵	۱۸	۳۶
۳۰	۲۲	۴۲
۳۵	۲۶	۵۳
۴۰	۲۹	۵۹
۵۰	۳۷	۷۲
۶۰	۴۴	۸۹
۷۰	۵۱	۹۷
۸۰	۵۸	۱۰۹
۹۰	۶۶	۱۲۸
۱۰۰	۷۴	۱۴۳
۱۱۰	۸۱	۱۵۷
۱۲۵	۹۲	۱۸۰
۱۳۶	۱۰۰	۱۹۰
۱۵۰	۱۱۰	۲۱۰
۱۷۰	۱۲۵	۲۳۶
۲۰۰	۱۴۷	۲۷۲
۲۲۰	۱۶۲	۳۰۲
۲۵۰	۱۸۴	۳۴۶
۳۵۰	۲۳۰	۴۳۰
۳۷۵	۲۷۵	۵۱۰
۴۵۰	۳۳۰	۶۱۲

۱۶ـ جداول و منحنی‌ها

۱-۱۶ فشار بخار p_D و دانسیته ρ آب

t °C	T K	p bar	ϱ kg/dm³	t °C	T K	p bar	ϱ kg/dm³	t °C	T K	p bar	ϱ kg/dm³
0	273,15	0,00611	0,9998					138	411,15	3,414	0,9276
1	274,15	0,00657	0,9999	61	334,15	0,2086	0,9826	140	413,15	3,614	0,9258
2	275,15	0,00706	0,9999	62	335,15	0,2184	0,9821	145	418,15	4,155	0,9214
3	276,15	0,00758	0,9999	63	336,15	0,2286	0,9816	150	423,15	4,760	0,9168
4	277,15	0,00813	1,0000	64	337,15	0,2391	0,9811	155	428,15	5,433	0,9121
5	278,15	0,00872	1,0000	65	338,15	0,2501	0,9805	160	433,15	6,181	0,9073
6	279,15	0,00935	1,0000	66	339,15	0,2615	0,9799	165	438,15	7,008	0,9024
7	280,15	0,01001	0,9999	67	340,15	0,2733	0,9793	170	443,15	7,920	0,8973
8	281,15	0,01072	0,9999	68	341,15	0,2856	0,9788	175	448,15	8,924	0,8921
9	282,15	0,01147	0,9998	69	342,15	0,2984	0,9782	180	453,15	10,027	0,8869
10	283,15	0,01227	0,9997	70	343,15	0,3116	0,9777	185	458,15	11,233	0,8815
11	284,15	0,01312	0,9997	71	344,15	0,3253	0,9770	190	463,15	12,551	0,8760
12	285,15	0,01401	0,9996	72	345,15	0,3396	0,9765	195	468,15	13,987	0,8704
13	286,15	0,01497	0,9994	73	346,15	0,3543	0,9760	200	473,15	15,55	0,8647
14	287,15	0,01597	0,9993	74	347,15	0,3696	0,9753	205	478,15	17,243	0,8588
15	288,15	0,01704	0,9992	75	348,15	0,3855	0,9748	210	483,15	19,077	0,8528
16	289,15	0,01817	0,9990	76	349,15	0,4019	0,9741	215	488,15	21,060	0,8467
17	290,15	0,01936	0,9988	77	350,15	0,4189	0,9735	220	493,15	23,198	0,8403
18	291,15	0,02062	0,9987	78	351,15	0,4365	0,9729	225	498,15	25,501	0,8339
19	292,15	0,02196	0,9985	79	352,15	0,4547	0,9723	230	503,15	27,976	0,8273
20	293,15	0,02337	0,9983	80	353,15	0,4736	0,9716	235	508,15	30,632	0,8205
21	294,15	0,02485	0,9981	81	354,15	0,4931	0,9710	240	513,15	33,478	0,8136
22	295,15	0,02642	0,9978	82	355,15	0,5133	0,9704	245	518,15	36,523	0,8065
23	296,15	0,02808	0,9976	83	356,15	0,5342	0,9697	250	523,15	39,776	0,7992
24	297,15	0,02982	0,9974	84	357,15	0,5557	0,9691	255	528,15	43,246	0,7916
25	298,15	0,03166	0,9971	85	358,15	0,5780	0,9684	260	533,15	46,943	0,7839
26	299,15	0,03360	0,9968	86	359,15	0,6011	0,9678	265	538,15	50,877	0,7759
27	300,15	0,03564	0,9966	87	360,15	0,6249	0,9671	270	543,15	55,058	0,7678
28	301,15	0,03778	0,9963	88	361,15	0,6495	0,9665	275	548,15	59,496	0,7593
29	302,15	0,04004	0,9960	89	362,15	0,6749	0,9658	280	553,15	64,202	0,7505
30	303,15	0,04241	0,9957	90	363,15	0,7011	0,9652	285	558,15	69,186	0,7415
31	304,15	0,04491	0,9954	91	364,15	0,7281	0,9644	290	563,15	74,461	0,7321
32	305,15	0,04753	0,9951	92	365,15	0,7561	0,9638	295	568,15	80,037	0,7223
33	306,15	0,05029	0,9947	93	366,15	0,7849	0,9630	300	573,15	85,927	0,7122
34	307,15	0,05318	0,9944	94	367,15	0,8146	0,9624	305	578,15	92,144	0,7017
35	308,15	0,05622	0,9940	95	368,15	0,8453	0,9616	310	583,15	98,700	0,6906
36	309,15	0,05940	0,9937	96	369,15	0,8769	0,9610	315	588,15	105,61	0,6791
37	310,15	0,06274	0,9933	97	370,15	0,9094	0,9602	320	593,15	112,89	0,6669
38	311,15	0,06624	0,9930	98	371,15	0,9430	0,9596	325	598,15	120,56	0,6541
39	312,15	0,06991	0,9927	99	372,15	0,9776	0,9586	330	603,15	128,63	0,6404
40	313,15	0,07375	0,9923	100	373,15	1,0133	0,9581	340	613,15	146,05	0,6102
41	314,15	0,07777	0,9919	102	375,15	1,0878	0,9567	350	623,15	165,35	0,5743
42	315,15	0,08198	0,9915	104	377,15	1,1668	0,9552	360	633,15	186,75	0,5275
43	316,15	0,08639	0,9911	106	379,15	1,2504	0,9537	370	643,15	210,54	0,4518
44	317,15	0,09100	0,9907	108	381,15	1,3390	0,9522	374,15	647,30	221,2	0,3154
45	318,15	0,09582	0,9902	110	383,15	1,4327	0,9507				
46	319,15	0,10086	0,9898								
47	320,15	0,10612	0,9894	112	385,15	1,5316	0,9491				
48	321,15	0,11162	0,9889	114	387,15	1,6362	0,9476				
49	322,15	0,11736	0,9884	116	389,15	1,7465	0,9460				
50	323,15	0,12335	0,9880	118	391,15	1,8628	0,9445				
				120	393,15	1,9854	0,9429				
51	324,15	0,12961	0,9876								
52	325,15	0,13613	0,9871	122	395,15	2,1145	0,9412				
53	326,15	0,14293	0,9866	124	397,15	2,2504	0,9396				
54	327,15	0,15002	0,9862	126	399,15	2,3933	0,9379				
55	328,15	0,15741	0,9857	128	401,15	2,5435	0,9362				
56	329,15	0,16511	0,9852	130	403,15	2,7013	0,9346				
57	330,15	0,17313	0,9846								
58	331,15	0,18147	0,9842	132	405,15	2,8670	0,9328				
59	332,15	0,19016	0,9837	134	407,15	3,041	0,9311				
60	333,15	0,19920	0,9832	136	409,15	3,223	0,9294				

۲-۱۶ فشار بخار p_D مایعات مختلف

Temperature		Ethane C_2H_6	Acetone $(CH_3)_2CO$	Ammonia NH_3	Ethyl alcohol C_2H_5OH	n-Butane C_4H_{10}	i-Butane C_4H_{10}	Benzol C_6H_6	Aniline $C_6H_5NH_2$	Ether $C_2H_5OC_2H_5$	Formic acid CH_2O_2	Acetic acid $C_2H_4O_2$	n-Propane C_3H_8	Methyl alcohol CH_4O	Sulphur dioxide SO_2 Sulphurous acid H_2SO_3	Carbon disulphide CS_2	Toluol C_7H_8	Carbon tetrachloride CCl_4
t °C	T K	Vapour pressure p_D in bar																
–50	223	5,517	0,00319	0,409		0,103				0,0127			0,707		0,1157			
–45	228	6,574		0,545									0,890		0,1598			
–40	233	7,776		0,718		0,179				0,0255			1,115		0,2157			
–35	238	9,129		0,932									1,379		0,2883			
–30	243	10,65	0,0149	1,195		0,294	0,483			0,050			1,672		0,3805	0,0335		
–25	248	12,34		1,516									2,017		0,4942			
–20	253	14,23	0,0293	1,902		0,469	0,748			0,0883			2,423		0,6355	0,0609		0,0129
–15	258	16,31		2,363									2,889		0,8071			0,0180
–10	263	18,59	0,0516	2,909		0,691	1,103			0,150			3,405		1,014	0,1047		0,0246
– 5	268	21,10		3,549									4,015		1,2611			0,0330
± 0	273	23,76	0,0856	4,294	0,0159	1,039	1,613	0,0354		0,247		0,0044	4,684	0,0381	1,554	0,1697		0,0439
5	278	26,86	0,115	5,157						0,311			5,453		1,899			0,0576
10	283	30,16	0,1542	6,149	0,0306	1,50	2,201	0,0606		0,389	0,0245	0,0085	6,339	0,0699	2,302	0,2648	0,017	0,0746
15	288	33,76	0,196	7,283						0,481			7,298		2,768			0,0956
20	293	37,75	0,246	8,572	0,0568	2,069	3,119	0,0996		0,589	0,0419	0,0156	8,334	0,1227	3,305	0,3996	0,0298	0,1213
25	298	42,15	0,306	10,03						0,716			9,489		3,9197			0,1527
30	303	47,07	0,377	11,67	0,1008	2,824	4,232	0,1578		0,864	0,0688	0,0275	10,807	0,2068	4,619	0,5848	0,0489	0,1907
35	308		0,462	13,498									12,219		5,411			0,2349
40	313		0,562	15,54	0,1722	3,765	5,609	0,2412		1,228	0,1097	0,0464	13,739	0,336	6,303	0,8306	0,0784	0,2876
45	318		0,681	17,81									15,455		7,303			0,3499
50	323		0,817	20,33	0,2836	4,98	7,257	0,3589	0,00319	1,702	0,1696	0,0754	17,269	0,5283	8,417	1,1466	0,121	0,4228
55	328																	0,5057
60	333		1,118		0,4519	6,37	9,267	0,5188	0,0075	2,306	0,2549	0,1186	20,89	0,8095		1,549	0,1863	0,6010
65	338																	0,7078
70	343		1,55		0,6979	8,14	11,719	0,7301	0,0139	3,061	0,3733	0,1812	25,79	1,1954			0,2689	0,8296
75	348																	
80	353		2,08		1,047	10,198		1,0052	0,0239	3,991	0,533	0,269	31,38	1,7298		2,6998	0,3818	1,1169
85	358												34,127					
90	363		2,76		1,531	12,55		1,355	0,0389	5,121	0,7439	0,3915	36,579	2,445			0,5369	1,4828
95	368												39,91					
100	373		3,599		2,184	15,396		1,795	0,0609	6,478	1,0159	0,556		3,384		4,333	0,7354	1,9505
105	378																	
110	383		4,65		3,045	18,34		2,331	0,0922	8,092		0,774		4,595			0,9924	2,5164
115	388																	
120	393		5,89		4,159	21,77		2,984	0,1327	9,992		1,059		6,131		6,999	1,267	3,1911
125	398																	
130	403		7,38		5,572	25,69		3,766	0,1926	12,209		1,423		8,050			1,7407	3,956
135	408																	
140	413		9,149		29,52			4,694	0,2719	14,768		1,885				10,399	2,2457	4,945
145	418																	
150	423		11,28		34,52		5,776	0,3839		17,711		2,499					2,824	6,073

۳-۱۶ دانسیته ρ مایعات مختلف تحت فشار جو

Temperature		Ethane C_2H_6	Acetone $(CH_3)_2CO$	Ethyl alcohol C_2H_5OH	Ammonia NH_3	n-Butane C_4H_{10}	i-Butane C_4H_{10}	Benzol C_6H_6	Aniline $C_6H_5NH_2$	Ether $C_2H_5OC_2H_5$	Formic acid CH_2O_2	Acetic acid $C_2H_4O_2$	n-Propane C_3H_8	Phenol C_6H_5OH	Methyl alcohol CH_4O	Sulphurous acid H_2SO_3	Toluol C_7H_8	Carbon disulphide CS_2	Carbon tetrachloride CCl_4	Heavy water D_2O
K	°C	Density ϱ in kg/dm³																		
173	–100	0,5589	0,920			0,6900				0,842								1,432		
183	– 90	0.5479				0,6827											0,9697			
193	– 80	0,5367				0,6744							0,6240				0,9604			
203	– 70	0,5250				0,6663							0,6134				0,9509			
213	– 60	0,5125				0,6577							0,6025				0,9419			
223	– 50	0,4993	0,868		0,695	0,6492				0,790			0,5910			1,555	0,9327	1,362		
233	– 40	0,4850	0,855			0,6400							0,5793				0,9234			
243	– 30	0,4700				0,6306	0,6156						0,5680			1,509	0,9141			
253	– 20	0,4526	0,832			0,6210	0,6052						0,5555				0,9049		1,670	
263	– 10	0,4339				0,6107	0,5940						0,5430			1,460	0,8956			
273	± 0	0,4117	0,812	0,8080	0,636	0,6008	0,5835	0,9001	1,039	0,736			0,5300	1,092	0,810	1,435	0,8863	1,292	1,630	1,105
283	10	0,3865		0,7990		0,5898	0,5718	0,8920					0,5160		0,801		0,8769			
293	20	0,3502	0,791	0,7902	0,609	0,5788	0,5590	0,8790	1,022	0,714	1,220	1,049	0,5015	1,071	0,792	1,380	0,8677	1,262	1,585	1,105
303	30	0,2860		0,7815		0,5665	0,5462	0,8675					0,4860		0,783		0,8583			
313	40		0,765	0,7726		0,5546	0,5340	0,8576			1,192	1,028	0,4690		0,774		0,8489		1,545	1,100
323	50		0,756	0,7634	0,561	0,5422	0,5198	0,8460	0,996	0,676	1,184	1,018	0,4500	1,050	0,765		0,8395			
333	60		0,740	0,7546		0,5284	0,5052	0,8357			1,169	1,003	0,4328		0,755		0,8301		1,505	1,090
343	70			0,7452		0,5148	0,4900	0,8248					0,4090		0,746		0,8205			
353	80			0,7357		0,5003		0,8145				0,980	0,3764		0,736		0,8110		1,460	1,070
363	90			0,7260		0,4848		0,8041					0,3230		0,725		0,8012			
373	100			0,7158	0,458	0,4680		0,7927	0,951	0,611		0,960			0,714	1,110	0,7914		1,420	1,040
383	110			0,7048		0,4492		0,7809							0,702		0,7813			
393	120			0,6927		0,4272		0,7692							0,691		0,7710			
403	130			0,6791		0,4003		0,7568							0,678		0,7608			
413	140					0,3620		0,7440									0,7501			
423	150					0,2900		0,7310				0,896					0,7392		1,310	0,990

۴-۱۶ واحدهای مختلف

	Power of ten	Prefèx	Prefix symbol
decimal multiple	10^{12}	tera	T
	10^{9}	giga	G
	10^{6}	mega	M
	10^{3}	kilo	k
	10^{2}	hecto	h
	10^{1}	deca	da
decimal part	10^{-1}	deci	d
	10^{-2}	centi	c
	10^{-3}	milli	m
	10^{-6}	micro	μ
	10^{-9}	mano	n
	10^{-12}	pico	p

4 Decimal multiples and decimal parts of this unit are also legal units; they must be noted by means of the following prefix symbols immediately before the unit symbol:

5 No longer authorized.

2. Conversion of British and USA Units (→ Unit)				british	USA
Length	1 mil			25,4 μm	25,4 μm
	1 point			0,3528 mm	0,3528 mm
	1 line			0,635 mm	0,635 mm
	1 inch	(in)		25,4 mm	25,4 mm
	1 hand			10,16 cm	10,16 cm
	1 link	(li)		20,1168 cm	20,1168 cm
	1 span			22,86 cm	22,86 cm
	1 foot	(ft)	= 12 in	0,3048 m	0,3048 m
	1 yard	(yd)	= 3 ft = 36 in	0,9144 m	0,9144 m
	1 fathom	(fath)	= 2 yd	1,8288 m	1,8288 m
	1 rod	(rd)		5,0292 m	5,0292 m
	1 chain	(ch)		20,1168 m	20,1168 m
	1 furlong	(fur)		201,168 m	201,168 m
	1 mile (statute mile)	(mi)	= 1760 yd	1,6093 km	1,6093 km
	1 nautical mile			1,8532 km	1,8532 km
Area	1 circular mil			506,709 μm²	506,709 μm²
	1 circular inch			5,067 cm²	5,067 cm²
	1 square inch	(sq in)		6,4516 cm²	6,4516 cm²
	1 square link	(sq li)		404,687 cm²	404,687 cm²
	1 square foot	(sq ft)		929,03 cm²	929,03 cm²
	1 square yard	(sq yd)		0,8361 m²	0,8361 m²
	1 square rod	(sq rd)		25,2929 m²	25,2929 m²
	1 square chain	(sq ch)		404,686 m²	404,686 m²
	1 rood			1011,7124 m²	1011,7124 m²
	1 acre			4046,86 m²	4046,86 m²
	1 square mile	(sq mi)		2,59 km²	2,59 km²
Volume	1 cubic inch	(cu in)		16,387 cm³	16,387 cm³
	1 board foot	(fbm)		2,3597 dm³	2,3597 dm³
	1 cubic foot	(cu ft)		28,3268 dm³	28,3268 dm³
	1 cubic yard	(cu yd)		0,7646 m³	0,7646 m³
	1 register ton	(RT) = 100 cu ft		2,8327 m³	2,8327 m³

۵-۱۶ تبدیل واحدهای آمریکایی و انگلیسی

			british	USA
Volume	1 British shipping ton = 42 cu ft		1,1897 m^3	–
	1 US shipping ton = 40 cu ft		–	1,1331 m^3
Basic unit gallon for fluids	1 minim	(min)	59,1939 mm^3	61,6119 mm^3
	1 fluid scruple		1,1839 cm^3	–
	1 fluid drachm	(fl. dr.)	3,5516 cm^3	–
	1 fluid dram	(fl. dr.)	–	3,6967 cm^3
	1 fluid ounce	(fl. oz.)	28,4131 cm^3	29,5737 cm^3
	1 gill	(gi)	142,065 cm^3	118,2948 cm^3
	1 pint	(liq pt)	0,5683 dm^3	0,4732 dm^3
	1 quart	(liq qt)	1,1365 dm^3	0,9464 dm^3
	1 pottle		2,2730 dm^3	–
	1 gallon	(gal)	4,5460 dm^3	3,7854 dm^3
	1 peck		9,0922 dm^3	–
	1 bushel		36,3687 dm^3	–
	1 US oil-barrel (crude oil)		–	0,159 m^3
	1 quarter		0,291 m^3	–
	1 chaldron		1,3093 m^3	–
Basic unit bushel for dry goods	1 dry pint	(dry pt)	–	0,5506 dm^3
	1 dry quart	(dry qt)	–	1,1012 dm^3
	1 peck	(pk)	–	8,8098 dm^3
	1 bushel	(bu)	36,3687 dm^3	35,2393 dm^3
	1 dry barrel	(bbl)	–	0,1156 m^3
Mass and Weight	1 grain	(gr)	64,7989 mg	64,7989 mg
Avoirdupois system	1 dram	(dr avdp)	1,7718 g	1,7718 g
(trade and commerce	1 ounce	(oz avdp)	28,3495 g	28,3495 g
weights)	1 pound	(lb)	0,4536 kg	0,4536 kg
	1 stone		6,3503 kg	–
	1 quarter		12,7006 kg	–
	1 cental		45,3592 kg	–
	1 short hundredweight	(sh cwt)	–	45,3592 kg
	1 hundredweight	(cwt)	50,8024 kg	–
	1 long hundredweight	(l cwt)	–	50,8024 kg
	1 short ton	(sh tn)	–	907,1849 kg
	1 ton		1016,0470 kg	–
	1 long ton	(l tn)	–	1016,0470 kg
Troy system	1 pennyweight	(dwt)	1,5552 g	1,5552 g
(for precious metals)	1 troy ounce	(oz tr)	31,1035 g	31,1035 g
	1 troy pound	(lb t)		0,3732 kg
Density	1 ounce (av) per cubic-foot	(oz/cu ft)	0,0010 kg/dm^3	0,0010 kg/dm^3
	1 pound per cubic-foot	(lb/cu ft)	0,0160 kg/dm^3	0,0160 kg/dm^3
	1 ounce (av) per cubic-inch	(oz/cu in)	1,7300 kg/dm^3	1,7300 kg/dm^3
	1 pound per cubic-inch	(lb/cu in)	27,6799 kg/dm^3	27,6799 kg/dm^3
	1 short ton per cubic-yard	(shtn/cu yd)	–	1,1865 kg/dm^3
	1 long ton per cubic-yard	(ltn/cu yd)	–	1,3289 kg/dm^3
	1 pound per gallon	(lb/gal)	0,09978 kg/dm^3	0,1198 kg/dm^3
Velocity	1 foot per second	(ft/s)	0,3048 m/s	0,3048 m/s
	1 foot per minute	(ft/min)	0,00508 m/s	0,00508 m/s
	1 yard per second	(yd/s)	0,9144 m/s	0,9144 m/s
	1 yard per minute	(yd/min)	0,01524 m/s	0,01524 m/s

			britisch	USA
Capacity (rate of volume flow)	1 gallon per second		4,5460 l/s	3,7854 l/s
	1 gallon per minute	(gpm)	0,07577 l/s	0,06309 l/s
	1 cubic foot per second	(cusec)	28,3268 l/s	28,3268 l/s
	1 cubic yard per second		0,7646 m^3/s	0,7646 m^3/s
Mass flow	1 ounce per second	(oz/s)	28,3495 g/s	28,3495 g/s
	1 ounce per minute	(oz/min)	0,4725 g/s	0,4725 g/s
	1 pound per second	(lb/s)	0,4536 kg/s	0,4536 kg/s
	1 pound per minute	(lb/min)	0,00756 kg/s	0,00756 kg/s
	1 short ton per hour	(shtn/h)	–	0,2520 kg/s
	1 ton per hour		0,2822 kg/s	–
	1 long ton per hour	(ltn/h)	–	0,2822 kg/s
Force (weight force)	1 ounce (force)	(oz)	0,2780 N	0,2780 N
	1 pound (force)	(lb)	4,4483 N	4,4483 N
	1 short ton (force)	(shtn)	8,8964 kN	8,8964 kN
	1 long ton (force)	(ltn)	9,9640 kN	9,9640 kN
Pressure	1 $\frac{\text{pound (force)}}{\text{square foot}}$	$\left(\frac{\text{lb (force)}}{\text{sq ft}}\right)$	47,88025 Pa	47,88025 Pa
	1 $\frac{\text{pound (force)}}{\text{square inch}}$	$\left(\frac{\text{lb (force)}}{\text{sq in}}\right)$, (psi)	68,9476 mbar	68,9476 mbar
	1 $\frac{\text{short ton (force)}}{\text{square inch}}$	$\left(\frac{\text{sh tn (force)}}{\text{sq in}}\right)$	137,8951 bar	137,8951 bar
	1 inch H_2O	(in H_2O)	2,4909 mbar	2,4909 mbar
	1 foot H_2O	(ft H_2O)	29,8907 mbar	29,8907 mbar
	1 inch Hg	(in Hg)	33,8663 mbar	33,8663 mbar
Mechanical stress	1 $\frac{\text{pound (force)}}{\text{square inch}}$	$\left(\frac{\text{lb (force)}}{\text{sq in}}\right)$	0,006895 $\frac{N}{mm^2}$	0,006895 $\frac{N}{mm^2}$
	1 $\frac{\text{short ton (force)}}{\text{square inch}}$	$\left(\frac{\text{sh tn (force)}}{\text{sq in}}\right)$	13,78951 $\frac{N}{mm^2}$	13,78951 $\frac{N}{mm^2}$
Work, energy, quantity of heat, internal (intrinsic) energy and enthalpy	1 foot-pound	(ft lb)	1,3558 J	1,3558 J
	1 Horse power hour	(Hp h)	2,6841 MJ	2,6841 MJ
	1 Brit. Thermal Unit	(BTU)	1,0558 kJ	1,0558 kJ
Power (heat flow)	1 foot-pound (av) per second	$\left(\frac{\text{ft lb}}{\text{s}}\right)$	1,3558 W	1,3558 W
	1 Horse power	(Hp)	0,7457 kW	0,7457 kW
	1 British Thermal Unit per second	$\left(\frac{\text{BTU}}{\text{s}}\right)$	1,0558 kW	1,0558 kW
Dynamic viscosity	1 $\frac{\text{pound (mass)}}{\text{foot x second}}$	$\left(\frac{\text{lb (mass)}}{\text{ft s}}\right)$	1,4882 Pa s	1,4882 Pa s
	1 $\frac{\text{pound (force) x second}}{\text{square foot}}$	$\left(\frac{\text{lb (force) s}}{\text{sq ft}}\right)$	47,8803 Pa s	47,8803 Pa s

Conversion of temperature points

$T = \frac{5}{9} t_F + 255{,}37;$ $\qquad t = \frac{5}{9} (t_F - 32)$

$T = \frac{5}{4} t_R + 273{,}15;$ $\qquad t = \frac{5}{4} t_R$

Conversion of temperature differences

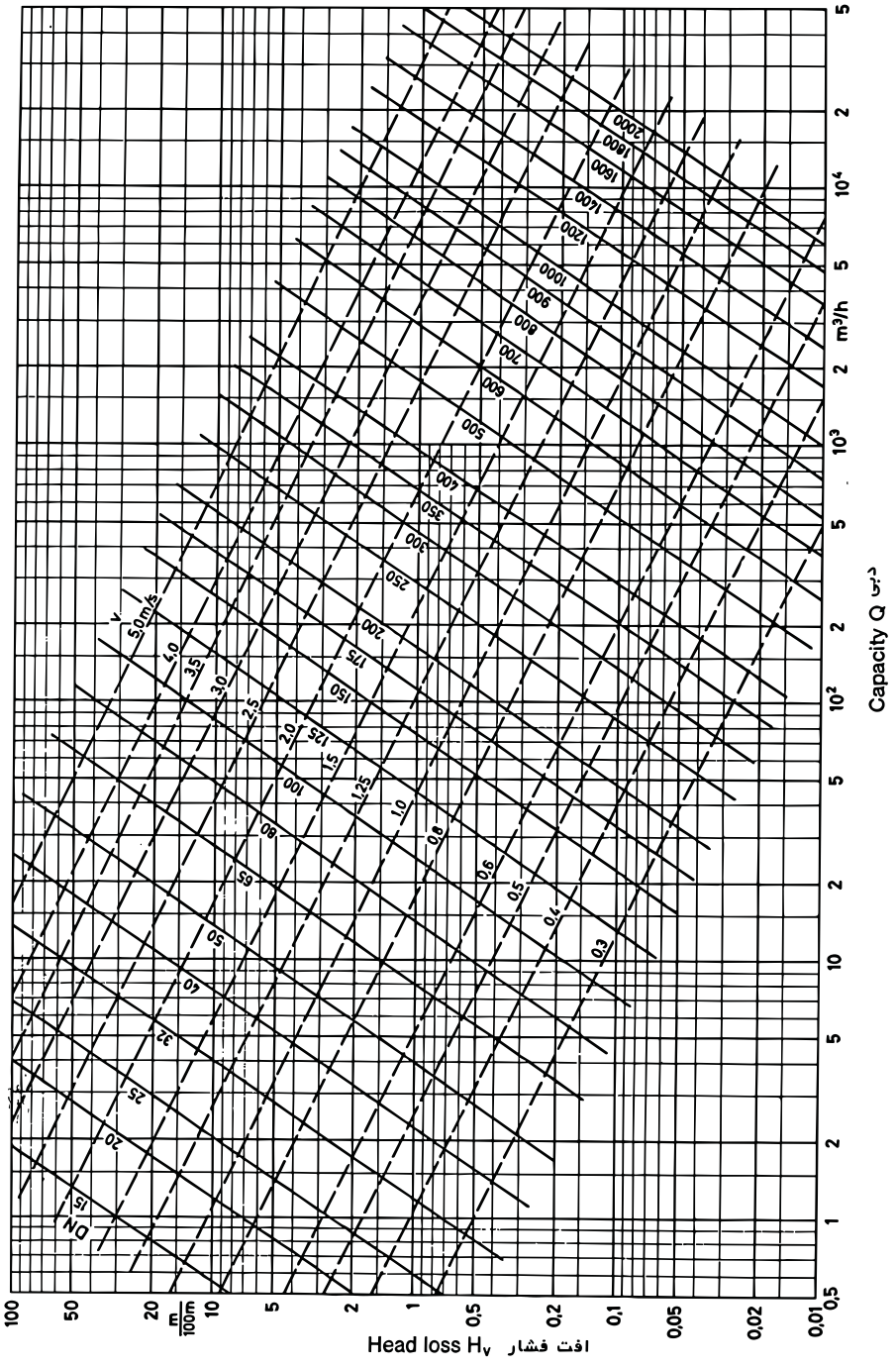
$\Delta T = \Delta t = \frac{5}{9} \Delta t_F$

$\Delta T = \Delta t = \frac{5}{4} \Delta t_R$

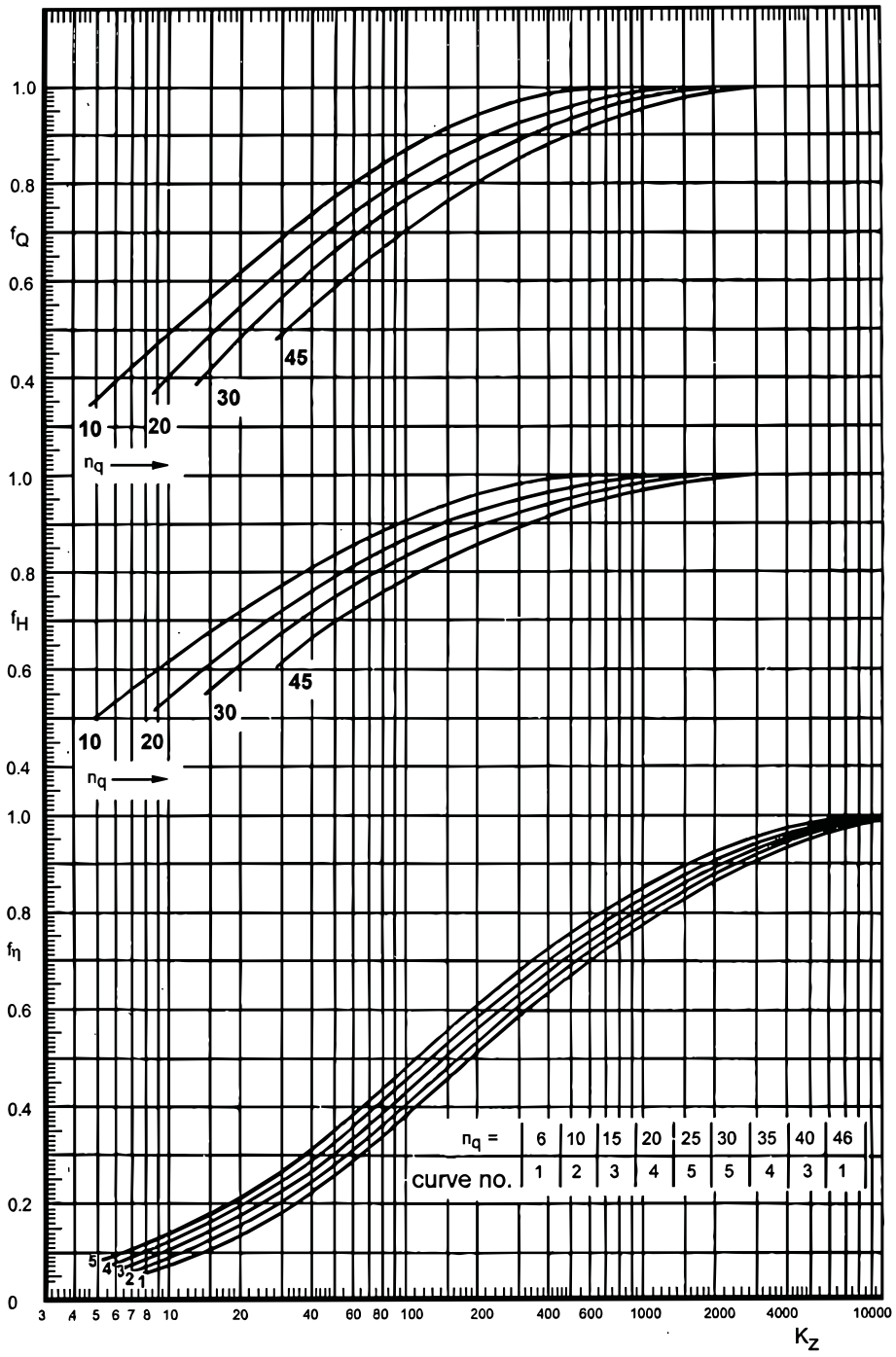
Where:

T	thermodynamic temperature	in K
t	Celsius temperature	in °C
t_F	Fahrenheit temperature	in °F
t_R	Réaumur temperature	in °R

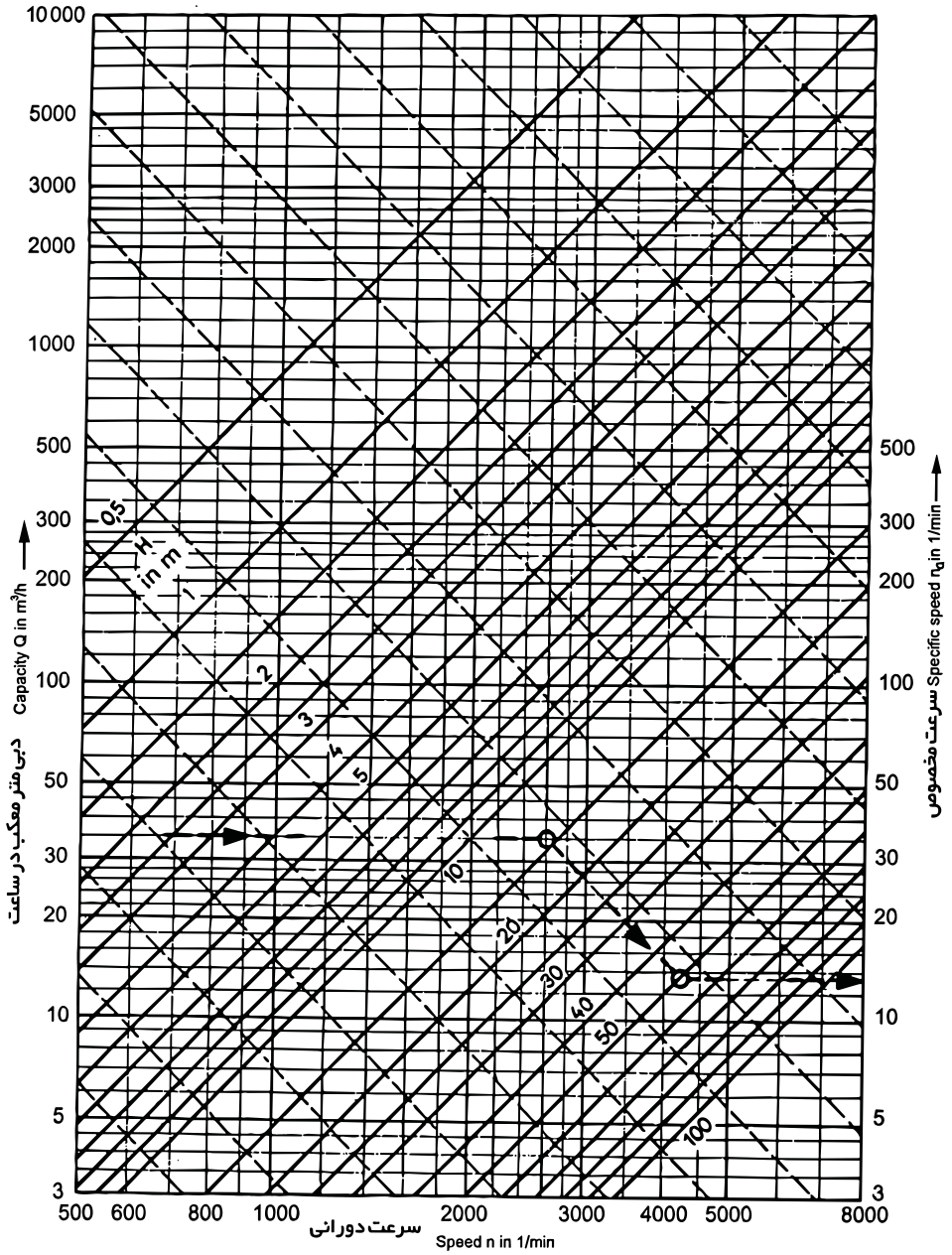
۶-۱۶ منحنی مربوط به محاسبهٔ افت فشار H_v در لوله‌ها



۷-۱۶ منحنی مربوط به محاسبه ضرایب تبدیل برای مایعات با ویسکوزیتهٔ زیاد

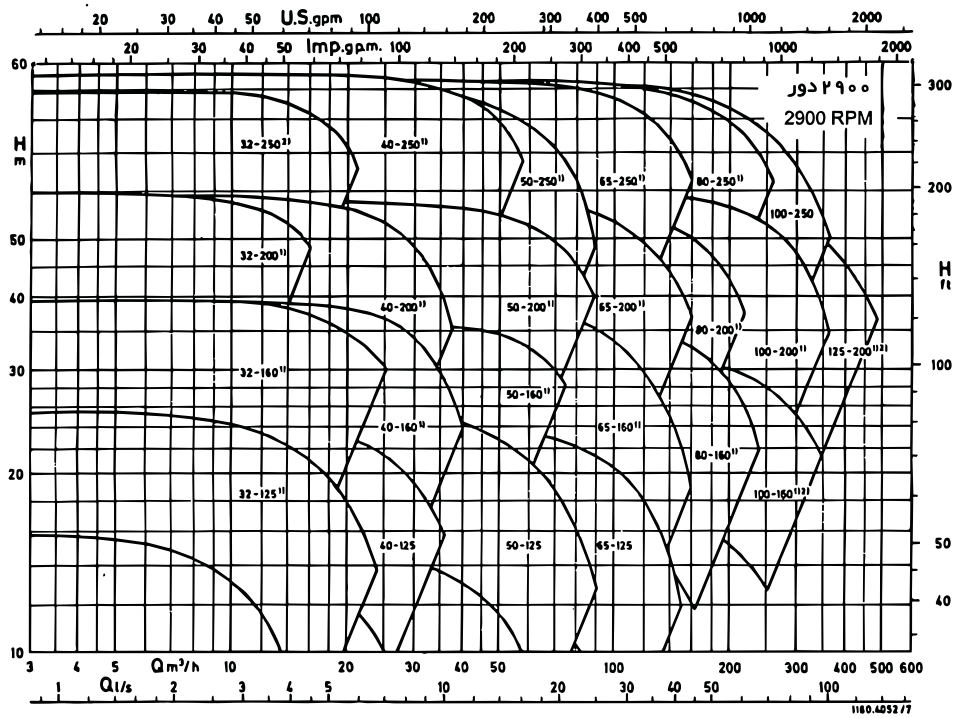


۸-۱۶ منحنی مربوط به محاسبهٔ سرعت مخصوص

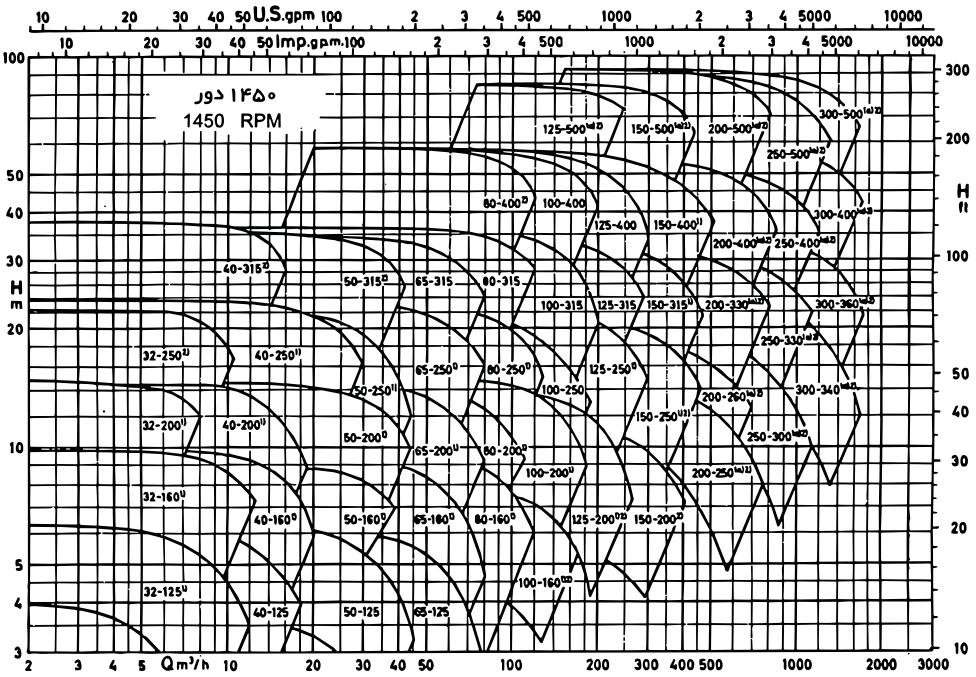


مثال دبی=۹/۷ لیتر در ثانیه، دور= ۲۶۰۰، ارتفاع = ۵۰ متر
که سرعت مخصوص ۱۳/۵ خواهد بود.

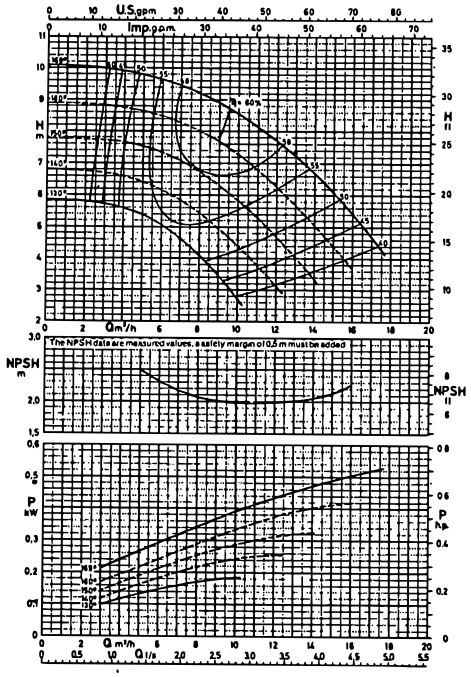
۱۷ـ منحنی‌های مشخصات انواع پمپ‌های موجود در ایران



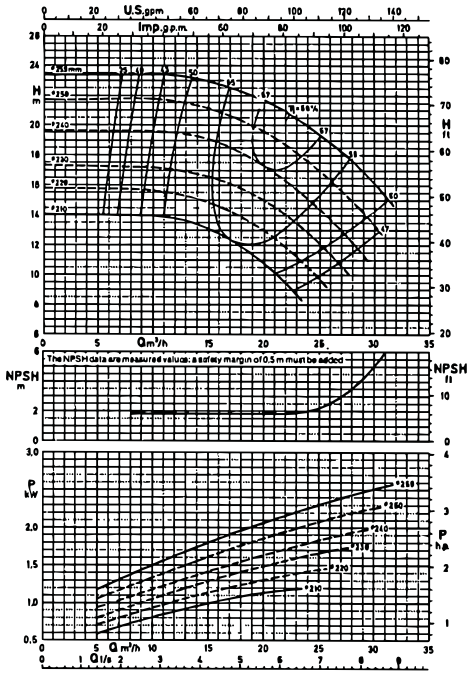
منحنی های مشخصات پمپ های اتانرم در دور های ۱۴۵۰ و ۲۹۰۰



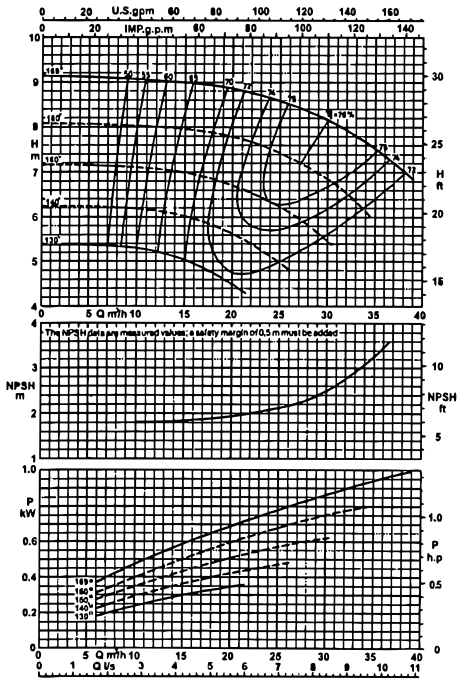
ETANORM 32-160



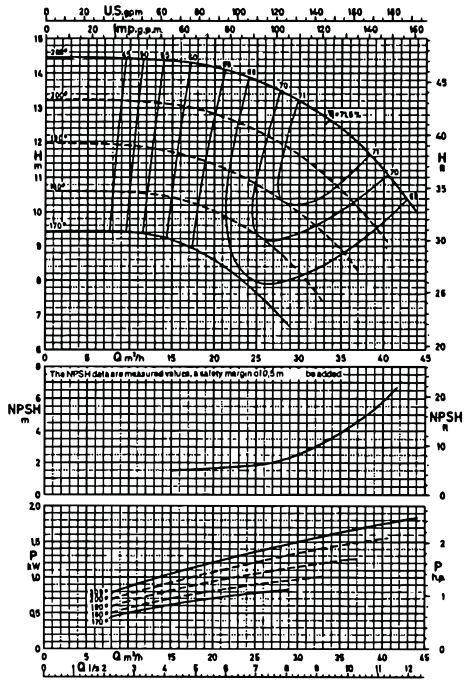
ETANORM 40-250



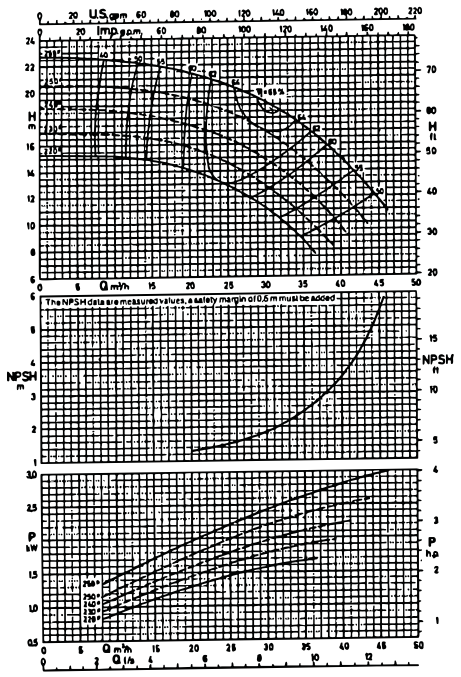
ETANORM 50-160



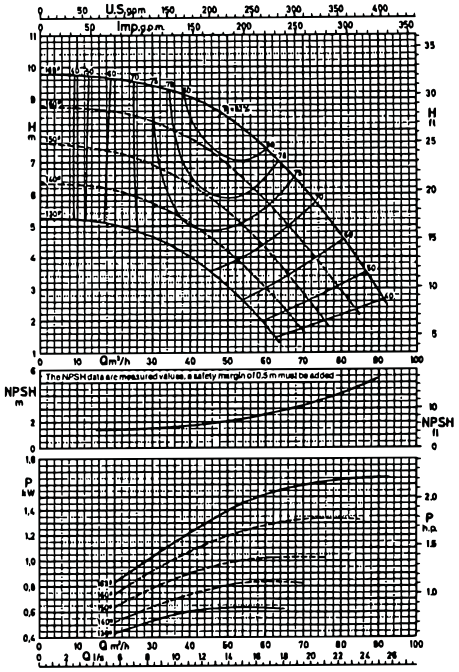
ETANORM 50-200



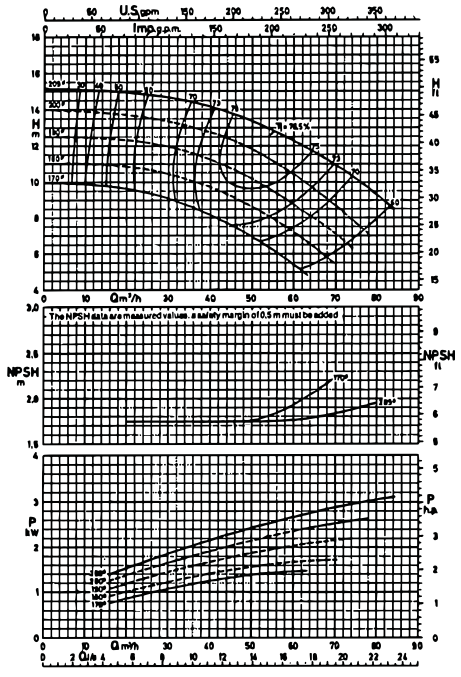
ETANORM 50-250



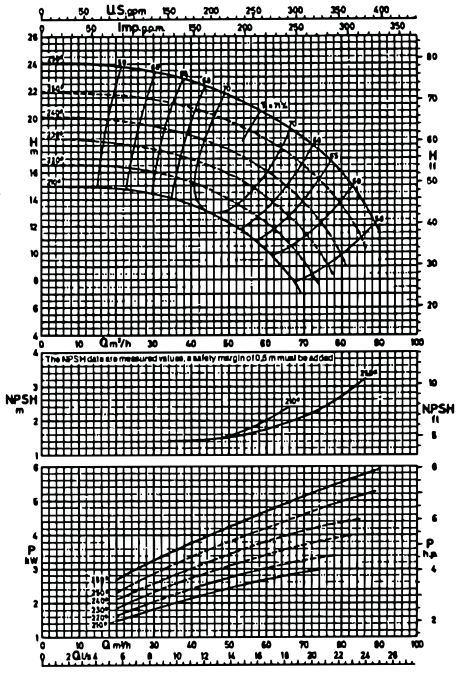
ETANORM 65-160



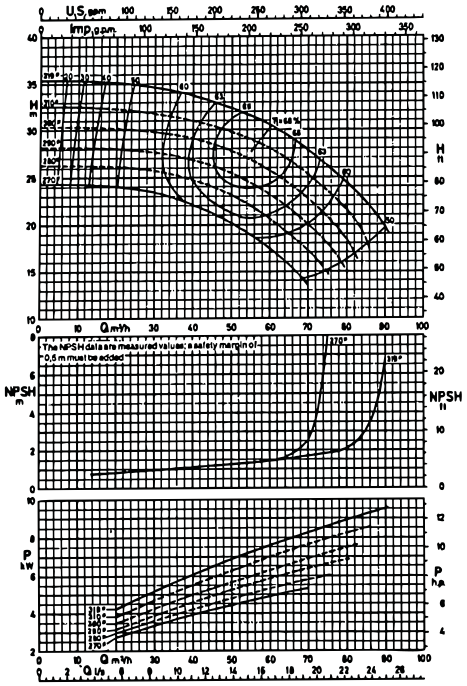
ETANORM 65-200



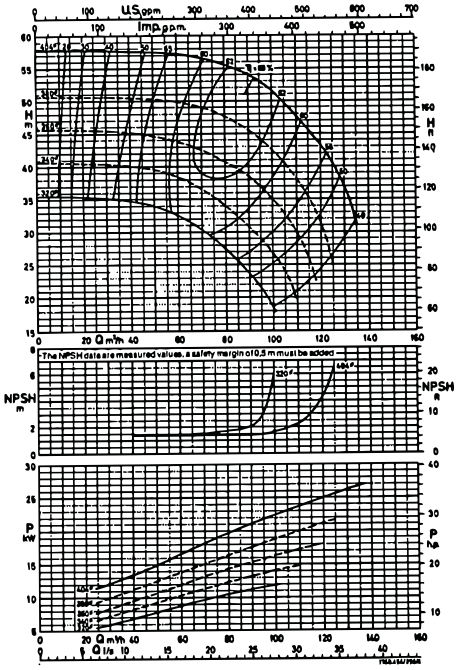
ETANORM 65-250



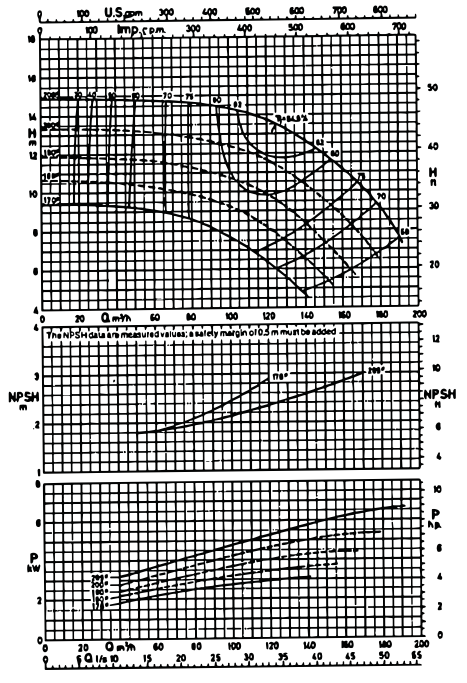
ETANORM 65-315



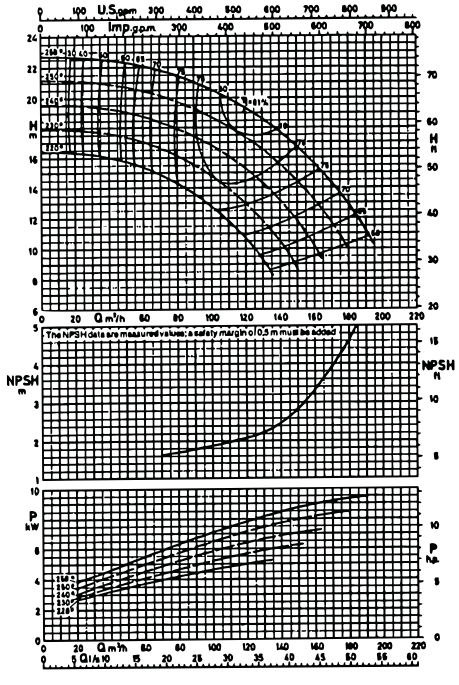
ETANORM 80-400



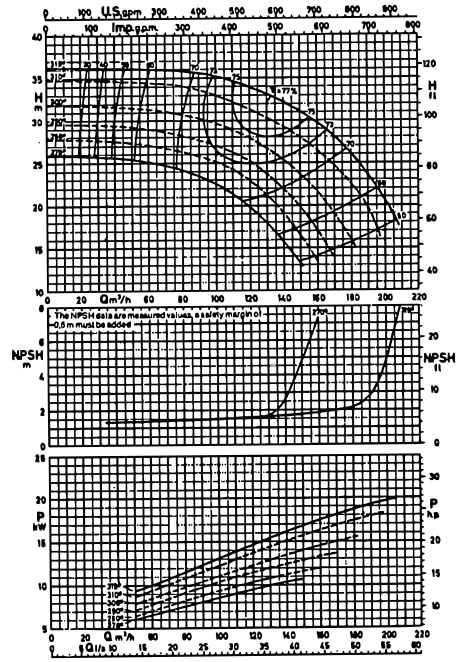
ETANORM 100-200



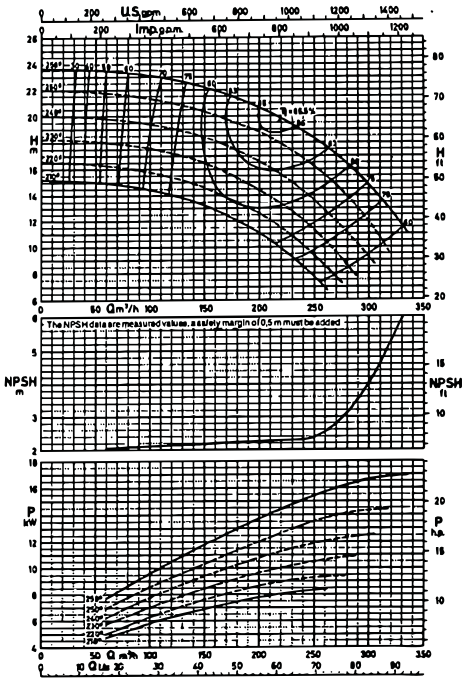
ETANORM 100-250



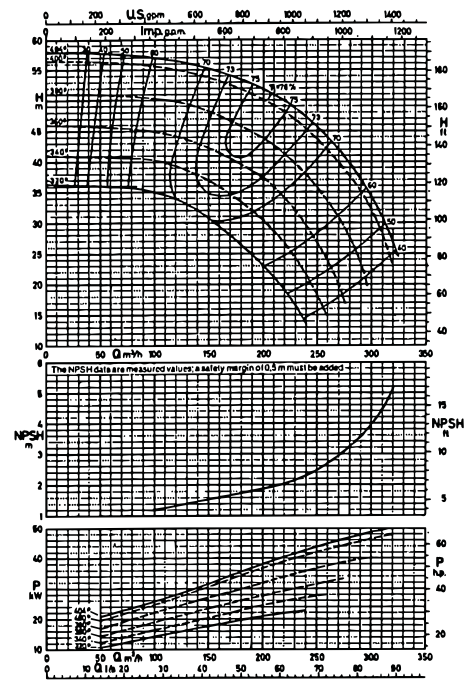
ETANORM 100-315



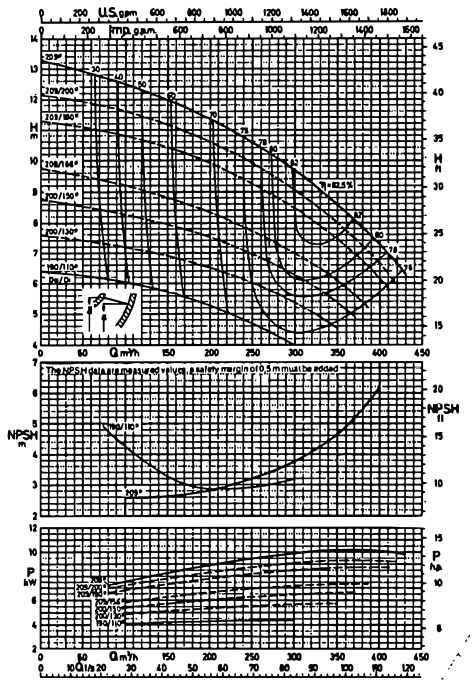
ETANORM 125-250



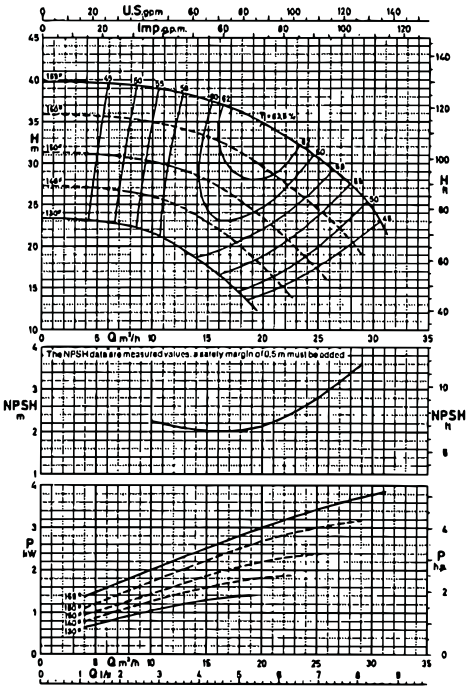
ETANORM 125-400



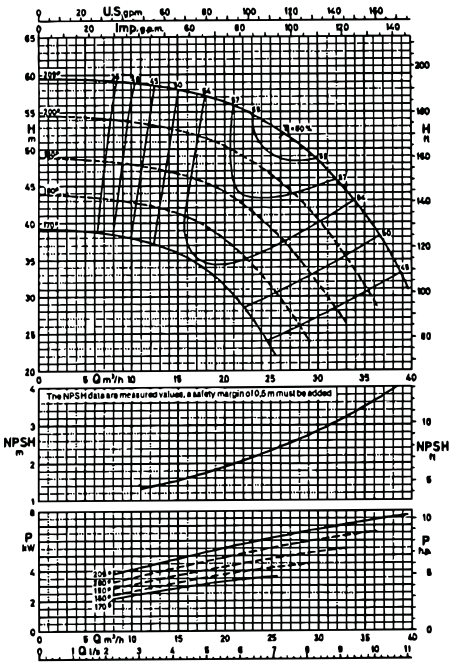
ETANORM 150-200



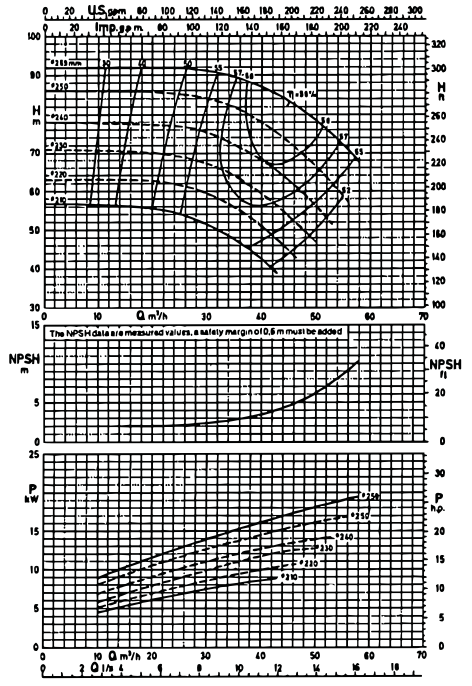
ETANORM 32-160



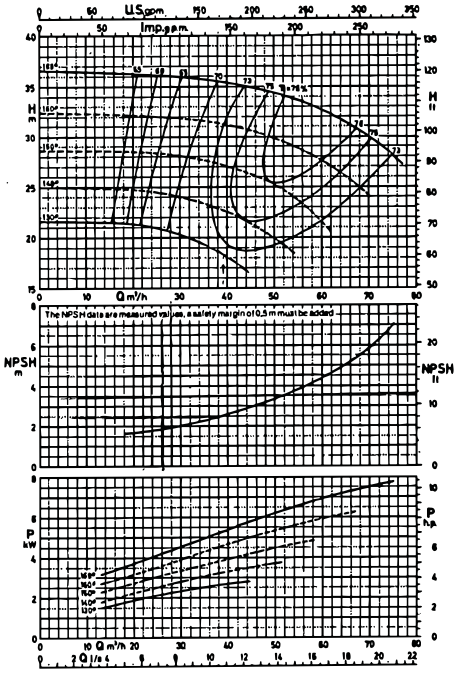
ETANORM 40-200



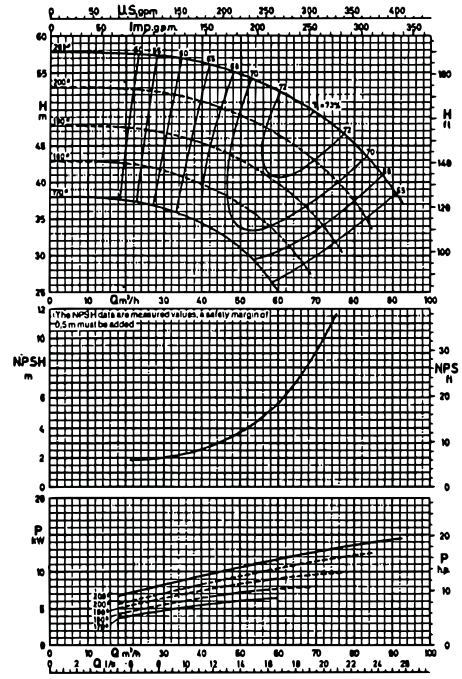
ETANORM 40-250



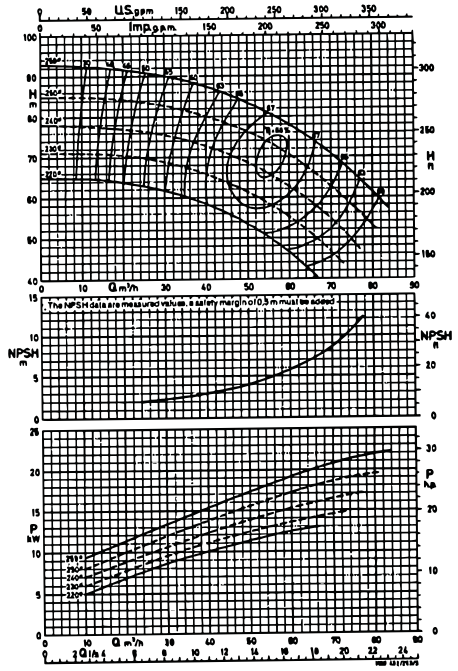
ETANORM 50-160



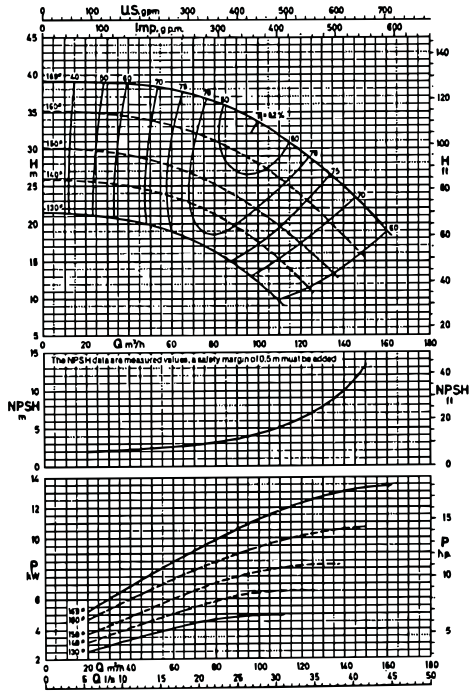
ETANORM 50-200



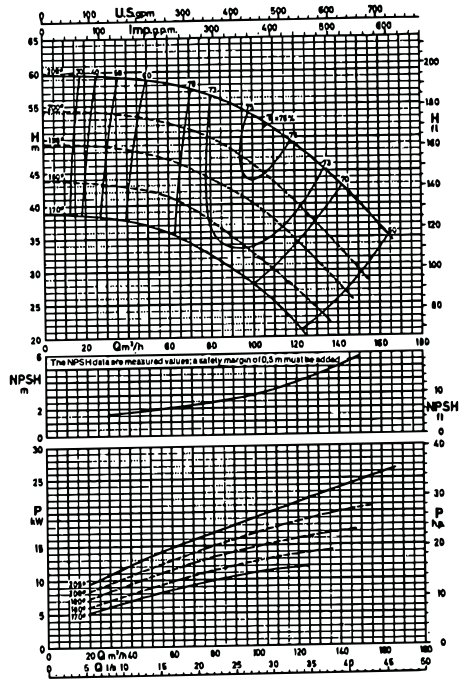
ETANORM 50-250



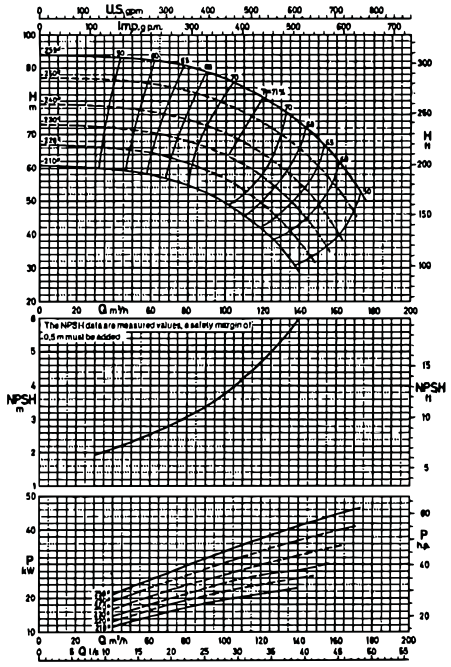
ETANORM 65-160



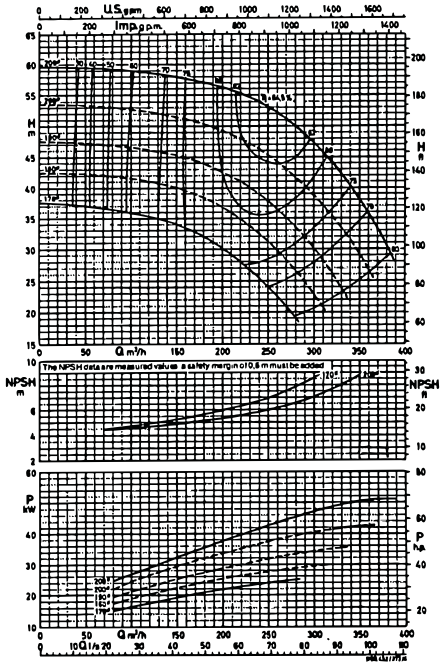
ETANORM 65-200



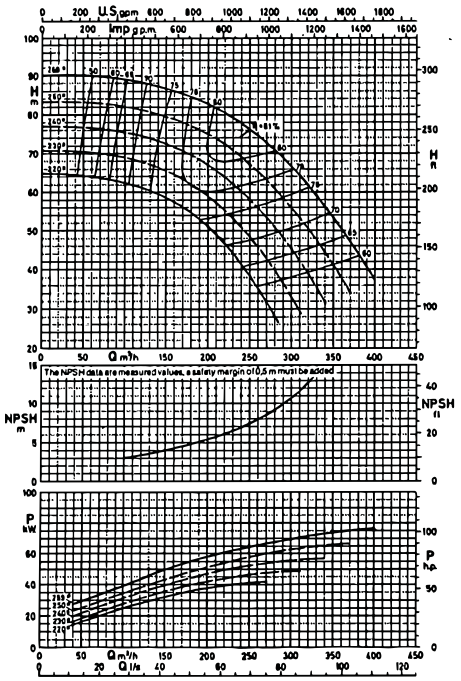
ETANORM 65-250



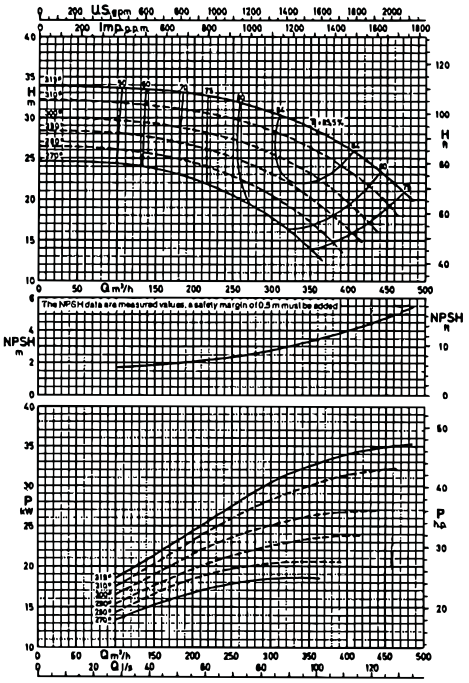
ETANORM 100-200



ETANORM 100-250

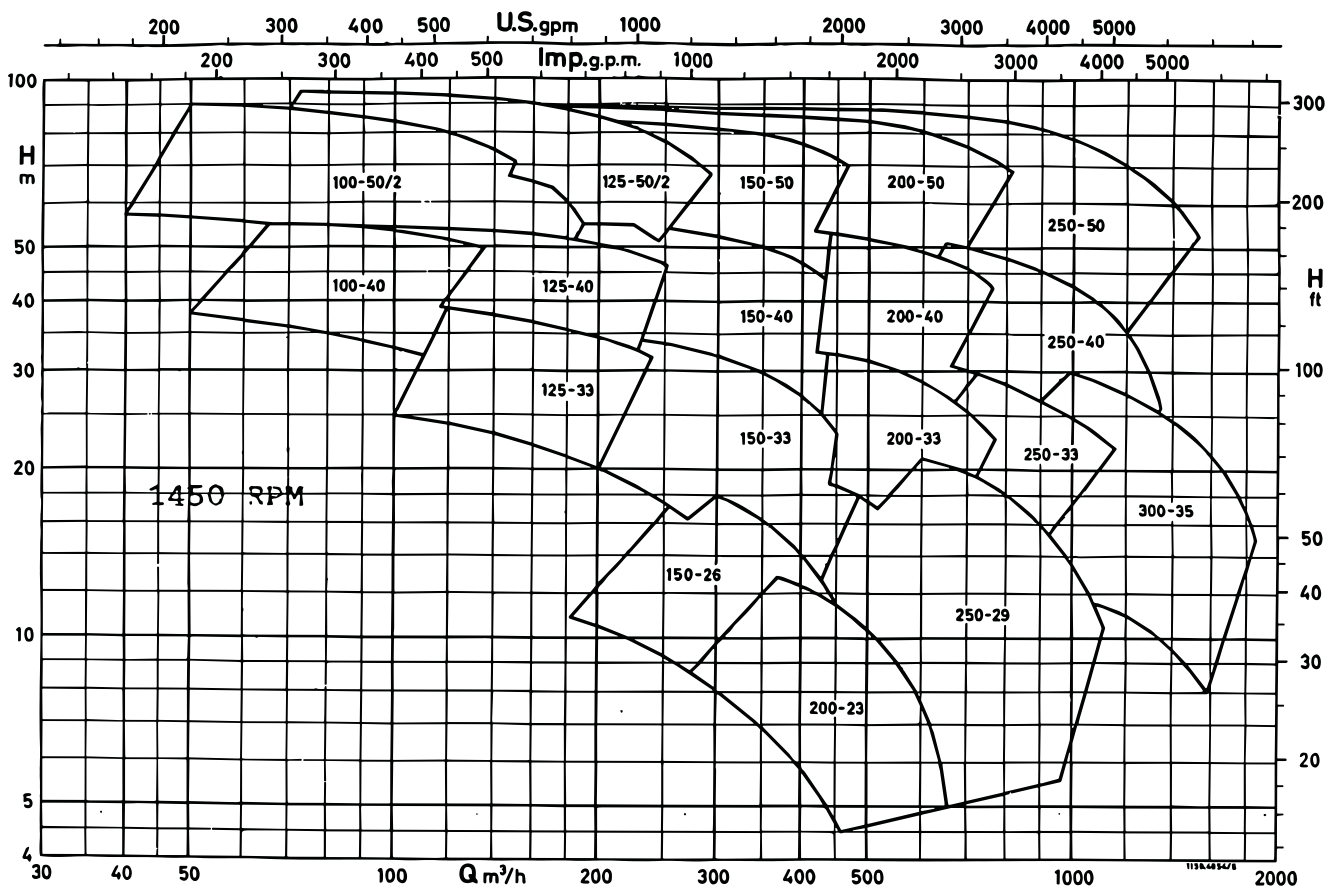


ETANORM 150-315

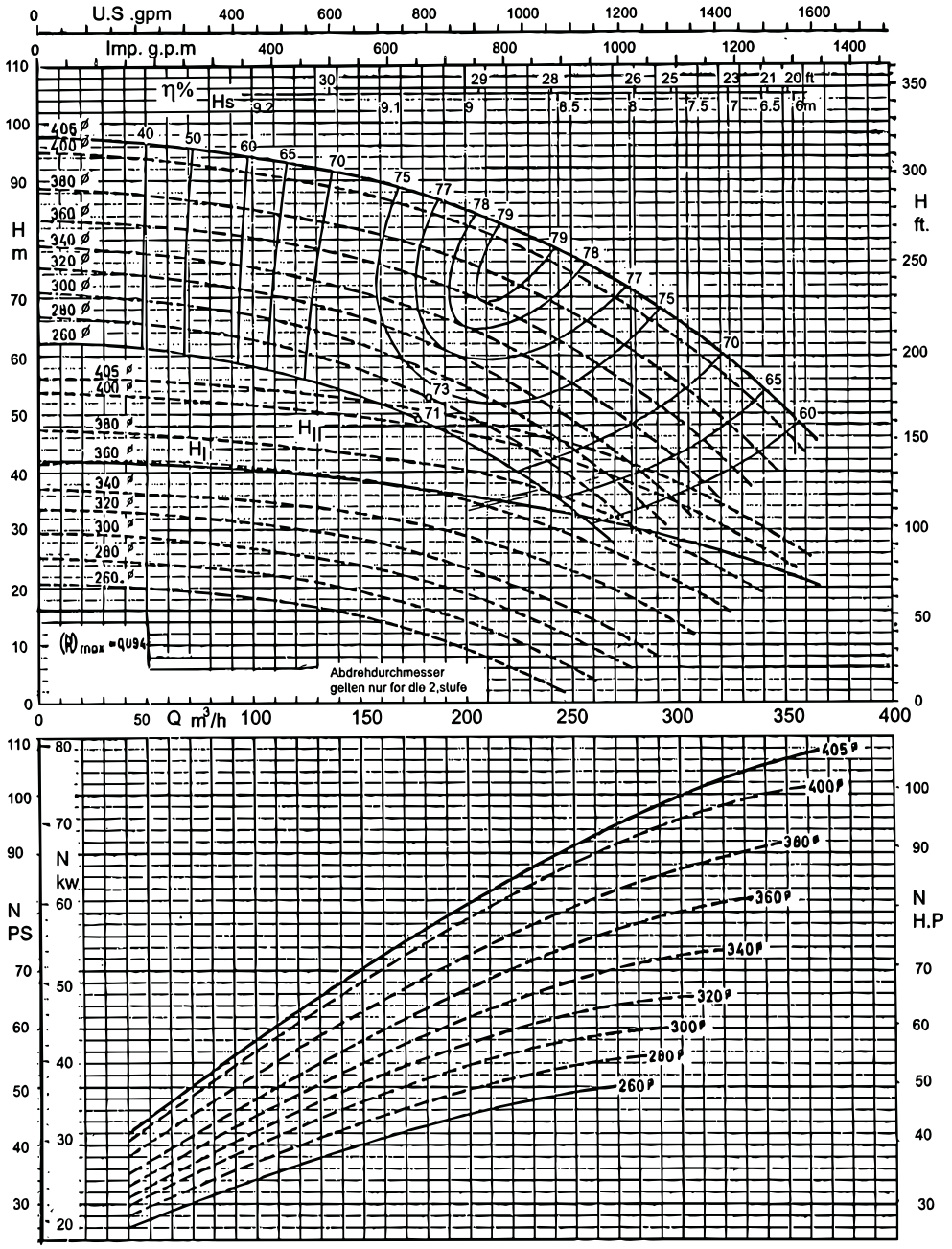


Selection chart at 1450 1/min

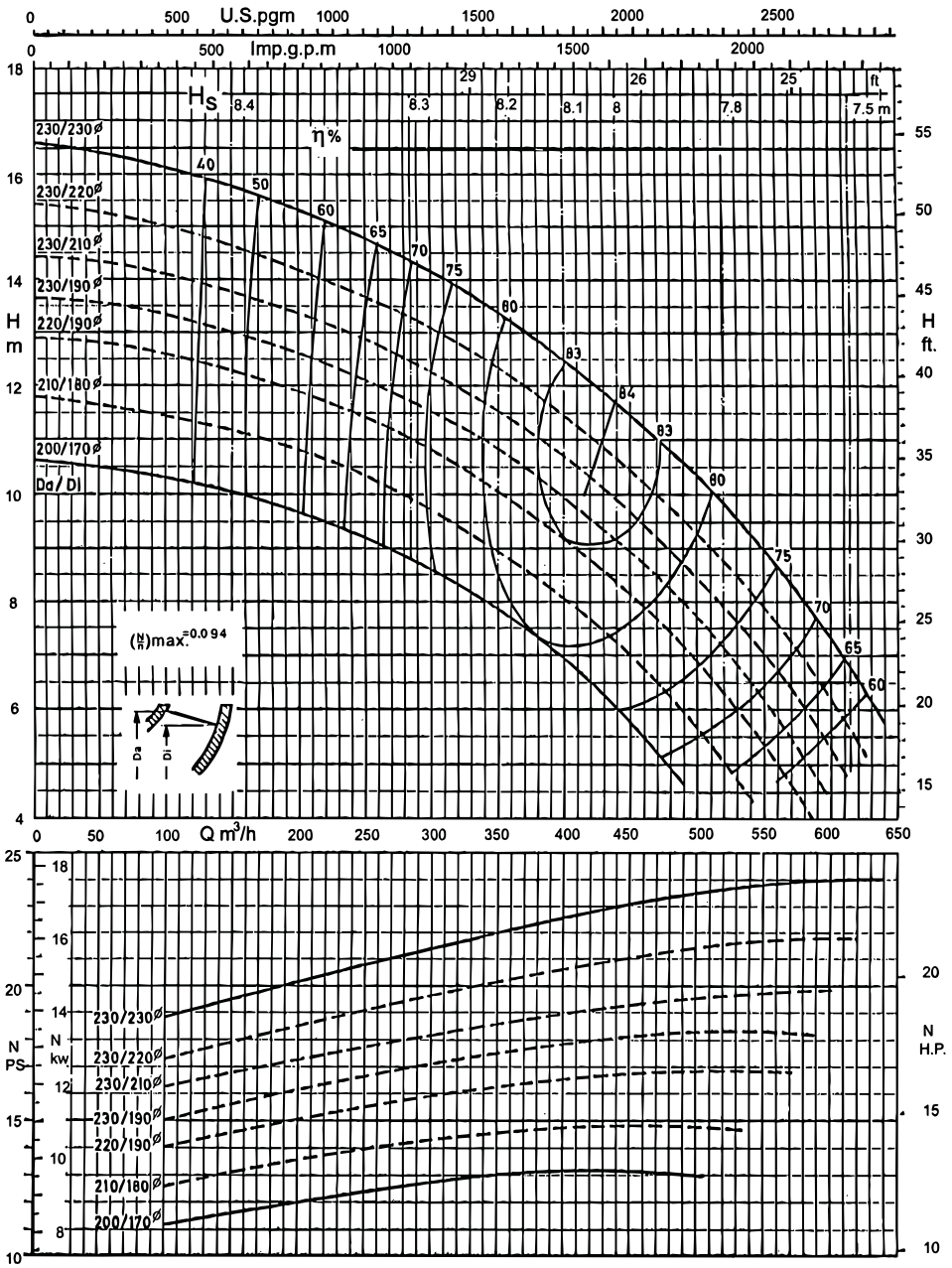
منحنی های مشخصات کلی پمپ های اتا بزرگ



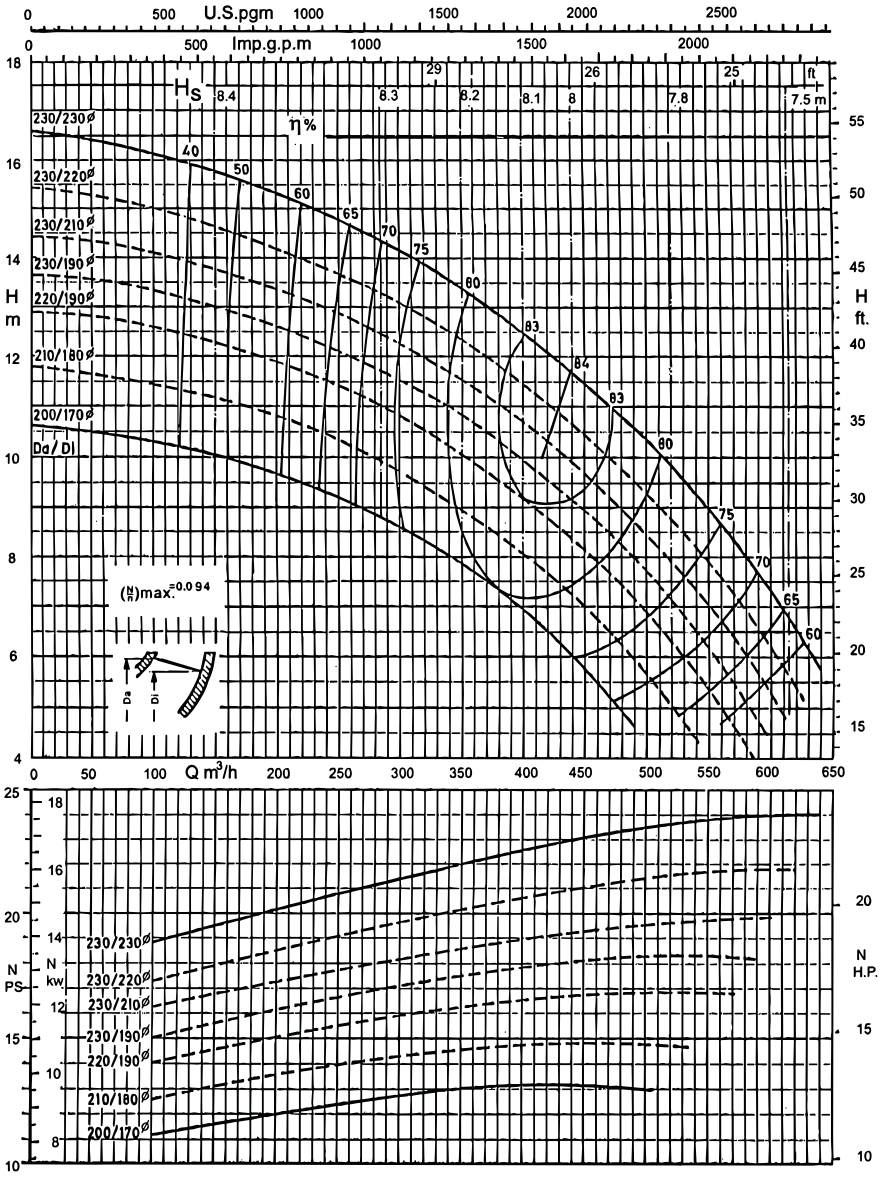
ETA 125-50/2
1460 U / min



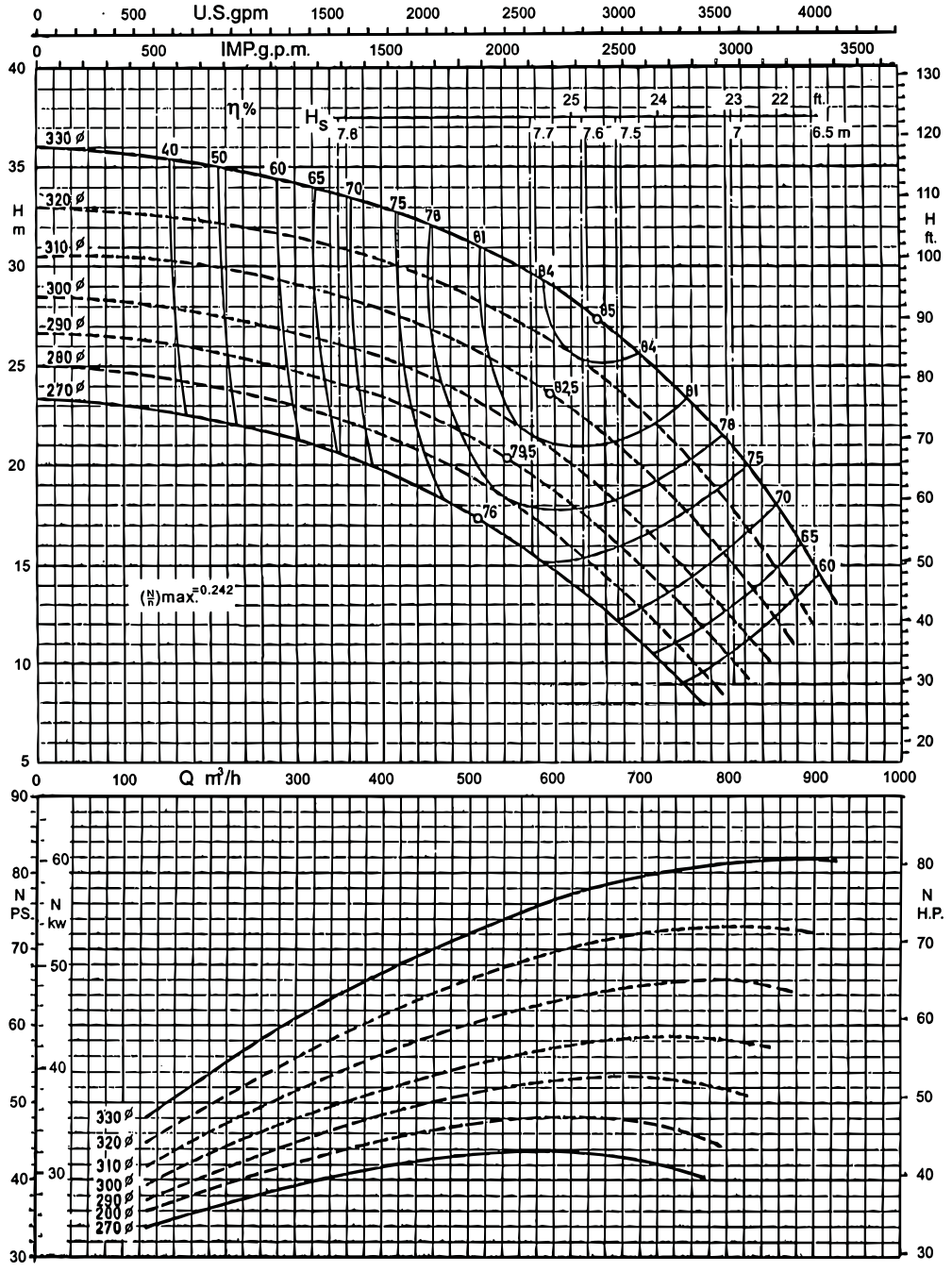
ETA 200-23
1425 U / min



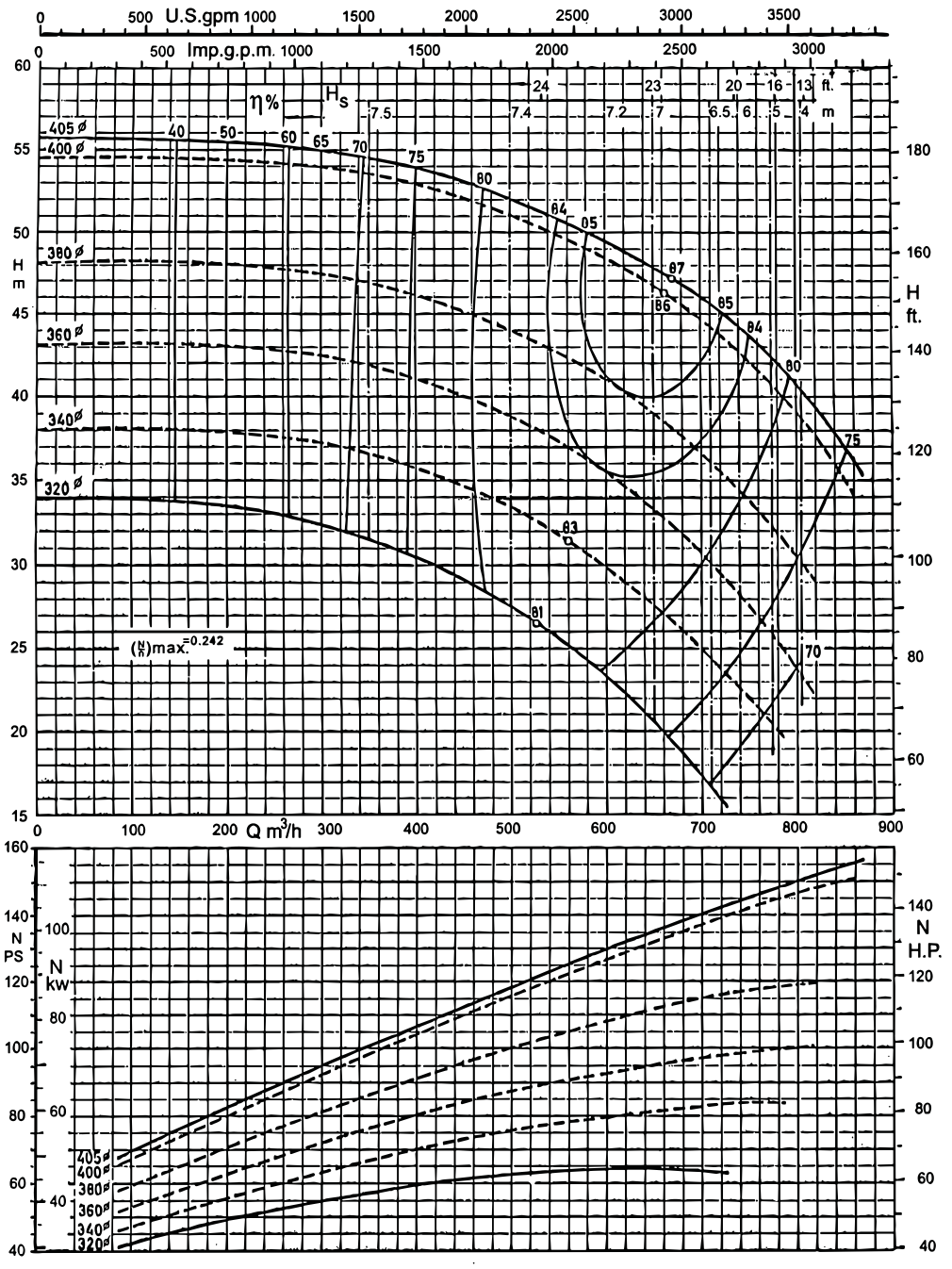
ETA 200-23
1425 U / min



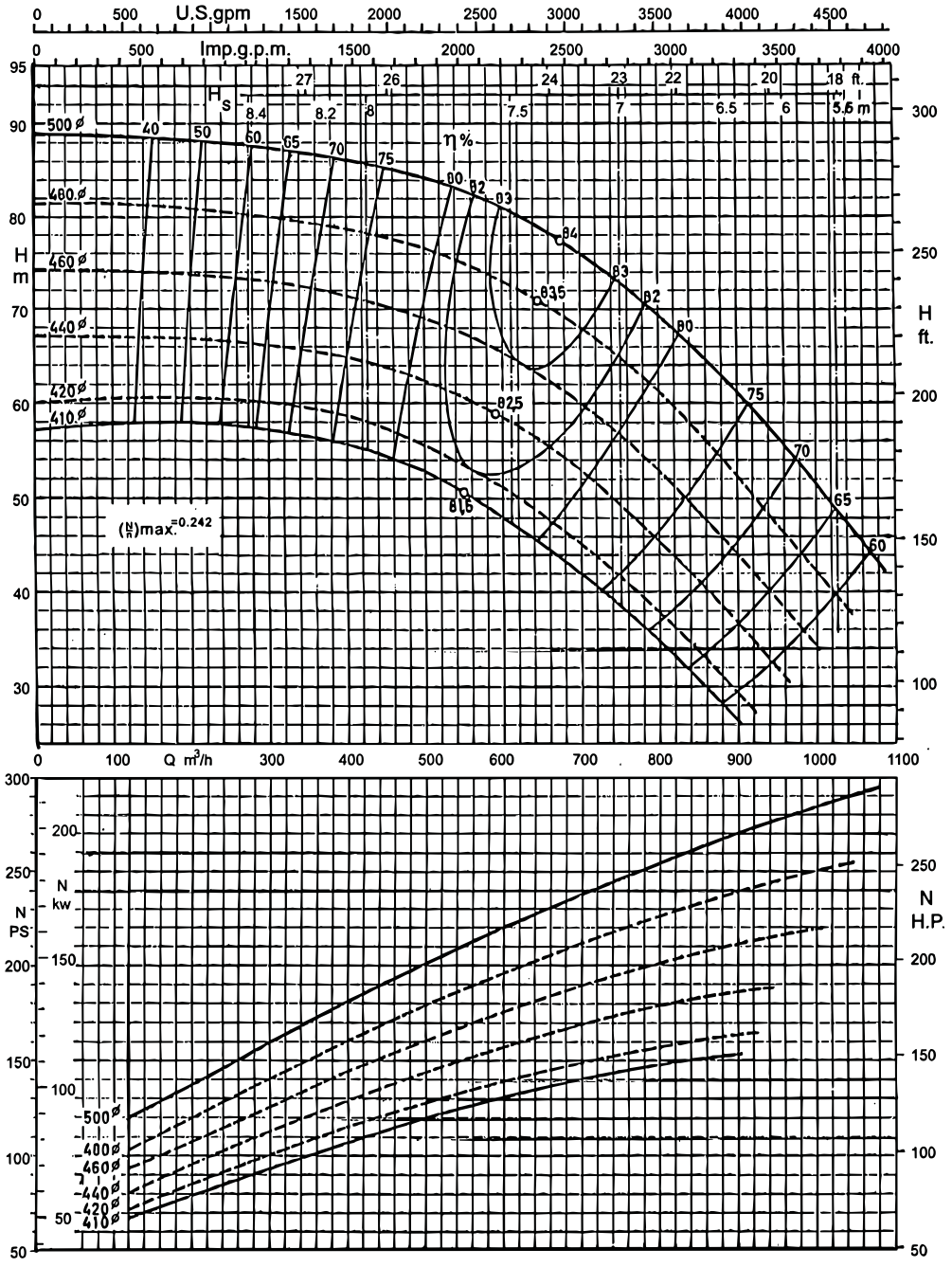
ETA 200-33
1460 U / min



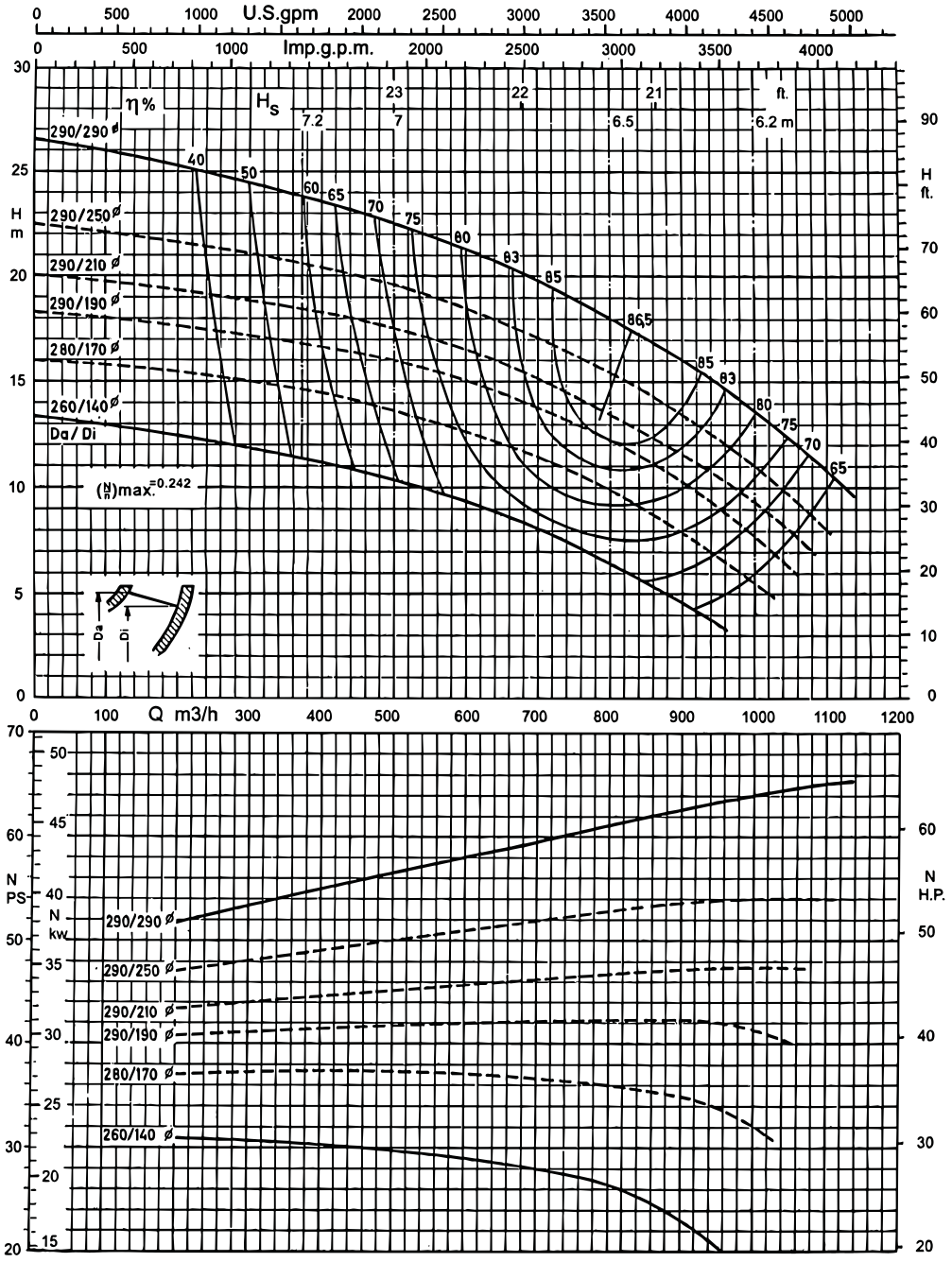
ETA 200-40
1460 U / min



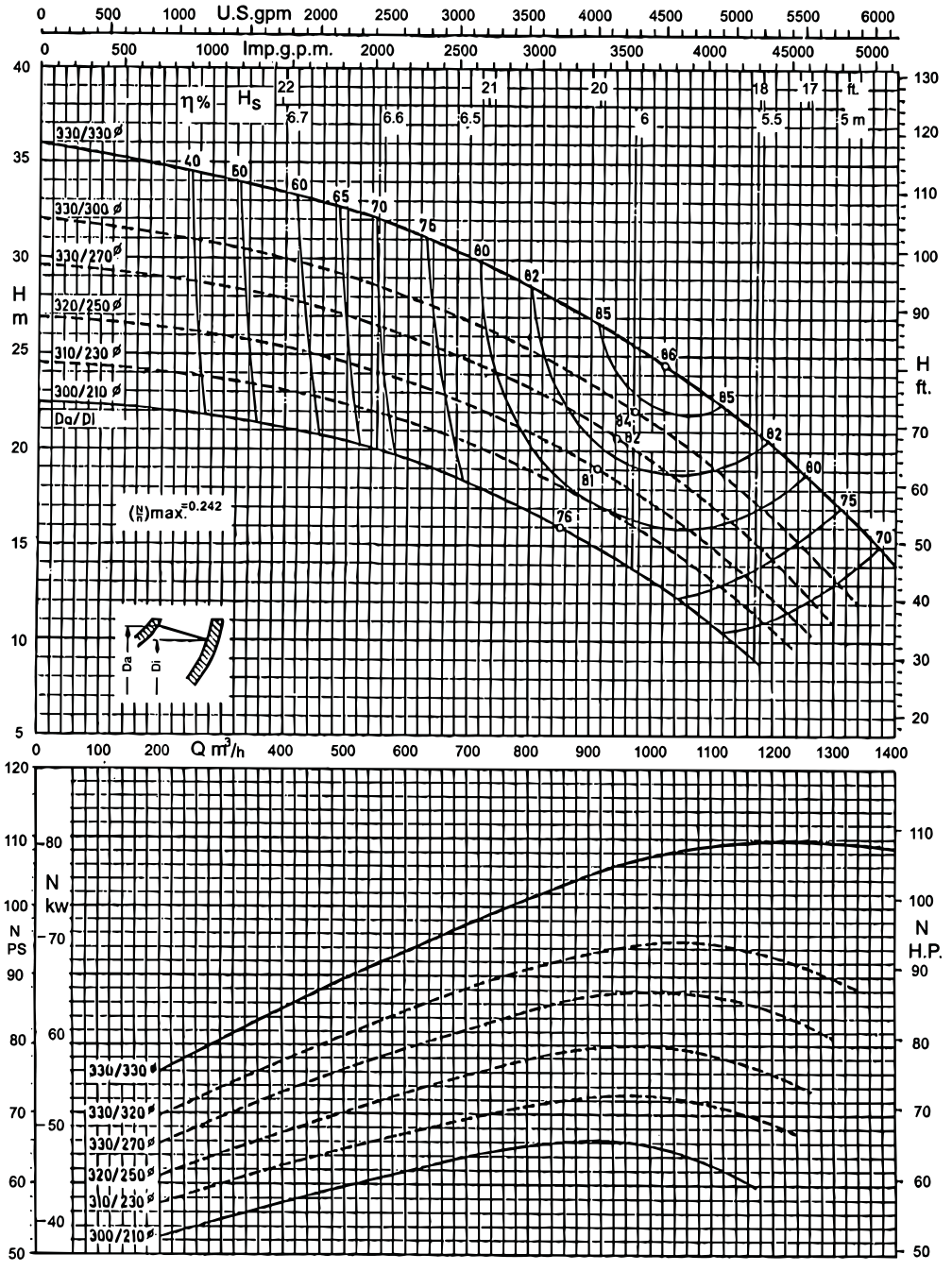
ETA 200-50
1460 U / min



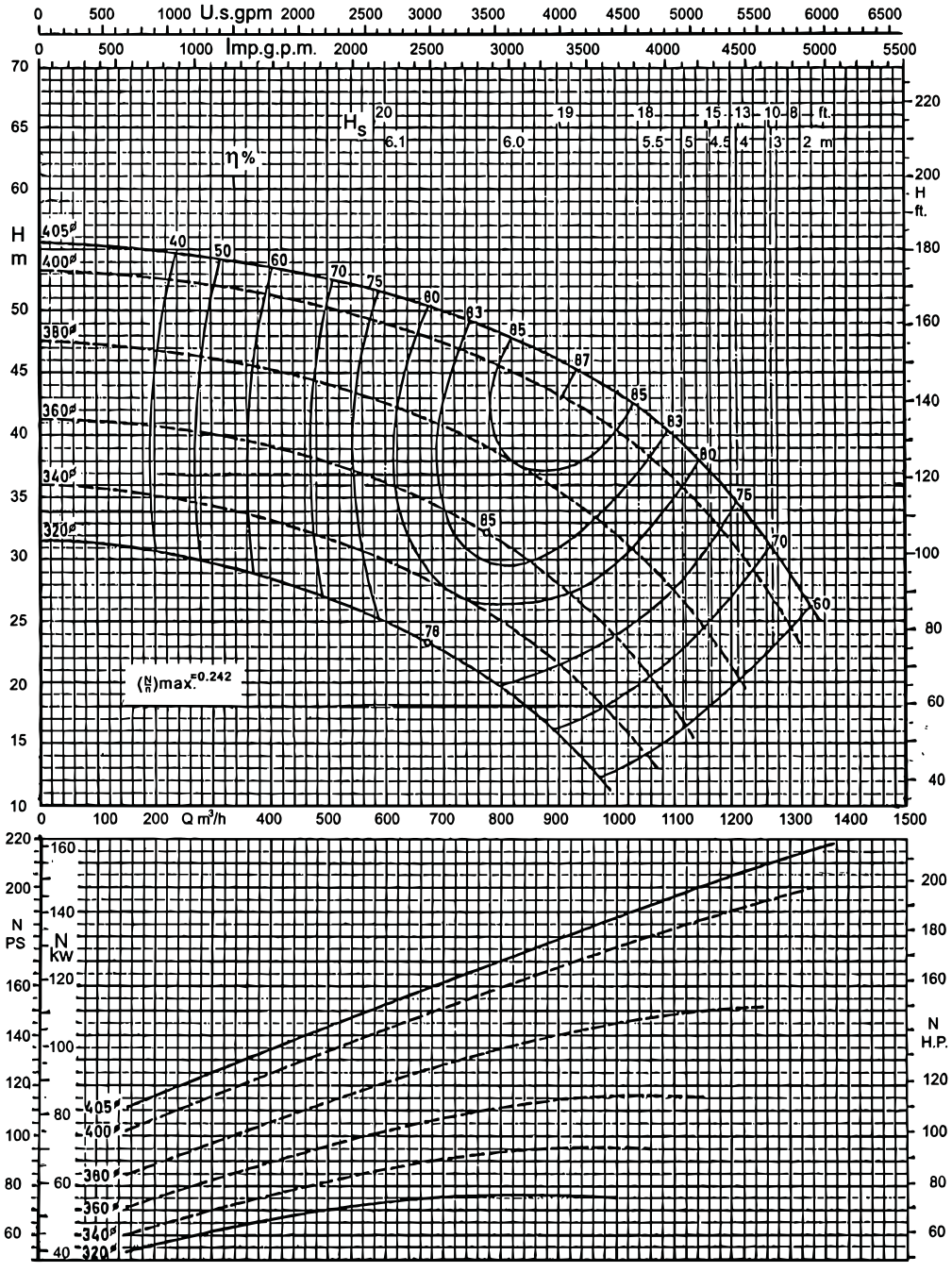
ETA 250-29
1450 U / min



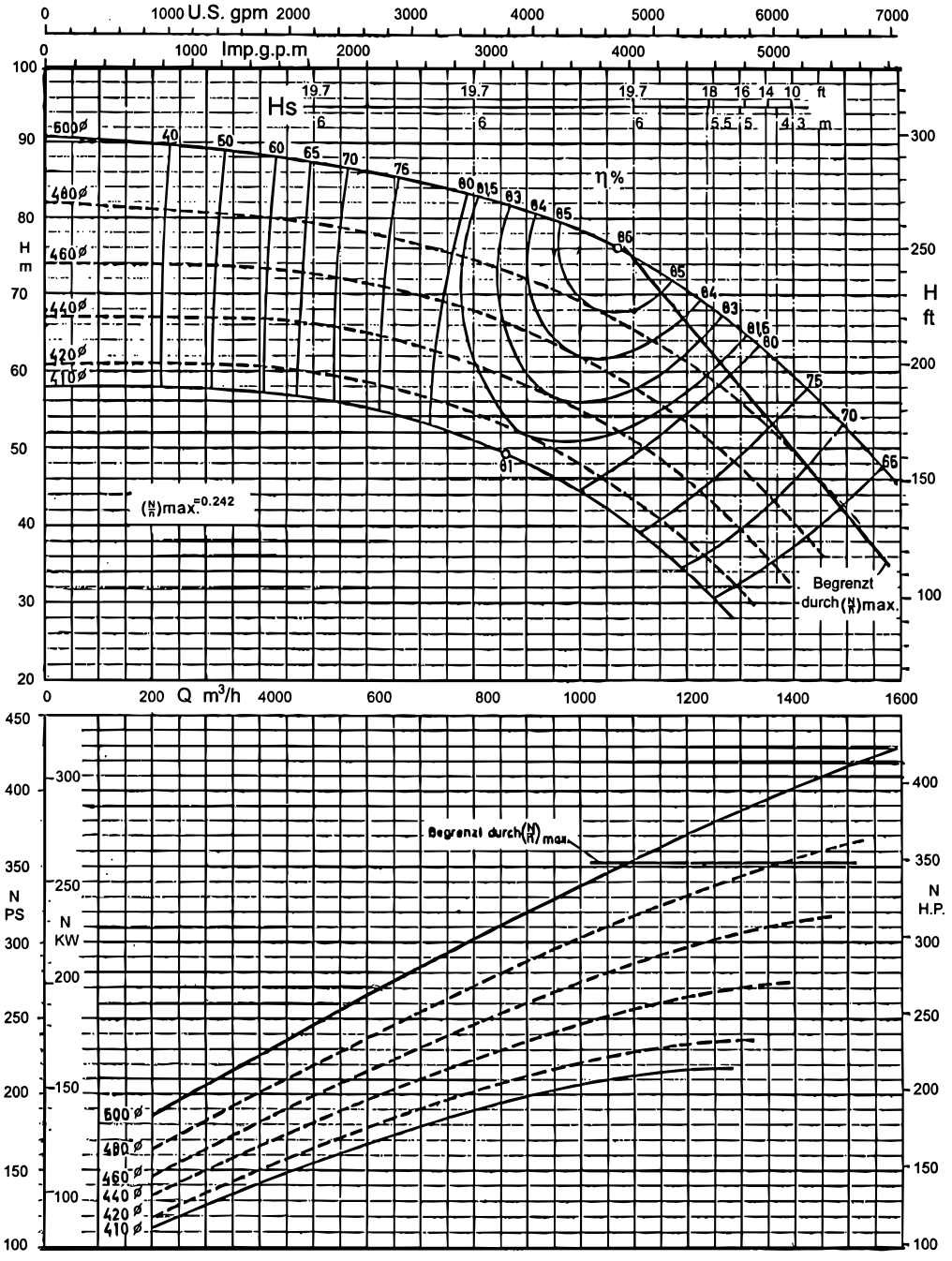
ETA 250-33
1460 U / min



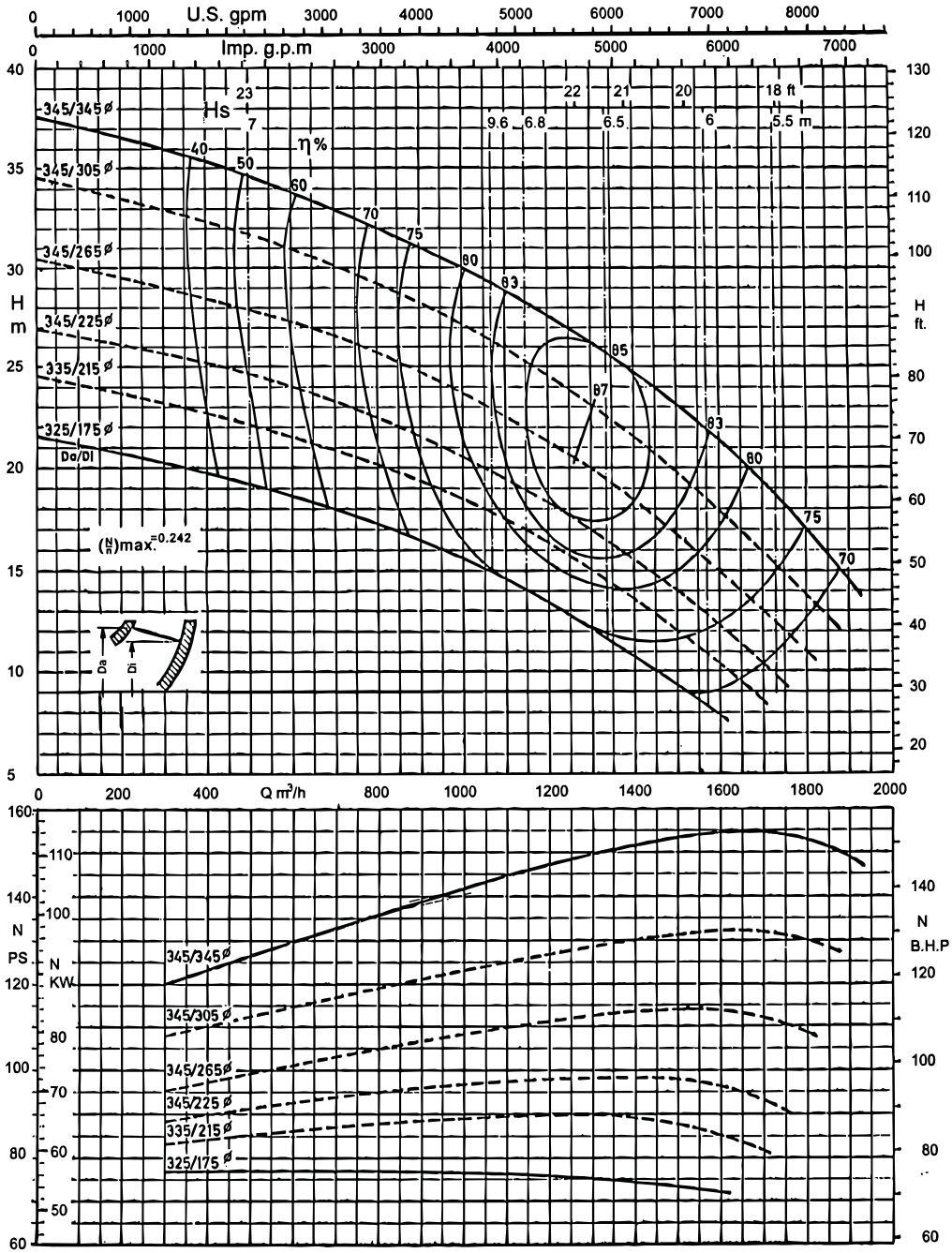
ETA 250-40
1460 U / min



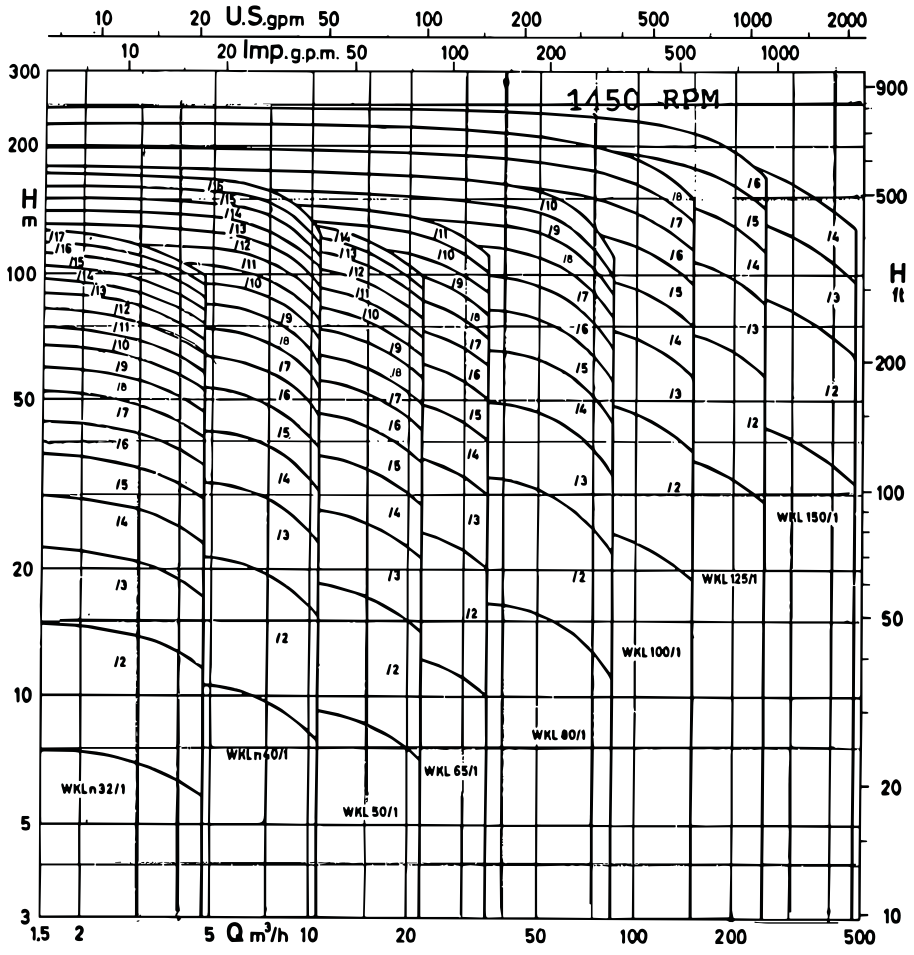
ETA 250-50
1460 U / min

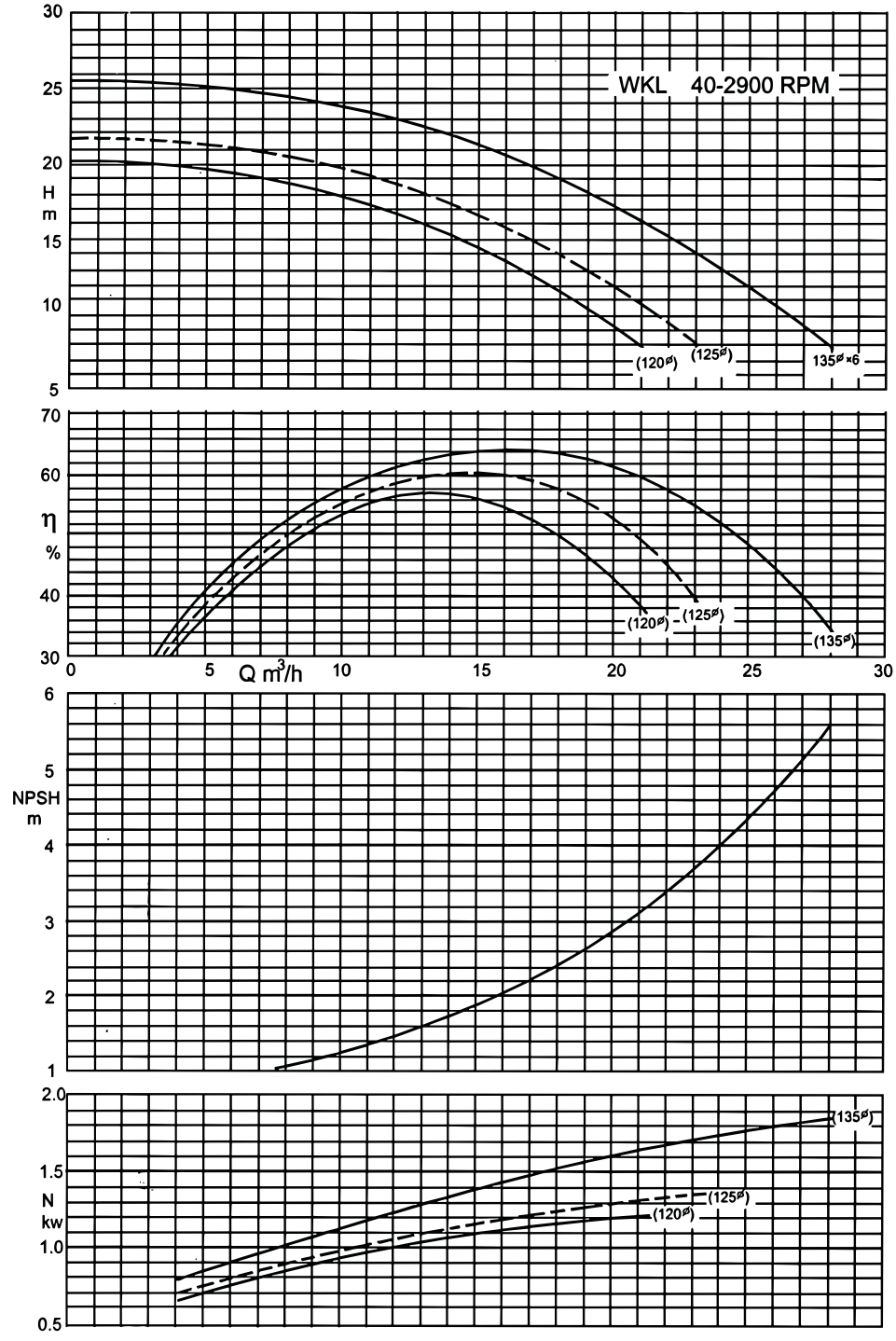


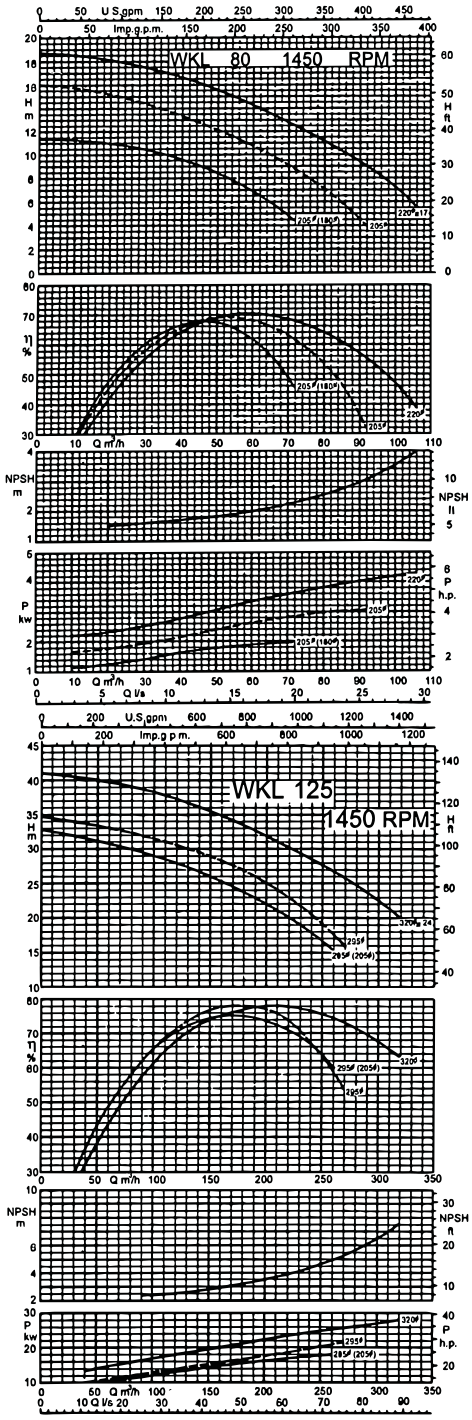
ETA 300-35
1460 U / min

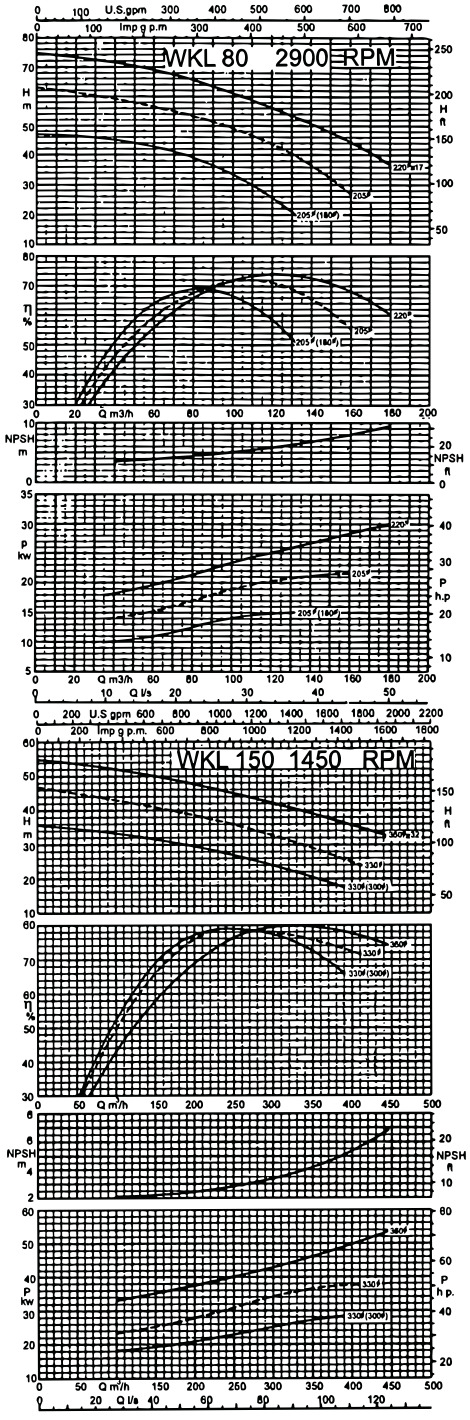


منحنی مشخصات کلی پمپ های فشار قوی نوع WKL



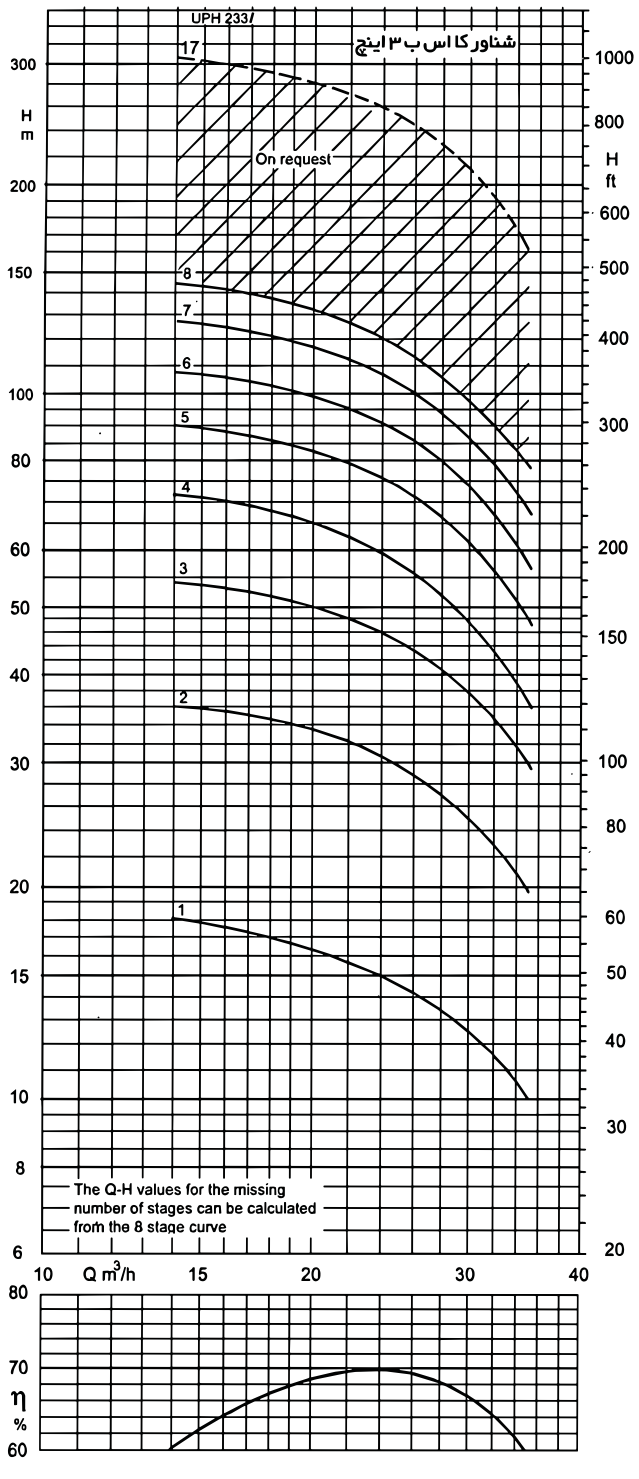

WKL 40-2900 RPM
H m
(120ø)
(125ø)
135ø×6
η %
(120ø)
(125ø)
(135ø)
Q m³/h
NPSH m
N kw
(135ø)
(125ø)
(120ø)


WKL 80 1450 RPM
U.S.gpm
Imp.g.p.m.
Q m³/h
Q l/s
H m
H ft
η %
NPSH m
NPSH ft
P kw
P h.p.

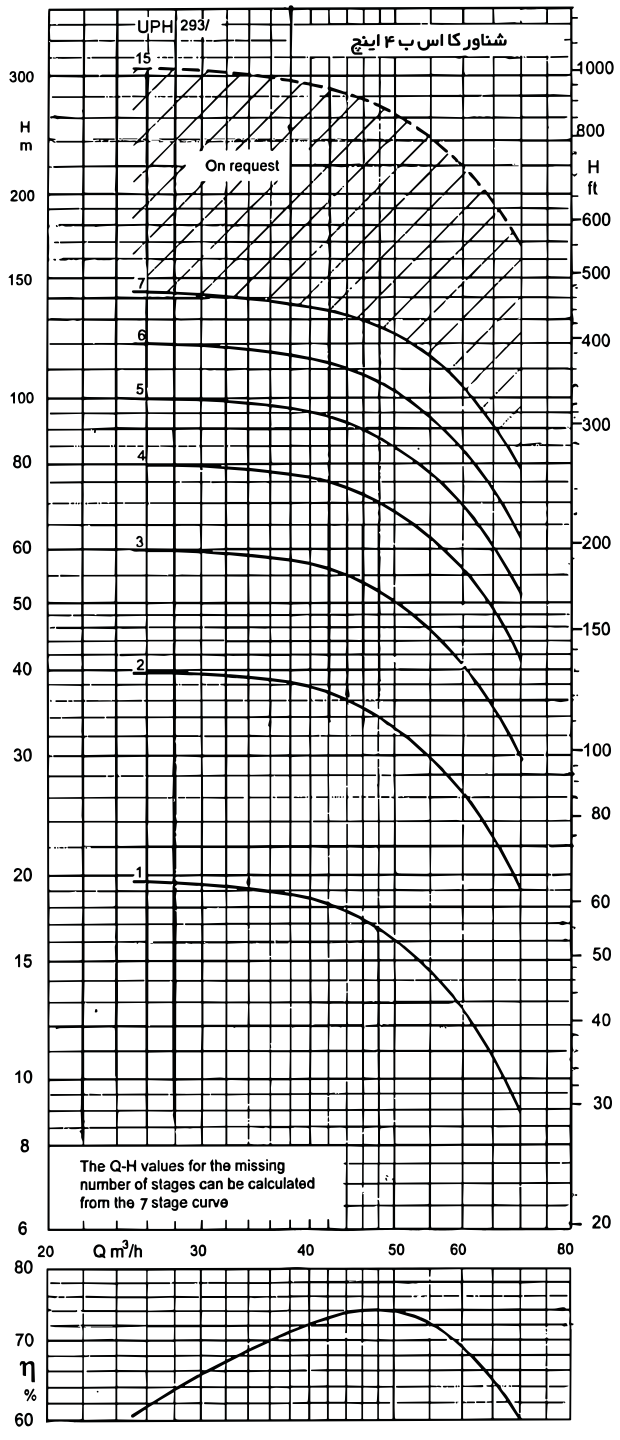

WKL 80 2900 RPM
U.S.gpm
Imp.g.p.m.
Q m³/h
Q l/s
H m
H ft
η %
NPSH m
NPSH ft
P kw
P h.p.

WKL 125
1450 RPM
U.S.gpm
Imp.g.p.m.
Q m³/h
Q l/s
H m
H ft
η %
NPSH m
NPSH ft
P kw
P h.p.

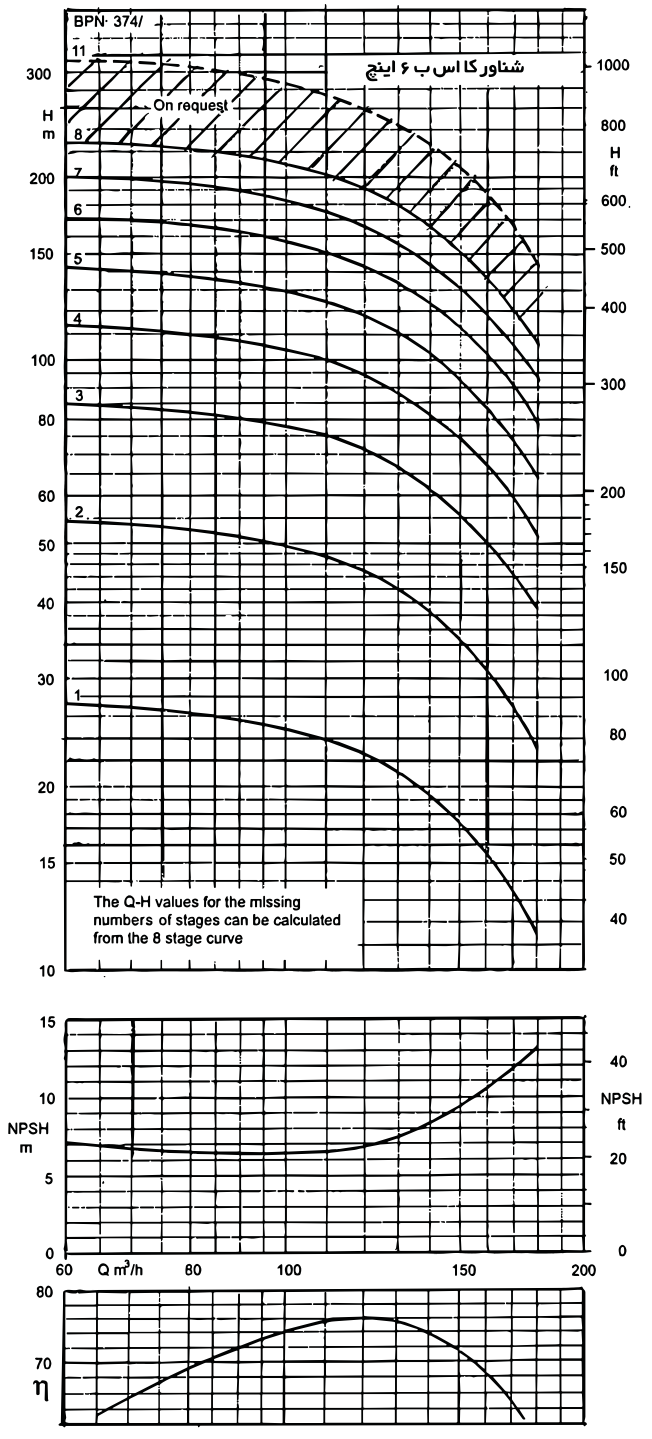
WKL 150 1450 RPM
U.S.gpm
Imp.g.p.m.
Q m³/h
Q l/s
H m
H ft
η %
NPSH m
NPSH ft
P kw
P h.p.



Pump + motor	Number of stages
UPH 233/1 + 6D 0233/2 + 6D 0233/2a	1
UPH 233/2 + 6E 33/2 + 6E 53/2a	2
UPH 233/3 + 6E 53/2 + 6E 73/2a	3
UPH 233/4 + 6E 73/2 + 6E 93/2a	4
UPH 233/5 + 7A 93/2	5
UPH 233/6 + 7A 113/2	6
UPH 233/7 + 7A 133/2	7
UPH 233/8 + 7A 153/2	8



Pump + motor	Number of stages
UPH 293/1 + 6E 33/2 + 6E 53//2a	1
UPH 293/2 + 6E 73/2 + 6E 93/2a	2
UPH 293/3 + 7A 113/2	3
UPH 293/4 + 7A 153/2	4
UPH 293/5 + 7A 183/2	5
UPH 293/6 + 7A 233/2	6
UPH 293/7 + 8A 243/2	7



Pump + motor	Number of stages
BPN 374/1 + 7A 113/2	1
BPN 374/2 + 7A 223/2	2
BPN 374/3 + 10A 373/2	3
BPN 374/4 + 10A 453/2	4
BPN 374/5 + 10A 553/2	5
BPN 374/6 + 10A 733/2	6
BPN 374/7 + 10A 923/2	7
BPN 374/8 + 10A 923/2	8

تولیدات شرکت مکانیک آب

۱ـ شیر پروانه‌ای دو سر فلنج فولادی از سایز ۱۵۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۲ـ شیرهای فشارشکن پیلوت‌دار فولادی، چدنی و داکتیل از سایز ۶۵ تا ۸۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۳ـ شیرهای اطمینان پیلوت‌دار از سایز ۶۵ تا ۶۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۴ـ شیرهای ثابت نگهدارنده فشار از سایز ۶۵ تا ۸۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۵ـ شیرهای کنترل دبی پیلوت‌دار از سایز ۶۵ تا ۶۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.
۶ـ شیرهای کنترل سطح آب در مخازن (فلوتر) از سایز ۶۵ تا ۶۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.
۷ـ شیرهای کنترل پمپ از سایز ۸۰ تا ۴۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۸ـ شیرهای یکطرفه دو سر فلنج فولادی سوپاپی ضد ضربت قوچی از سایز ۸۰ تا ۷۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۹ـ شیرهای یکطرفه دو سر فلنج فولادی مدل پروانه‌ای اهرم وزنه‌ای از سایز ۱۵۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۱۰ـ شیر فلکه‌های گلوب (GLOBE VALVES) مخصوص کنترل دبی و فشار از سایز ۸۰ تا ۶۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.
۱۱ـ صافی‌های فولادی خط لوله و صافی‌های یکسر فلنج از سایز ۸۰ تا ۱۲۰۰ میلیمتر و فشار کار تا

۴۰ بار، با توری استنلس استیل.

۱۲ـ سوپاپ مکش پمپ‌ها با سطوح آببندی‌کننده، محورها و توری استنلس استیل تا سایز ۷۰۰ میلیمتر.

۱۳ـ اتصالات قابل پیاده کردن فولادی از سایز ۸۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۴۰ بار.

۱۴ـ اتصالات قابل انبساط فولادی با سطوح لغزنده از جنس استنلس استیل و سایز ۱۵۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.

۱۵ـ شیرهای حفاظت شکستگی خط لوله با سیستم فرمان تماماً مکانیکی از سایز ۲۰۰ تا ۲۰۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.

۱۶ـ شیرهای سوزنی (NEEDLE VALVES)، هالوجت و هاول بانگر فولادی از سایز ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.

۱۷ـ شیرهای مستهلک‌کننده انرژی (VERTICAL SLEEVE VALVES) از سایز ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلیمتر و فشار کار تا ۲۵ بار.

خدمات شرکت مکانیک آب

۱ـ محاسبات ضربت قوچی در خطوط لوله.

۲ـ طراحی، ساخت، حمل، نصب و راه‌اندازی تجهیزات مقابله با ضربت قوچی شامل:

الف ـ فلایویل‌ها.

ب ـ کوپلینگ‌های هیدرولیکی.

ج ـ تانک‌های ضربه‌گیر یکطرفه.

د ـ تانک ضربه‌گیر تحت فشار.

هـ ـ تجهیزات کنترل تانک‌های تحت فشار و یکطرفه.

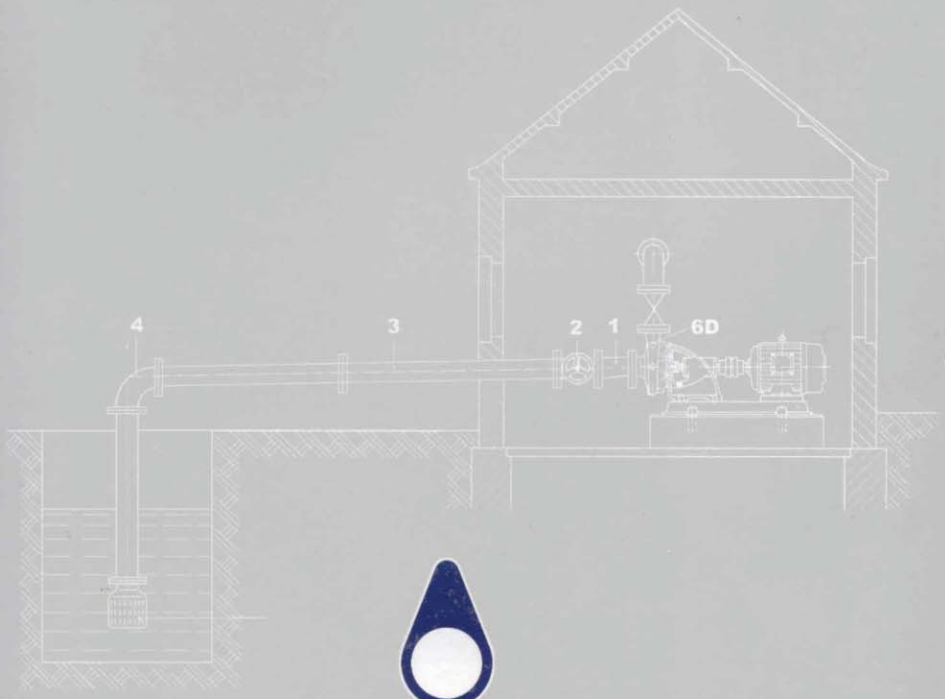
ی ـ شیرهای اطمینان و یکطرفه مخصوص ضربت قوچی.

۳ـ نصب و راه‌اندازی ایستگاههای پمپاژ به روش کارخانه‌ای.

توضیح: در این روش اول نقشه‌های اجرایی بسیار دقیق از طرف شرکت تهیه شده و سپس کلیهٔ تجهیزات مانند: کلکتورها، لوله‌های مکش، رانش، شیرآلات، اتصالات و فلنج‌ها در کارخانه و با استفاده از تجهیزات کارخانه‌ای ساخته شده مونتاژ و کنترل می‌شود و پس از مونتاژ و بسته‌بندی به محل ایستگاه پمپاژ حمل و نصب می‌شوند به ترتیبی که حداقل عملیات مکانیکی مانند برشکاری و جوشکاری در پای کار انجام می‌یابد. مزیت این روش اجرای بسیار دقیق، سریع و با کیفیت ایستگاههای پمپاژ است.

Pump Selection Manual

Ali, V. Tahami Mech.Eng.



شرکت مکانیک آب

کارخانه ـ تبریز، شهرک صنعتی رجائی شمالی ، بیست متری سوم شرقی

کدپستی:۵۳۶۱۹

تلفن : ۴۲۰۰۱۱۲ـ۰۴۱۱ فاکس : ۴۲۰۳۲۴۱ ـ ۰۴۱۱ موبایل: ۴۱۱۳ـ۴۱۵ـ۰۹۱۱

ISBN 964-5592-10-0

9 789645 592101