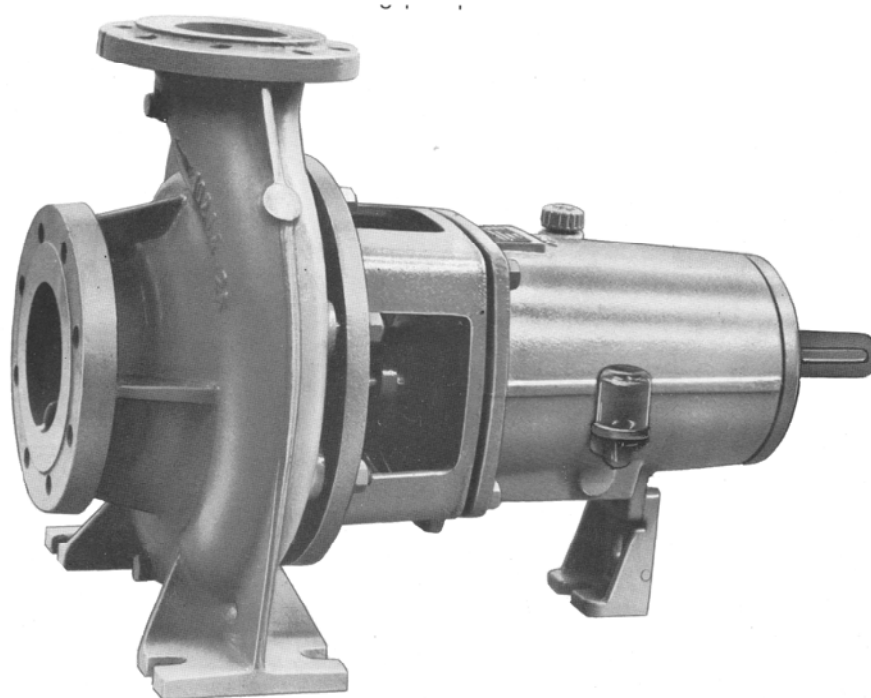


**АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ НЕФТЯНАЯ
АКАДЕМИЯ**

**М.А.КАРАЕВ, А.Г.АЗИЗОВ, А.М.РАГИМОВ,
Г.Г.РЗАЕВА**

**РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ
НАСОСОВ НА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЯХ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ



БАКУ - 2005

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНСКОЙ
РЕСПУБЛИКИ
АЗЕРБАЙДЖАНСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ НЕФТЯНАЯ
АКАДЕМИЯ

**М.А.КАРАЕВ, А.Г.АЗИЗОВ, А.М.РАГИМОВ,
Г.Г.РЗАЕВА**

**РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ
НАСОСОВ НА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЯХ**

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Рекомендовано методической комиссией
АГНА по учебникам и учебным пособиям
Протокол №_____от_____

БАКУ - 2005

УДК: 621.67.001.11
М69

КАРАЕВ Мирюлдуз Агабек оглы, д.т.н., профессор,
АЗИЗОВ Азизага Гамид оглы, к.т.н., доцент,
РАГИМОВ Ариф Махи оглы, д.т.н., профессор,
РЗАЕВА Гюлназ Гаджи кызы, ст. преподаватель.

РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ НА ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЯХ
УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. (Для студентов специальности «Гидромашины,
гидроприводы и гидропневмоавтоматика»).

Баку. АГНА, 2005 г., 175с.

Учебное пособие освещает ряд вопросов, связанных с пересчетом характеристик центробежных насосов с воды на вязкие жидкости и соответствует программе курса «Лопастные гидромашины» для студентов нефтемеханического факультета специальности ТТ 060800 «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика», а также оно может быть полезно студентам других механических и горных специальностей и инженерно-техническим работникам, имеющих дело с выбором центробежных насосов и расчетами по перекачке вязких жидкостей, в том числе нефти и нефтепродуктов.

Рис. – 96, табл. – 35 , приложений – 12, литература – 39.

Редактор: доктор технических наук, профессор Р.М. Саттаров

Рецензенты: доктор технических наук, профессор С.О. Гусейнов,
кандидат технических наук, доцент В.Г.Шарифов.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. Коэффициент быстроходности тихоходных и лопастных насосов нормальной быстроходности в системе СИ.....	6
1.1. Перевод коэффициента быстроходности n_s в систему СИ.....	7
1.2. Удельное число оборотов рабочего колеса центробежного насоса.....	8
1.3. Коэффициент быстроходности многосекционных насосов с параллельно работающими рабочими колесами....	9
1.4. Коэффициент быстроходности для жидкости более вязкой и тяжелой, чем вода.....	9
1.5. Некоторые вопросы подобия натуры и модели центробежного насоса.....	11
2. Пересчет характеристики центробежного насоса с воды на более вязкую жидкость.....	16
3. К определению геометрических параметров рабочего колеса центробежного асоса.....	26
4. Влияние вязкости перекачиваемой жидкости и коэффициента n_s на характеристики центробежного насоса.....	29
5. Напор насоса H_0 при нулевой подаче ($Q = 0$).....	35
6. Работа центробежного насоса консольного типа 2К-6 при перекачке парафинистых нефтей	39
7. Испытания центробежного насоса 4HDB при $n = 1450$ об/мин	53
8. Работа центробежного насоса типа 4HDB при перекачке буровых растворов.....	57
9. Исследование гидравлических показателей центробежных насосов для перекачки нефти по магистральным трубопроводам.....	59
9.1. Исследование гидравлических показателей подпорного центробежного насоса НМП2500-74.....	59
9.2. Исследование гидравлических показателей центробежных насосов НМ7000-210 и 16HD10×1.....	59
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	70
ЛИТЕРАТУРА.....	172

ВВЕДЕНИЕ

Претворение в жизнь контракта века в нашей Республике требует решения важных задач по транспортировке и эксплуатации насосных установок по перекачке нефтепродуктов. Одной из главных задач по проектированию и эксплуатации насосных установок является правильный выбор центробежного насосного агрегата и самого насоса, параметры работы которого при эксплуатации должны соответствовать оптимальным, чтобы обеспечить наибольший КПД. Известно, что в настоящее время практически все каталоги и паспорта насосов содержат основные характеристики центробежных насосов, полученные при испытании на воде, в то время как вязкость перекачиваемых нефтепродуктов существенно отличается от вязкости воды, значительно изменяясь в широких пределах в зависимости от самого нефтепродукта и температуры перекачки. Поэтому, при проектировании и эксплуатации центробежных насосных установок требуется произвести пересчет характеристик подбираемых насосов с воды на перекачиваемые нефтепродукты. В литературе приводится большое число различных методов пересчета характеристик центробежных насосов с воды на более вязкую жидкость. Однако, по мере накопления экспериментального материала, более четко выявляются достоинства и недостатки различных методов пересчета, и пределы их возможного применения.

Предлагаемое учебное пособие содержит ответ на часть поставленных вопросов. В пособии показаны область применения метода пересчета по Айзенштейну, а также необходимые поправки, которые позволяют более точно произвести пересчет характеристик нефтяных центробежных насосов. Предлагаемые поправки получены на основе экспериментального материала, как самих авторов, так и других исследователей. В пособии также приводится метод расчета и пересчета коэффициента быстроходности центробежного насоса в системе СИ.

В приложениях к пособию приводятся справочные материалы по характеристикам, конструкциям, материальному исполнению, габаритным размерам для различных типов центробежных насосов для перекачки воды, нефтепродуктов и химически активных жидкостей. Эти материалы могут быть использованы студентами при курсовом проектировании и выполнения выпускных работ. Полезным для студентов будет также таблица, в которой приведены новые переименованные марки существующих центробежных насосов.

Пособие составлено в соответствии с программой курса «Лопастные гидромашины» для студентов нефтемеханического факультета специальности «Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика». Его могут использовать также студенты, магистранты других специальностей нефтемеханического и нефтепромышленного факультетов, а также инженеры соответствующих специальностей, занимающихся проектированием и эксплуатацией насосных центробежных установок

1. КОЭФФИЦИЕНТ БЫСТРОХОДНОСТИ ТИХОХОДНЫХ И ЛОПАСТНЫХ НАСОСОВ НОРМАЛЬНОЙ БЫСТРОХОДНОСТИ В СИСТЕМЕ СИ

Большое значение приобретают перспективные научно-исследовательские работы по созданию научного задела для дальнейшего прогресса насосостроения. Здесь к основным направлениям научно-исследовательских работ относится создание высокопроизводительного, надежного насосного оборудования для транспортировки нефти.

На практике при выборе лопастного насоса широко используется размерный коэффициент быстроходности

$$n_s = 3,65 \frac{n \sqrt[3]{Q}}{H^{\frac{1}{4}}} \quad (1)$$

где n – частота вращения рабочего колеса, об/мин; Q – оптимальная подача, H – напор, развиваемый центробежным насосом.

Коэффициент быстроходности n_s (или удельный коэффициент быстроходности) является универсальным параметром, критерием подобия. Это означает, что если два насоса имеют различные значения n , Q и H , но одно и то же значение n_s , то они называются подобными.

Конструкция рабочего колеса в значительной степени зависит от n_s . В зависимости от его значения рабочие колеса лопастного насоса условно разделяют на пять основных типов:

1 – тихоходные ($\frac{d_2}{d_0} = 2,5 \div 3$; $40 < n_s < 80$);

2 – нормальной быстроходности ($\frac{d_2}{d_0} = 2$; $80 < n_s < 150$);

3 – быстроходные ($\frac{d_2}{d_0} = 1,2 \div 1,4$; $1500 < n_s < 3000$);

4 – диагональные ($\frac{d_2}{d_0} = 1,2$; $300 < n_s < 600$);

5 – осевые ($\frac{d_2}{d_0} = 1$; $n_s > 600$);

При увеличении n_s , как правило, наружный диаметр рабочего колеса d_2 уменьшается.

Величина n_s характеризует данный тип насоса и облегчает выбор типа насоса для определения подачи Q , при заданном напоре H . Наивысший КПД имеют центробежные насосы с $n_s = 90 \dots 300$. Таким образом, выбор n_s (удельной быстроходности) диктуется экономическими соображениями и стремлением получить высокий КПД и малые габариты насоса при допустимой высоте всасывания.

1.1. Перевод коэффициента быстроходности n_s в систему СИ

Если центробежный насос подаёт Q_s м³/сек жидкости, то при $H = 1$ м полезная мощность будет:

$$N_s = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_s \cdot H}{1000} \quad (2)$$

Для единичного эталонного насоса, для которого $N_s = 1$ кВт и $H = 1$ м, поэтому для воды при $\rho = 1000$ кг/м³, имеем

$$1 = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot Q_s \cdot 1}{1000};$$

$$Q_s = \frac{1}{9,8} \text{ м}^3/\text{сек.}$$

В соответствии с этим по И.Г.Есьману [1]

$$n = n_s \cdot \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}} \cdot \sqrt{Q_s} \quad (3)$$

или

$$n = n_s \cdot \frac{H^{\frac{3}{4}}}{\sqrt{Q}} \cdot \sqrt{\frac{1}{9,8}} \quad (4)$$

Тогда

$$n_s = 3,1 \cdot \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (5)$$

Зависимость (5) записана для воды в системе СИ.

1.2. Удельное число оборотов рабочего колеса центробежного насоса

В связи с переходом к системе СИ еще вводят помимо коэффициента быстроходности n_s удельную частоту вращения n_q (удельное число оборотов рабочего колеса). Число n_q так же как n_s , является критерием подобия лопастных насосов и режимов их работы. Эти коэффициенты тесно связаны с формой рабочего колеса.

При увеличении n_s отношение $\frac{d_2}{d_0}$ уменьшается, а ширина колеса b_2 растёт (d_0 – диаметр горловины рабочего колеса, у тихоходных насосов $d_0 = d_1$, у остальных насосах $d_0 > d_1$).

В нашей работе [2] было принято $Q_s = 1 \text{ м}^3/\text{сек}$ и

$$n'_s = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (6)$$

где n'_s фактически является удельным числом оборотов рабочего колеса центробежного насоса.

Введем обозначение:

$$n_q = \frac{n \cdot \sqrt{Q}}{H^{\frac{3}{4}}} \quad (7)$$

На основании (1) и (7)

$$n_q = \frac{n_s}{3,65}.$$

Если вместо воды перекачивается жидкость, отличающаяся от воды по своей плотности, то тот же насос будет очевидно развивать напор H , если его выразить в метрах столба перекачиваемой жидкости.

1.3. Коэффициент быстроходности многосекционных насосов с параллельно работающими рабочими колесами

Рабочее колеса с двусторонним входом жидкости принимают за два параллельно работающих колеса и расход приходящийся на каждое колесо, находят из выражения:

$$Q_i = \frac{Q}{i},$$

где i – число параллельно включенных колес.

Коэффициент быстроходности для многосекционного центробежного насоса с i работающими параллельно рабочими

колесами при перекачке жидкости, относительная плотность которой $\rho \neq 1$, запишется

$$n_s = 3,65 \frac{n \sqrt{\rho \cdot Q_1}}{\left(\frac{H}{K_p} \right)^{\frac{3}{4}}} \quad (8)$$

где K_p – число последовательно работающих рабочих колес [3]. Отметим, что величины относительной плотности и относительного удельного веса жидкости относительно воды равны и не имеют размерности.

1.4. Коэффициент быстроходности для жидкости более вязкой и тяжелой, чем вода.

Если перекачивается не вода (v), а более вязкая жидкость (ν), и плотность её отличается от плотности воды ($\rho_v \neq \rho_\nu$), то и напоры, развиваемые насосом, не будут равны: $H_v \neq H_\nu$. В этом случае плотность берется для вязкой жидкости, а напор H_ν в метрах столба перекачиваемой жидкости. Тогда можно записать, что мощность, развиваемая единичным – эталонным насосом, будет:

$$N_s = \frac{\rho_\nu \cdot g \cdot Q_s \cdot H_\nu}{1000},$$

если $H_\nu = 1$ м, $N_s = 1$ кВт, то

$$1 = \frac{\rho_\nu \cdot g \cdot Q_s \cdot 1}{1000},$$

тогда

$$Q_s = \frac{1000}{\rho_\nu \cdot g} = \frac{102}{\rho_\nu} \quad (9)$$

и

$$n = n'_s \frac{H_\nu}{\sqrt{Q_\nu}} \cdot \sqrt{\frac{102}{\rho_\nu}},$$

и

$$n'_s = \sqrt{\frac{\rho_\nu}{102}} \frac{n \sqrt{Q_\nu}}{H_\nu^{\frac{3}{4}}} \quad (10)$$

Здесь n'_s коэффициент быстроходности центробежного насоса для жидкости более тяжелой и более вязкой, чем вода, записанный в системе СИ.

Не останавливаясь на подробностях вывода, которые приведены в работе [25], зависимость для определения коэффициента быстроходности в системе СИ будет иметь вид:

$$n_s = \frac{1212n \cdot \sqrt{Q}}{(gH)^{\frac{3}{4}}}, \quad (10.1)$$

где Q – подача центробежного насоса в режиме максимального КПД, H – высота, на которую может быть поднята жидкость насосом в режиме максимального КПД, $g \cdot H$ – удельная работа рабочего колеса, n – число оборотов рабочего колеса в минуту.

По нашему мнению формула (10.1) менее удобна при выполнении расчетов, чем рекомендуемая нами зависимость (10).

Отметим, что в настоящее время нет общепринятого у многих авторов объяснения о том, что подача Q и напор должны соответствовать оптимальным значениям, а H выражено в метрах столба перекачиваемой жидкости.

1.5. Некоторые вопросы подобия природы и модели центробежного насоса

Характерными величинами геометрического подобия природы и модели применительно к центробежным насосам следует отнести наряду с диаметром рабочего колеса, также и гидравлический радиус межлопастных каналов рабочего колеса и каналов между корпусом и рабочим колесом в самом корпусе. Учет отмеченных факторов является непростой задачей и создает значительные трудности, если ещё принять во внимание существование масштабного эффекта при моделировании из-за относительной шероховатости поверхностей природы и модели. Подобие потоков с учетом трения, удовлетворяющих условиям геометрического, кинематического и материального подобия, будет только в том случае, если для каждой пары соответственных точек потока природы и модели число Рейнольдса будет иметь одно и то же значение. Часто не удастся осуществить подобие, особенно вследствие трудностей,

связанных с созданием подобия шероховатостей смоченных поверхностей природы и модели.

В результате тех и иных допущений, допускаемых при гидравлическом моделировании, возникают определённые погрешности. При переходе на природу, результаты, полученные при исследовании модели, могут иметь значительные погрешности, часто возникающие в первую очередь из-за масштабного эффекта [29]. К этому следует добавить то, что в проточных каналах центробежного насоса, по ходу движения жидкости гидравлический радиус изменяется в каждом канале. Жидкость в проточных каналах имеет сложное движение, как поступательное, так и вращательное. Возникает комплекс различных источников местных гидравлических потерь. Не исключена их интерференция. Влияние отмеченного при перекачке более вязких и различных по плотности жидкостей будет больше влиять на гидравлические показатели. Вообще центробежный насос в целом не просто труба и здесь нарушаются качественные и количественные показатели трубной гидравлики, например, в оценке критического числа Рейнольдса. Поэтому утверждение, приведённое в работе [25], что при равенстве чисел Рейнольдса условия динамического подобия в природе и модели центробежного насоса соблюдаются, не может быть принято за основу. Также нельзя согласиться с мнением, приведенном в работе [25], что применительно к лопастным насосам «при течении жидкости в области квадратичного сопротивления условие динамического подобия выполняется автоматически».

Для одного и того же центробежного насоса, когда $d_{2H} = d_{2M}$ и $b_{2H} = b_{2M}$, но для двух разных режимов его работы на одной и той же жидкости, известное уравнение запишется:

$$\frac{Q_H}{Q_M} = \frac{n_H}{n_M} \text{ или } \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

здесь принято, что $\eta_{OH} = \eta_{OM}$, тогда это условие запишется:

$$\frac{Q_H}{Q_M} = \frac{n_2}{n_1} \cdot \frac{d_H^3}{d_M^3} \text{ или } \frac{Q_H}{n_H \cdot d_H^3} = idem$$

Из проведенных нами исследований, результаты которых приведены в данной работе, следует, что применение этого условия при перекачке разных по плотности и вязкости жидкостей приводило в некоторых насосах к значительным ошибкам. В это условие, как

будет показано ниже, должен быть вставлен поправочный коэффициент

В табл. 1 приводится значение коэффициентов n_q , n_s и n'_s для различных центробежных насосов при перекачке различных по плотности и вязкости жидкостей.

На основании данных табл. 1 был построен график, приведенный на рис. 1. Из рис. 1 следует, что из испытанных нами тихоходных центробежных насосов 4К-6, 8HD6×1, 4HD6-7,5, 6МС6×9, 8МС7×10 коэффициент $m > 1$, а для центробежного насоса нормальной быстроходности НМ2500×230 коэффициент $m < 1$. Условие равенства коэффициентов быстроходности впервые было приведено в работе [8].

$$\frac{n \cdot \sqrt{Q_1}}{H_1^{\frac{3}{4}}} = \frac{n \cdot \sqrt{Q_2}}{H_2^{\frac{3}{4}}} \quad (11)$$

где Q_1 , H_1 подача и напор при работе на воде вязкостью ν_1 , (при максимальном КПД и $n = const$), Q_2 , H_2 при работе на более вязкой жидкости ν_2 ($\nu_2 > \nu_1$). Такого же мнения придерживаются и ряд других авторов, в том числе и автор работы [9], при рассмотрении режима работы насосных станций с высокооборотными насосами при перекачке вязких нефтей по магистральным трубопроводам. Здесь отмечено, что при $n = const$ и увеличении вязкости кривая $H-Q$ смещается вниз, максимальный КПД насоса уменьшается, не смещаясь в сторону меньших подач.

В этом случае n_s на режиме максимального КПД остается постоянным, откуда следует $n_{s_1} = n_{s_2}$ и

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{\frac{3}{2}} \quad (12)$$

Согласно данным, приведенным в табл. 1 условия (11) и (12) не всегда подтверждаются.

Введем в условие (11) поправочный коэффициент m , и запишем условия (11) в следующем виде:

$$m \frac{n \sqrt{Q_1}}{H_1^{\frac{3}{4}}} = \frac{n \sqrt{Q_2}}{H_2^{\frac{3}{4}}} \quad (13)$$

Значение коэффициента m для исследованных центробежных насосов следует брать из табл. 1, а для других центробежных насосов,

Табл. 1

<i>Насос,</i>	<i>n</i> – число оборотов в мин	Параметры перекачиваемой жидкости		Коэффициенты			<i>m</i>
		вязкость ν , см ² /с	плотность ρ , кг/м	n_q	n_s	n'_s	
4К6	740	0,01	1000	13,6	43,0	41,0	-
	980	0,06	1000	16,3	51,5	49,0	-
	1480	0,01	1000	14,2	45,3	42,5	-
	740	3,69	915	14,4	45,0	43,0	1,04
	980	3,69	915	17,8	56,0	51,8	1,08
	1480	3,69	915	16,0	51,0	48,0	1,13
8HD6×1	2950	0,01	1000	16,7	52,5	50,0	-
		0,17	878	19,5	60,5	59,5	1,15
		0,81	880	18,0	56,0	54,0	1,07
		1,32	880	20,5	65,0	62,0	1,24
НМ 2500-230	1450	0,01	1000	32,8	118	98,0	-
		0,103	900	28,3	108	93,6	0,92
		0,48	900	32,5	105	96,0	0,89
		1,0	900	32,2	102	90,0	0,86
		1,35	900	31,2	108	93,0	0,92
		2,5	900	33,2	102	100,0	0,86
		4,45	900	32,5	105	93,0	0,89
		6,6	900	34,8	114	103,0	0,96
		7,2	900	29,6	100	87,5	0,85
4HD6-7,5	1450	0,01	1000	20,3	63,5	45,7	-
		0,329	890	18,2	83,0	64,0	1,3
6MC6×9	1450	0,01	1000	18,0	56,0	54,0	-
		0,68	880	20,8	66,0	63,0	1,18
8MC7×10	12475	0,01	1000	18,6	65,5	56,0	-
		0,629	845	21,0	66,1	63,0	1,01
		1,32	905	21,0	66,1	63,0	1,01
		2,48	845	21,0	66,1	63,0	1,01

m – поправочный коэффициент, равный отношению коэффициентов быстроходности при подаче вязкой жидкости и воды

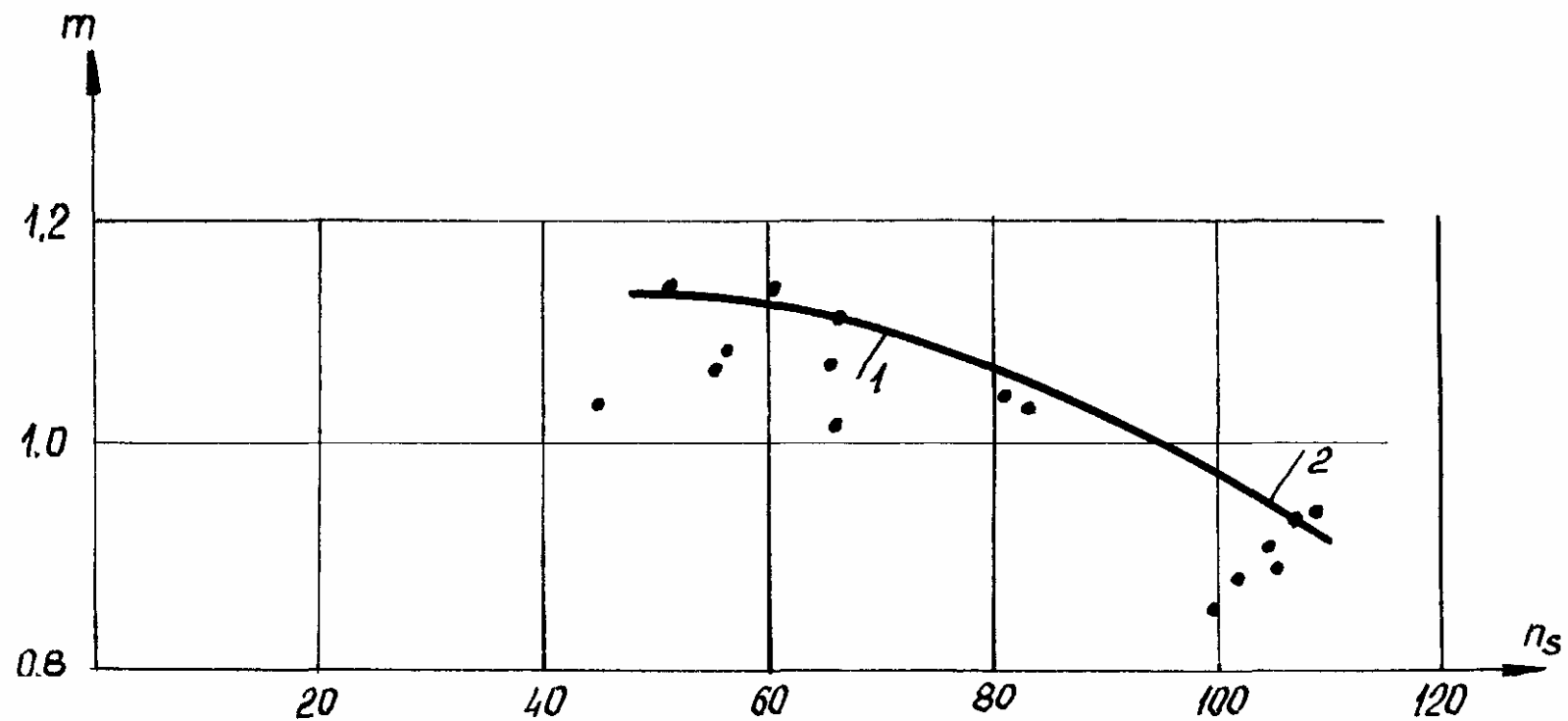


Рис.1 Зависимость коэффициента "m" от коэффициента
быстроходности n_s для вязких жидкостей

1-зона для $n_s < 95$; 2-зона для $n_s > 100$

не указанных в табл. 1, необходимо определить по методике, приведенной в данной работе.

2. ПЕРЕСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА С ВОДЫ НА БОЛЕЕ ВЯЗКУЮ ЖИДКОСТЬ

Для напора H , развиваемого центробежным насосом, эффекты от изменения числа оборотов рабочего колеса и изменения вязкости перекачиваемой жидкости не адекватны. Степень влияния числа оборотов рабочего колеса и вязкости жидкости для центробежных насосов разных n_s различна. В основном это следует объяснить нарушением условия (11).

На рис. 2 показаны графики зависимости удельного числа оборотов, коэффициентов быстроходности центробежного насоса консольного типа 4К-6 от числа оборотов в минуту рабочего колеса.

Известно, что зависимости величин потерь от вязкости достаточно сложны. Поэтому, даже если известны характеристики центробежного насоса при работе на воде, получить теоретическим путем достоверные характеристики насоса, перекачивающего вязкую жидкость, весьма затруднительно,

Исследования показывают, что вязкость жидкости меньше влияет на уменьшение КПД лопастных насосов с высоким значением n_s и больше влияет на КПД лопастных насосов с низким значением n_s . Ранее выполненный нами анализ [2; 4] дает основание утверждать, что большинство методов пересчета характеристик центробежного насоса с воды на более вязкую жидкость, а их более 20, является приближенными, особенно при $Q < Q_{\text{опт}}$ или $Q > Q_{\text{опт}}$ и не могут считаться универсальными. Метод пересчета, изложенный в работе [9], является сложным и основывается, в том числе, на условии (11), а это, как было отмечено выше, приемливо не для всех центробежных насосов. На наш взгляд наиболее приемлемым методом является метод излагаемый в работах [2; 10], где пересчетный коэффициент по напору K_n определяется при помощи номограммы (для $Q \geq 20 \text{ м}^3/\text{час}$, $H = 4 \dots 200 \text{ м}$), без использования числа Re , запись которого может осуществляться с применением различных геометрических величин центробежного насоса.

При рассмотрении работы центробежных насосов 4К-6 (при числах оборотов рабочего колеса 740, 980, 1480 в минуту) и НМ2500×230 на вязких жидкостях нами за основу взят метод, изложенный в работах [2; 10], с использованием условия (13), приведенного в данной работе.

Из графиков рис. 3...9 следует, что точки, полученные с использованием метод пересчета, предлагаемого в данной работе, согласуются с опытными точками.

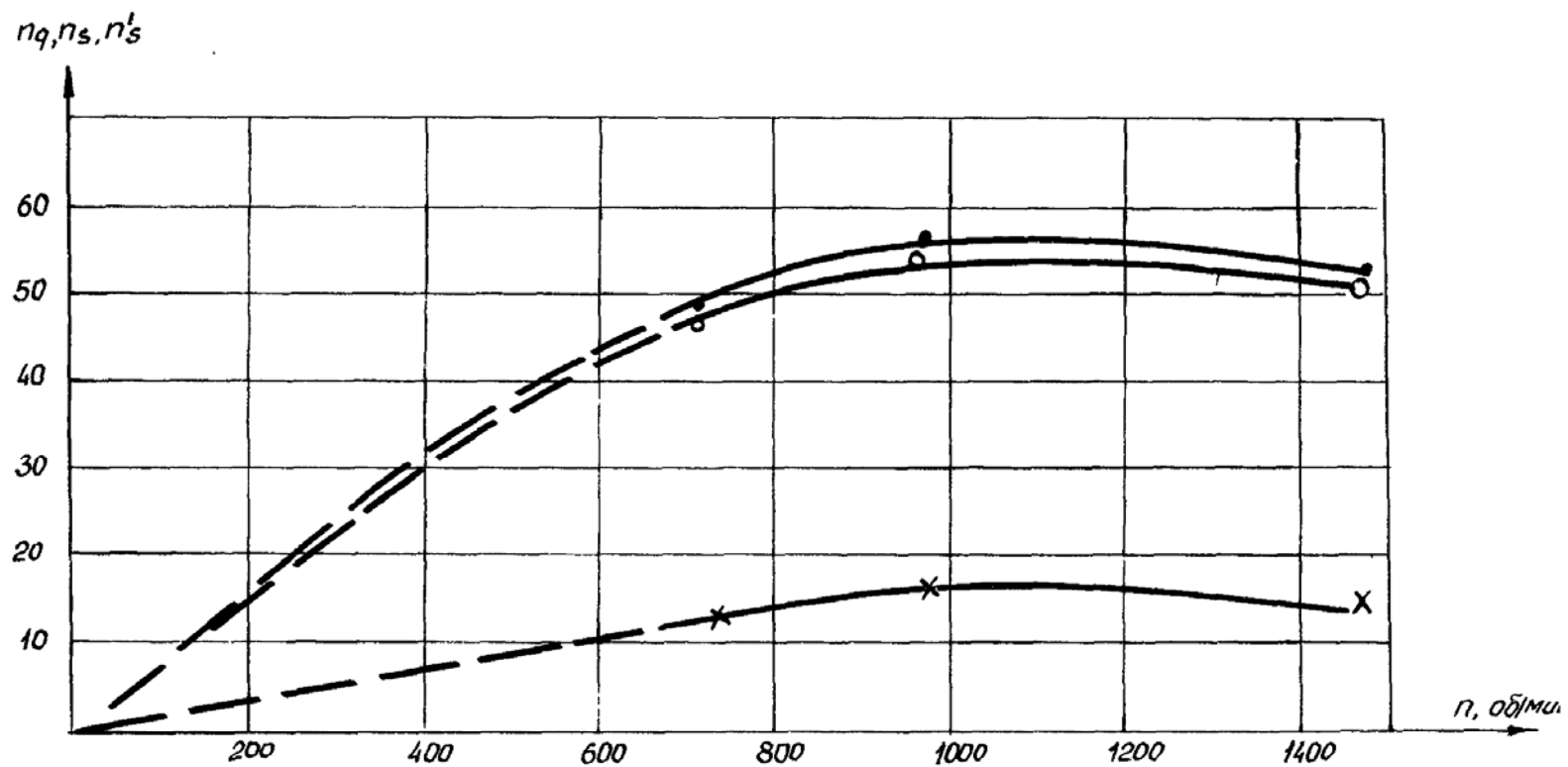


Рис.2. Зависимость $n_q, n_s, n'_s = f(n)$

Насос 4К-6, перекачиваемая жидкость вода

• - n_s , o - n'_s , x - n_q .

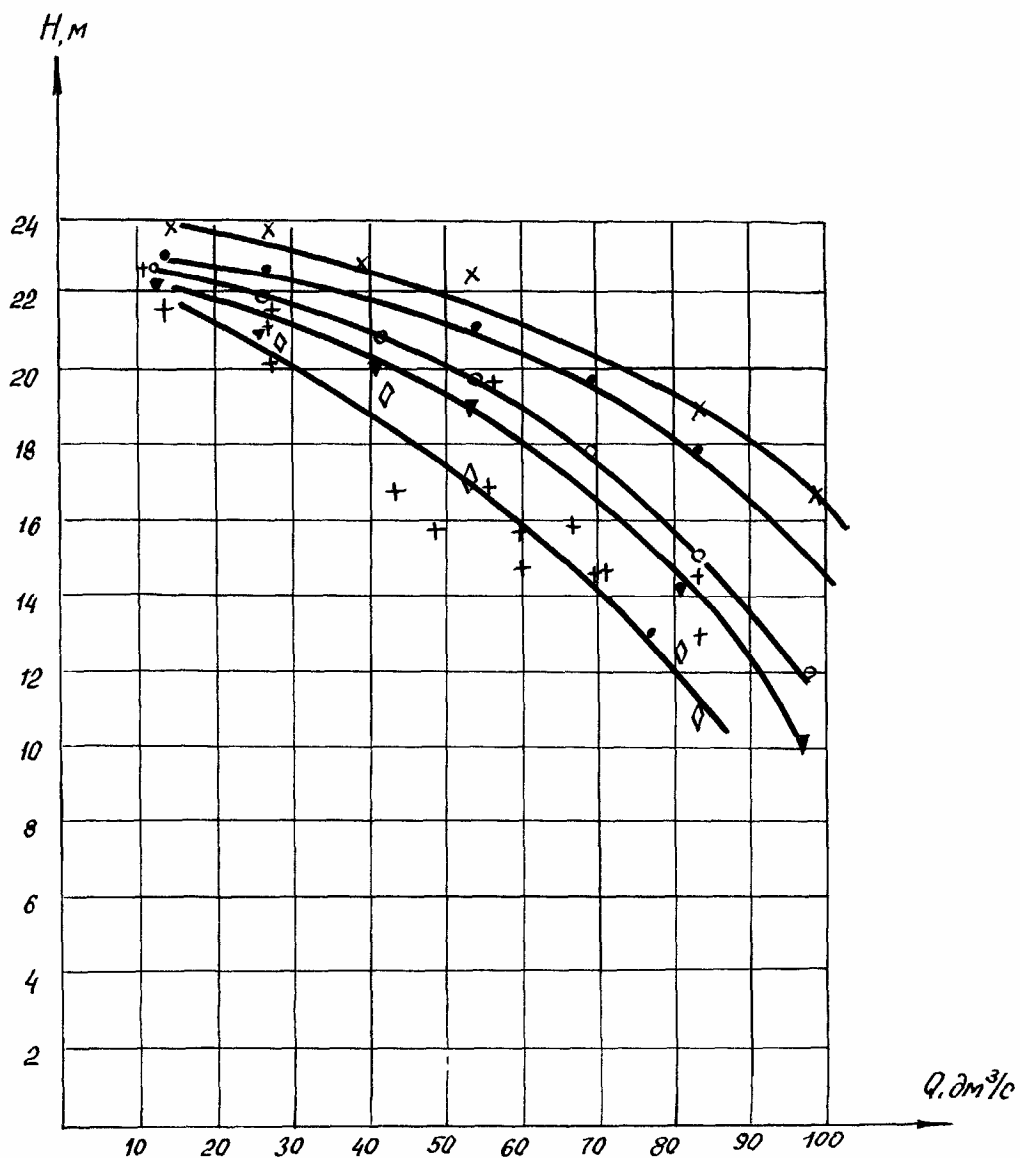
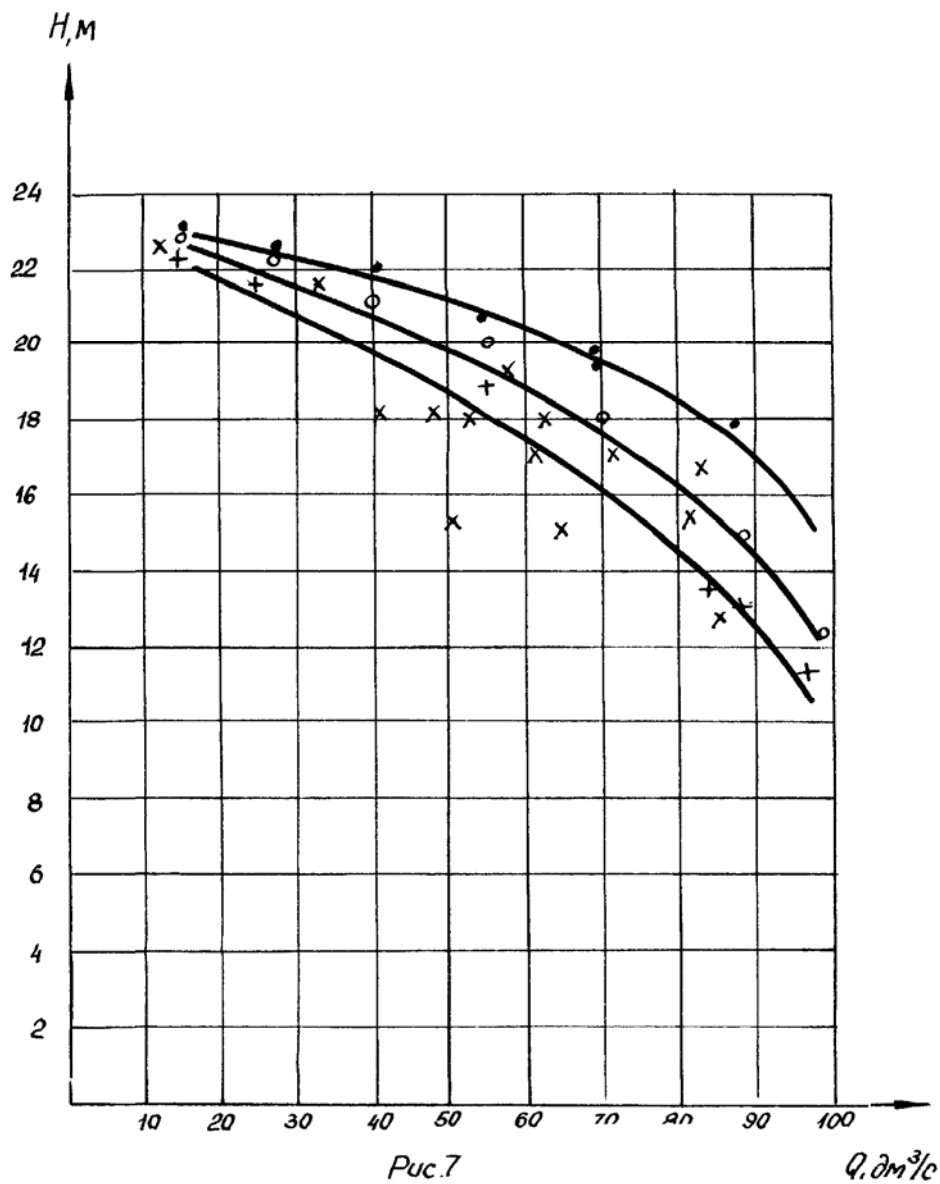


Рис. 8

Нефтяной магистральный центробежный насос НМ-2500-230

о - вода, $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{с}$, • - нефть $\nu = 1,0 \text{ см}^2/\text{с}$
 $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$
 х - нефть $\nu' = 0,003 \text{ см}^2/\text{с}$
 ◊ - нефть $\nu = 6,6 \text{ см}^2/\text{с}$
 + - по пересчету для $\nu = 6,6 \text{ см}^2/\text{с}$ и
 для $\nu = 2,5 \text{ см}^2/\text{с}$



Рuc.7
 HM2500 x 230

o - вода, $v = 0,01 cm^2/s$
 • - нефть, $v = 1 cm^2/s$, $\rho = 900 kg/cm^3$
 + - нефть $v = 4,4 cm^2/s$
 x - по пересчету для $v = 4,4 cm^2/s$
 и для $v = 1 cm^2/s$

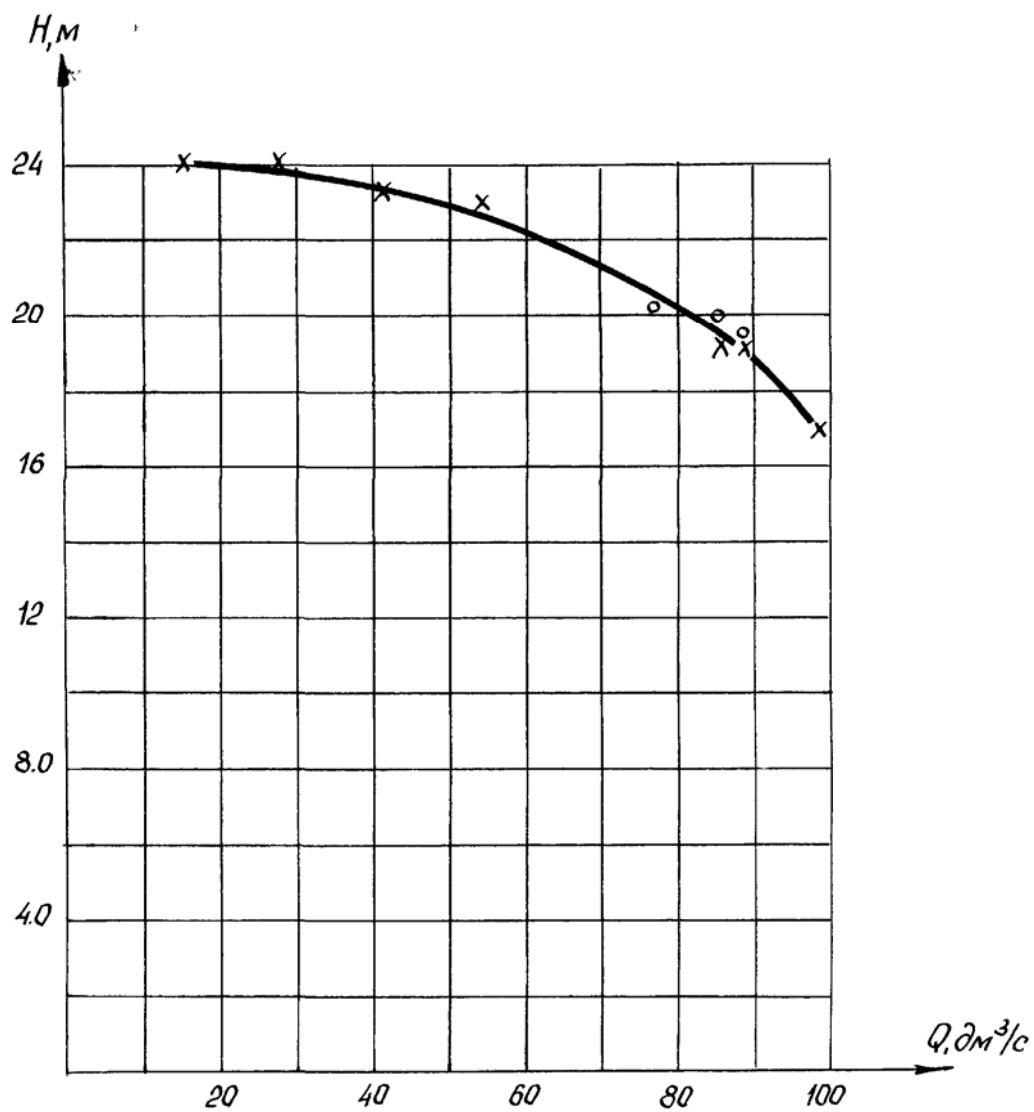


Рис. 6

HM2500-230

x - нефть; $\nu = 0,103 \text{ см}^3/\text{с}$

o - по пересчету

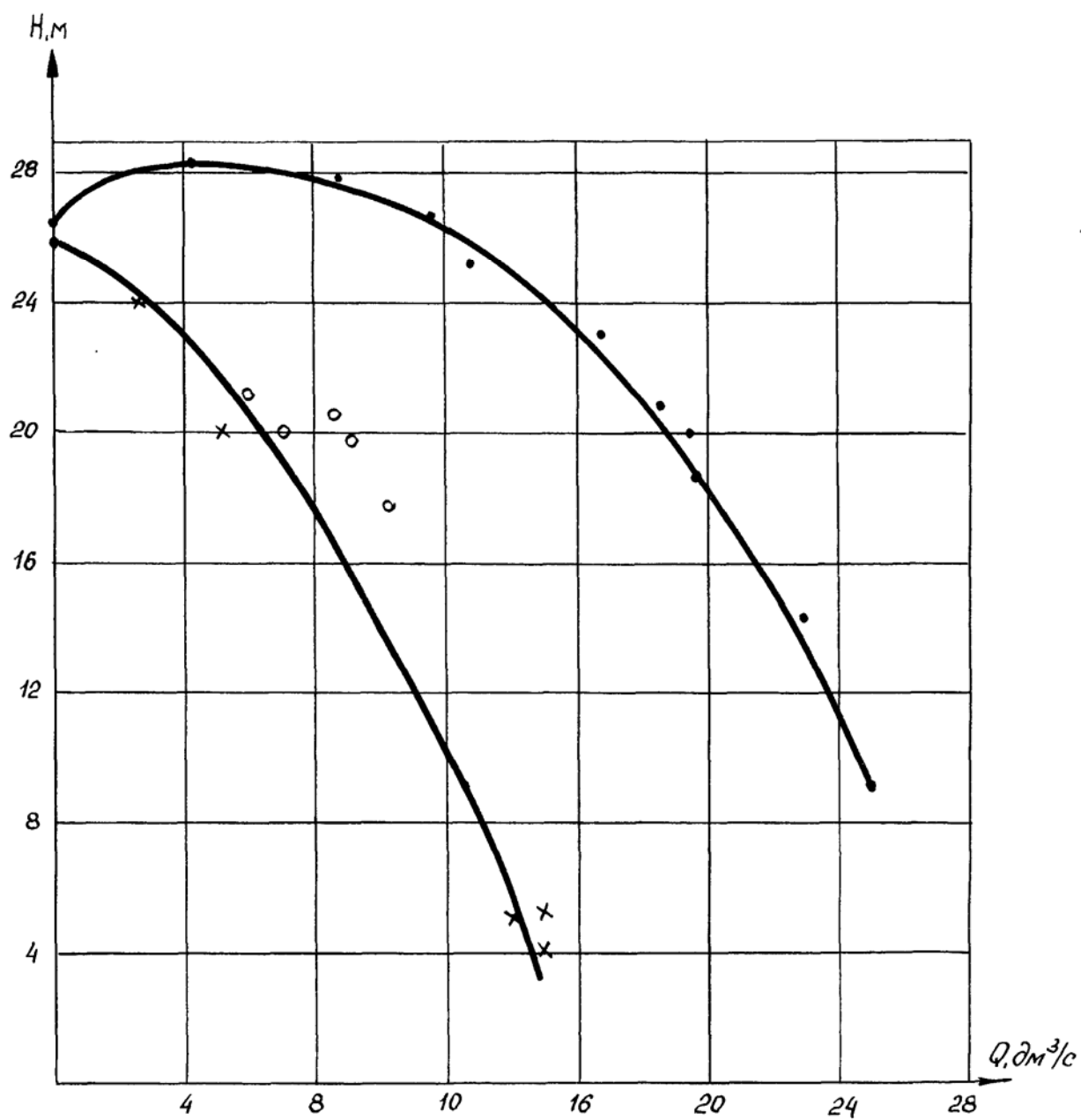


Рис. 5

• - вода; x - промышленное масло, $\nu = 3,69 \text{ см}^2/\text{с}$ (20°C);
 $n = 1480$ об/мин; ц.н. 4К-6; o - по пересчету

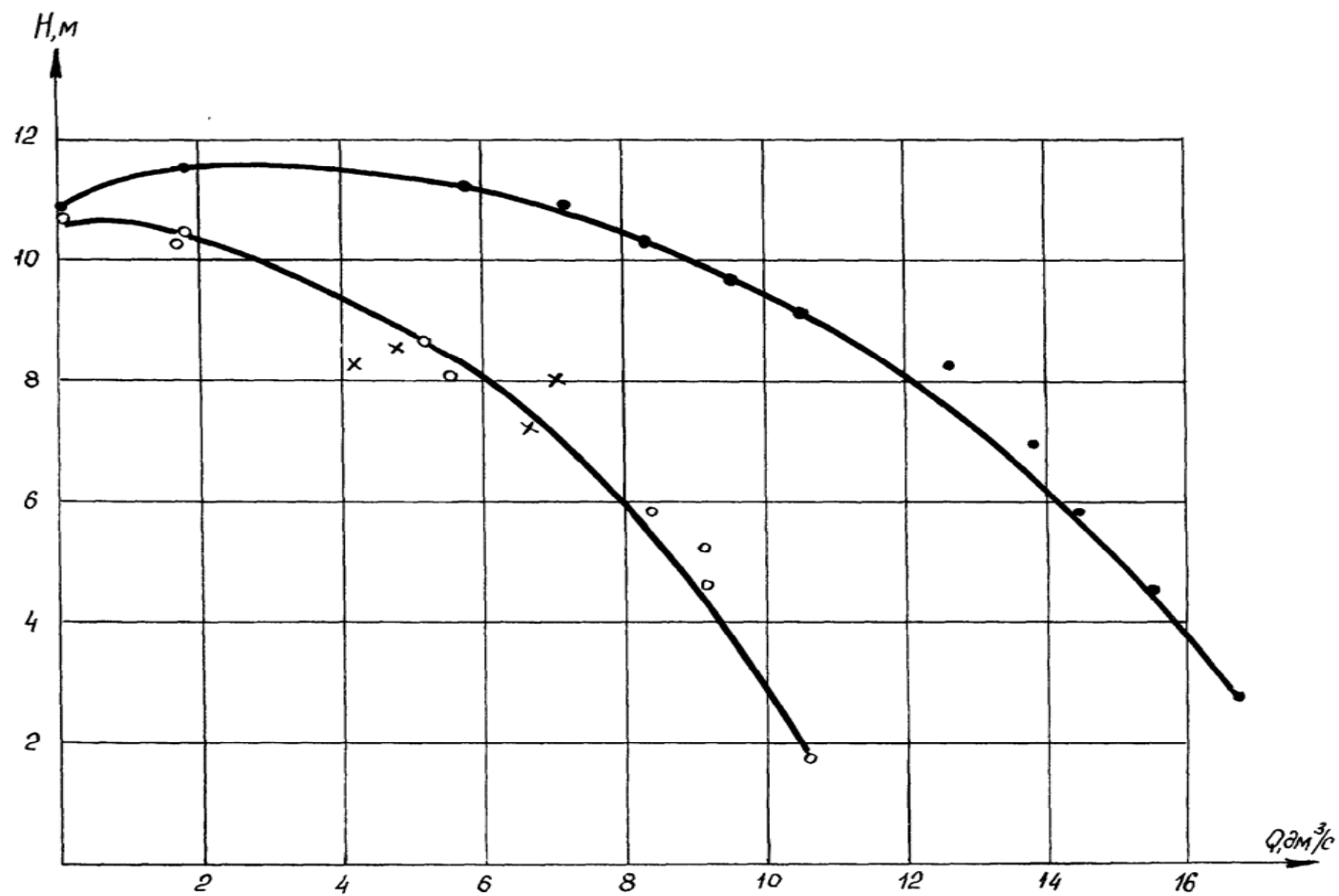


Рис. 4 Зависимость Q - H насоса 4К-6

$n = 980 \text{ об/мин}$
 • - вода
 о - промышленное масло
 $\nu = 3,69 \text{ см}^2/\text{с}$
 х - по пересчету

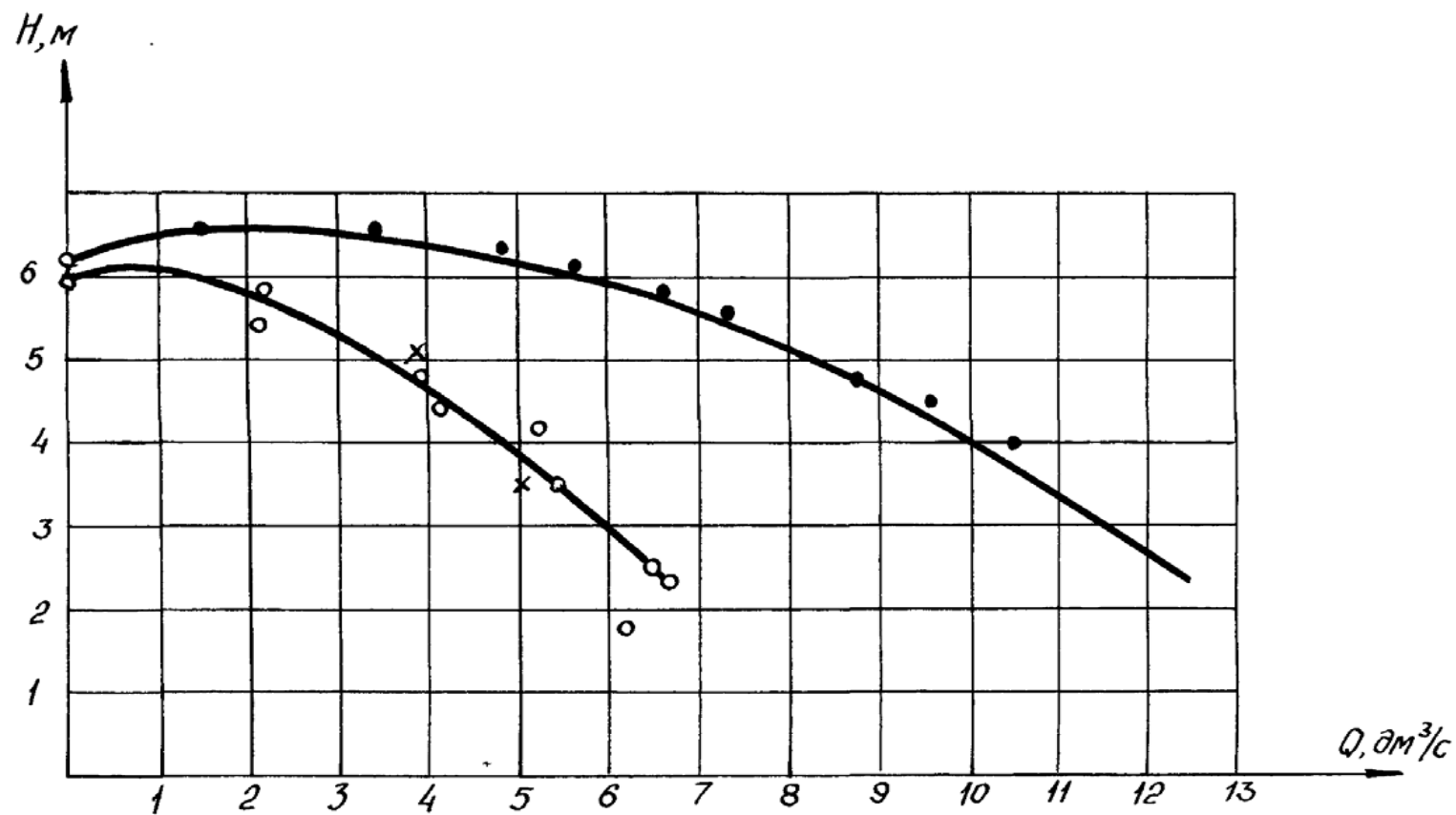


Рис.3 Насос 4К-6. Зависимость $Q-H$

$n = 740$ об/мин

• – вода ; ○ – индустриальное масло ; $\nu = 3,60 \text{ см}^2/\text{с}$

x – по пересчету

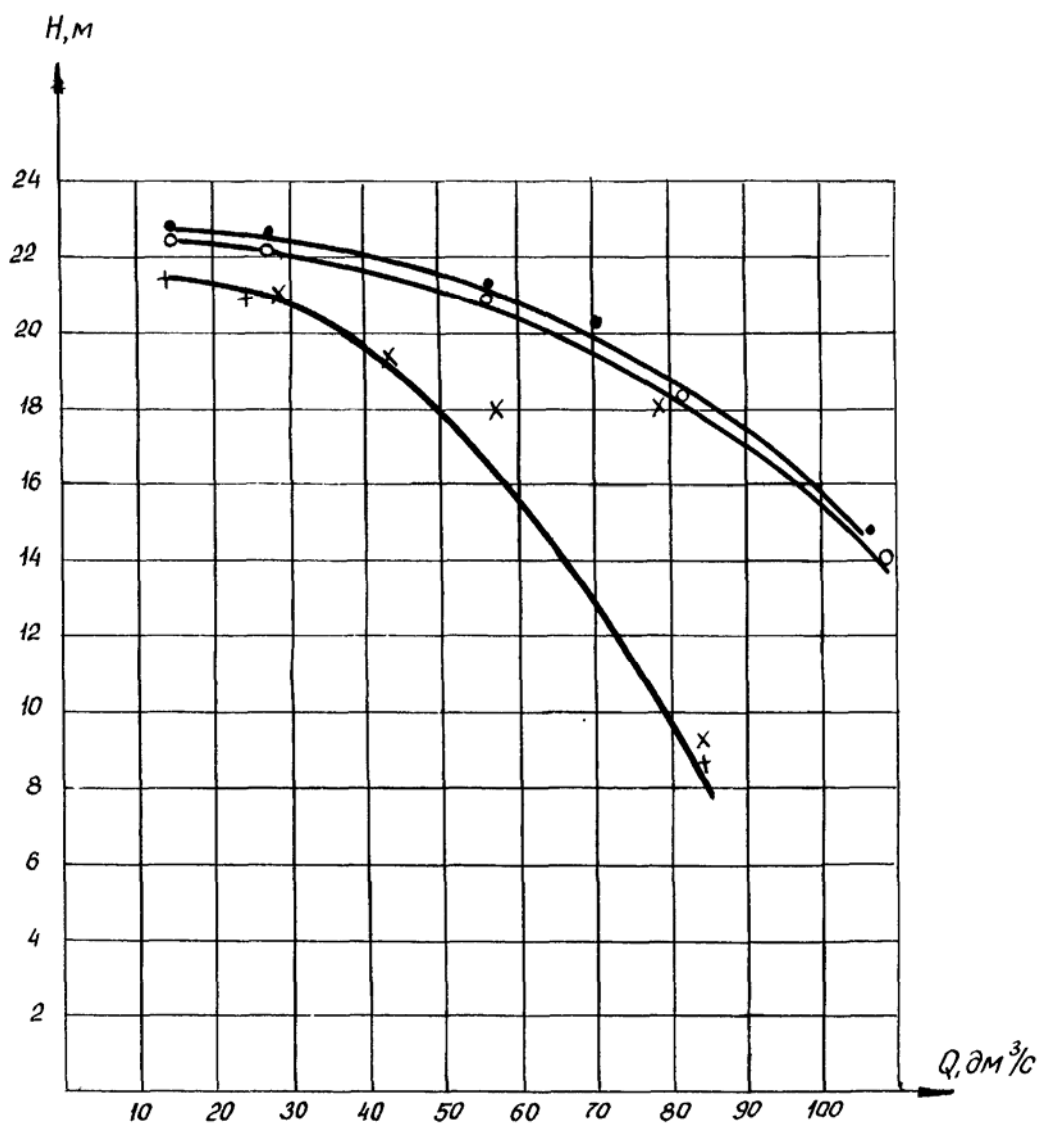


Рис.9

HM2500-230 ; $n = 1450 \text{ об/мин}$

• - вода, $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{с}$

○ - нефть $\nu = 0,48 \text{ см}^2/\text{с}$

† - нефть $\nu = 7,2 \text{ см}^2/\text{с}$

x - по пересчету для $\nu = 0,48$ и $7,2 \text{ см}^2/\text{с}$

3. К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО КОЛЕСА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

В работе [11], взяв за основу условие

$$\frac{Q}{n \cdot d_2^3} = K = \text{idem}, \quad (14)$$

где d_2 - любой линейный размер центробежного насоса (d_2 – внешний диаметр рабочего колес, b_2 – ширина рабочего колес, d_0 – внутренний диаметр рабочего колес и другие), приводятся зависимости для определения геометрических величин рабочего колеса.

$$d_2 = \frac{1}{\sqrt[3]{K}} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}. \quad (15)$$

Если $K_{d_2} = \frac{1}{\sqrt[3]{K}}$, то

$$d_2 = K_{d_2} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (16)$$

На основании статистической обработки установлены значения K для определения d_2 , b_2 и d_0 .

$$K_{d_2} = 9,35 \cdot \left(\frac{n_s}{100} \right)^{-0,5} \quad (17)$$

$$K_{b_2} = 0,75 \cdot \left(\frac{n_s}{100} \right)^{-0,5} \quad (18)$$

$$K_{d_0} = 4 \div 4,5 \text{ и } d_0 = K_{d_0} \sqrt[3]{\frac{Q}{n}} \quad (19)$$

На рис. 29 показан график зависимости коэффициента K (17) от коэффициента быстроходности одноколесных центробежных насосов типа 4К-6, НМ2500-230, 16НД10×1.

Здесь следует отметить нарушение законов подобия лопастных насосов, в частности, одно из основных условий этого подобия – условие (14). Нарушение имеет место в случае перекачки вязких жидкостей (более вязких, чем вода). Особенно это проявляется у тех насосов, у которых по мере увеличения вязкости оптимальный КПД уменьшается и смещается в сторону меньших подач. Даже у таких

насосов одной серии не могут быть кинематически и динамически одинаковых режимов.

В табл. 2 приведены результаты расчетов по формуле (17) для исследованных нами центробежных насосов на различных жидкостях. Значения n_s для этих насосов взяты из табл. 1.

Условие (14) впервые было использовано в работе [12]/ Нашими исследованиями установлено, что условие (14) применимо только при обобщении данных (Q, H, d_2) центробежных насосов, подача которых в оптимальном режиме при работе на вязких жидкостях незначительно отличается от оптимальной подачи центробежного насоса при работе на воде [4].

Табл. 2

Насос,	n , об/мин	Вязкость жидкости, ν , см ² /с	Коэффициент быстроходности, n_s		$K_{d2в}$ воды	$K_{d2\nu}$ вязкой жидкости
			для воды n_{sv}	для вязкой жидкости n_{sv}		
4К-6	740	3,69	43,0	45,0	14,4	14
	980	3,69	51,5	56,0	13,0	12,7
	1450	3,69	45,3	51,0	14,1	13,3
HM2500- 230	$n = 1450$	0,01	118	-	8,65	-
		0,103	-	108,0	-	9,0
		0,48	-	105,0	-	9,05
		1,0	-	102,0	-	9,1
		1,35	-	108,0	-	9,0
		2,5	-	102,0	-	9,1
		4,45	-	105,0	-	9,05
		6,6	-	114,0	-	8,8
		7,2	-	100,0	-	9,35
8HD6×1	$n = 2950$	0,01	52,5	-	12,9	-
		0,17	-	60,5	-	12,1
		0,81	-	56,0	-	12,5
		1,32	-	65,0	-	11,7
4HDB-7,5	$n = 1475$	0,01	63,5	-	11,7	-
		0,329	-	83	-	10,4
8MC7×10	$n = 1475$	0,01	64,5	-	11,6	-
		0,624	-	66,1	-	11,5
		1,32	-	66,1	-	11,5
		2,48	-	66,1	-	11,5
6MC6×9	$n = 1475$	0,01	56	-	12,6	-
		0,68	-	66	-	11,7

4. ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ ПЕРЕКАЧИВАЕМОЙ ЖИДКОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА n_s НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА

Обычно, при подаче центробежным насосом вязких жидкостей (более вязких, чем вода) по мере увеличения вязкости оптимальный КПД уменьшается и смещается в сторону меньших подач. В этом случае условие (14) будет нарушаться. По нашим исследованиям из испытываемых нами насосов лишь при испытании многосекционного насоса 8МС7×10 с увеличением вязкости жидкости до 1,32 см²/сек оптимальный КПД уменьшается, но почти не смещается в сторону меньших подач. Коэффициент m (табл. 1) для этого насоса отличается от единицы всего на 1%. Увеличение числа наблюдений в процессе эксперимента приводит к уменьшению вероятностных ошибок. К таким опытам можно отнести эксперименты, результаты которых приведены в работах [4, 5, 6, 7]. В этих работах исследуется влияние вязкости и коэффициента быстроходности на характеристики насосов с низким n_s и коэффициентом нормальной быстроходности. Степень влияния вязкости ν и числа оборотов n для центробежных насосов разных n_s различна. Гидравлический КПД центробежного насоса возрастает за счет увеличения n_s , а механический КПД увеличивается за счет снижения потерь на дисковое трение.

На основании данных табл. 3 построен график, приведенный на рис. 10.

Из графика рис. 10 следует, что с увеличением n_s от 40 до 120 максимальный КПД при перекачке воды и более вязкой жидкости увеличивается. У центробежных насосов для перекачки вязких жидкостей обычно угол наклона лопаток на выходе из рабочего колеса $\beta_2 = 60^\circ$ (больше чем у обычных), d_2 уменьшают для уменьшения дисковых потерь, увеличивают число оборотов рабочего колеса n и коэффициент быстроходности n_s . При этом увеличивается КПД, увеличиваются значения Q , H по сравнению с насосами с меньшим n_s .

Исследованный нами центробежный насос консольного типа 4К-6 имел: внешний диаметр рабочего колеса $d_2 = 272$ мм, внутренний диаметр рабочего колеса $d_1 = 100$ мм. Испытания проводились при $n = 740$; 980 и 1480 об/мин. Результаты испытаний и расчетов по формулам (3), (7) и (10) приводятся в табл. 4.

Табл. 3

Насос,	n об/мин	ν , см ² /с	$\eta_{\text{макс}}$	n_s
4К-6	740	0,01	0,675	43,0
	980	0,01	0,685	51,5
	1480	0,01	0,698	45,3
	740	3,69	0,431	45,0
	980	3,69	0,406	56,0
	1480	3,69	0,357	51,0
8МС7×10	1475	0,01	0,73	65,5
		2,48	0,38	66,1
HM2500-230	1450	0,01	0,82	118
		0,48	0,76	105
		1,0	0,72	102
		1,35	0,64	108
		2,5	0,59	102
		4,45	0,50	105
		6,6	0,42	114

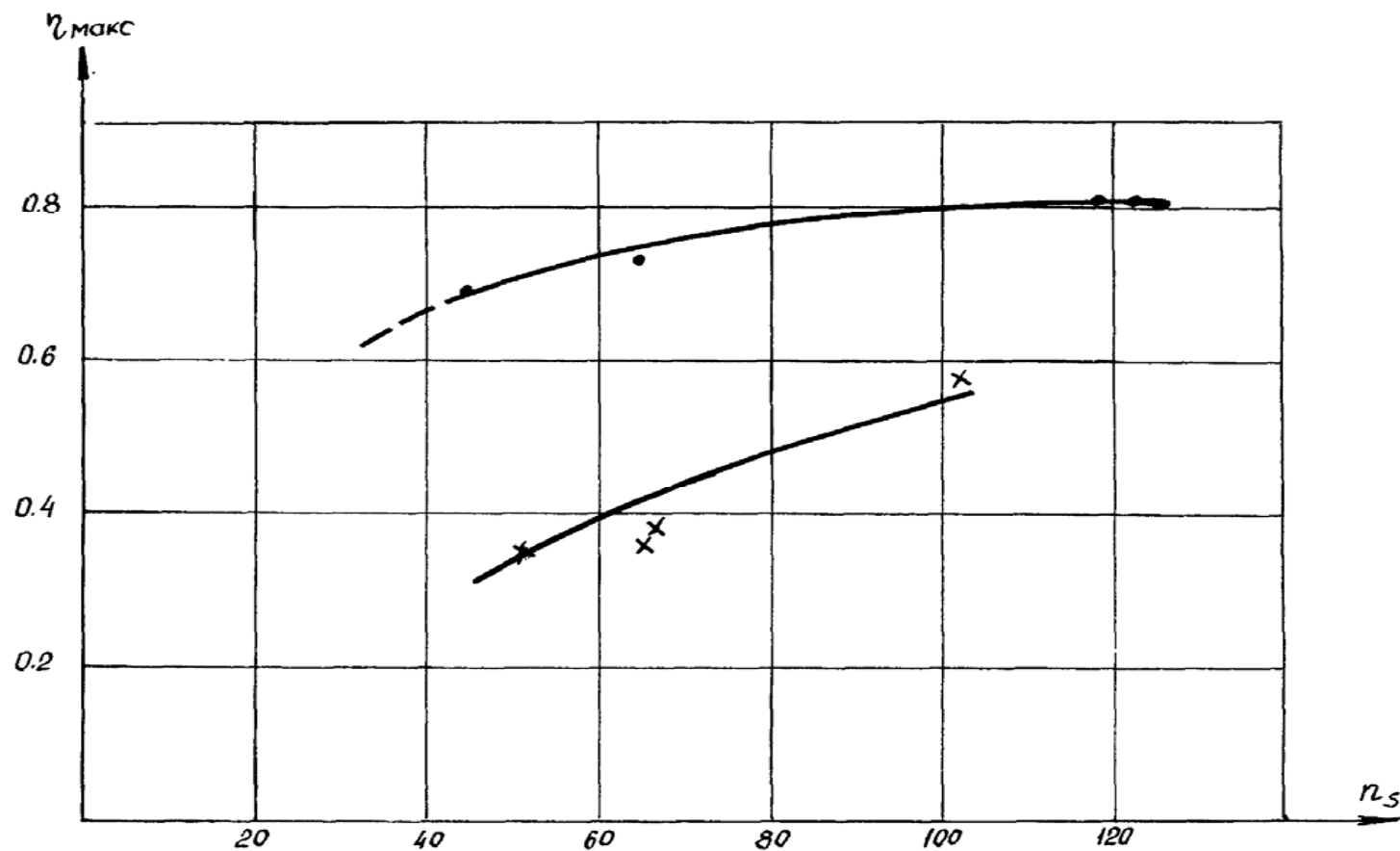


Рис. 10 Зависимость $\eta_{max}=f(n_s)$ при работе на воде
насосов 4К-6, 8МС7х10 и НМ2500-230 при
 $n = 1475-1480$ об/мин
• — вода
x — $\nu = 2,48-3,69$ см²/с

На рис. 11 приведены графики зависимости значений оптимального КПД насоса 4К-6 от числа оборотов рабочего колеса насоса и вязкости перекачиваемой жидкости. При работе на воде η_{opt} остается практически постоянным, а при перекачке вязкой жидкости с увеличением числа оборотов от 740 до 1480 в минуту КПД уменьшается. Это в основном связано с увеличением гидравлических потерь и увеличением потерь на дисковое трение.

Табл. 4

Результаты расчетов для насоса 4К-6

n , об/мин	Оптимальные значения из экспериментов						Расчеты по формулам		
	на воде			на вязкой жидкости $\nu=3,69 \text{ см}^2/\text{с}$			(3)	(7)	(10)
	Q , дм ³ /сек	H , м	η	Q , дм ³ /сек	H , м	η			
740	6,6	5,85	0,693	4,09	4,77	0,43	49,5	13,6	49
980	8,4	10,3	0,685	6,95	7,68	0,40	57	15,4	56
1450	13,2	25,8	0,698	8,06	18,37	0,357	53	14,6	52

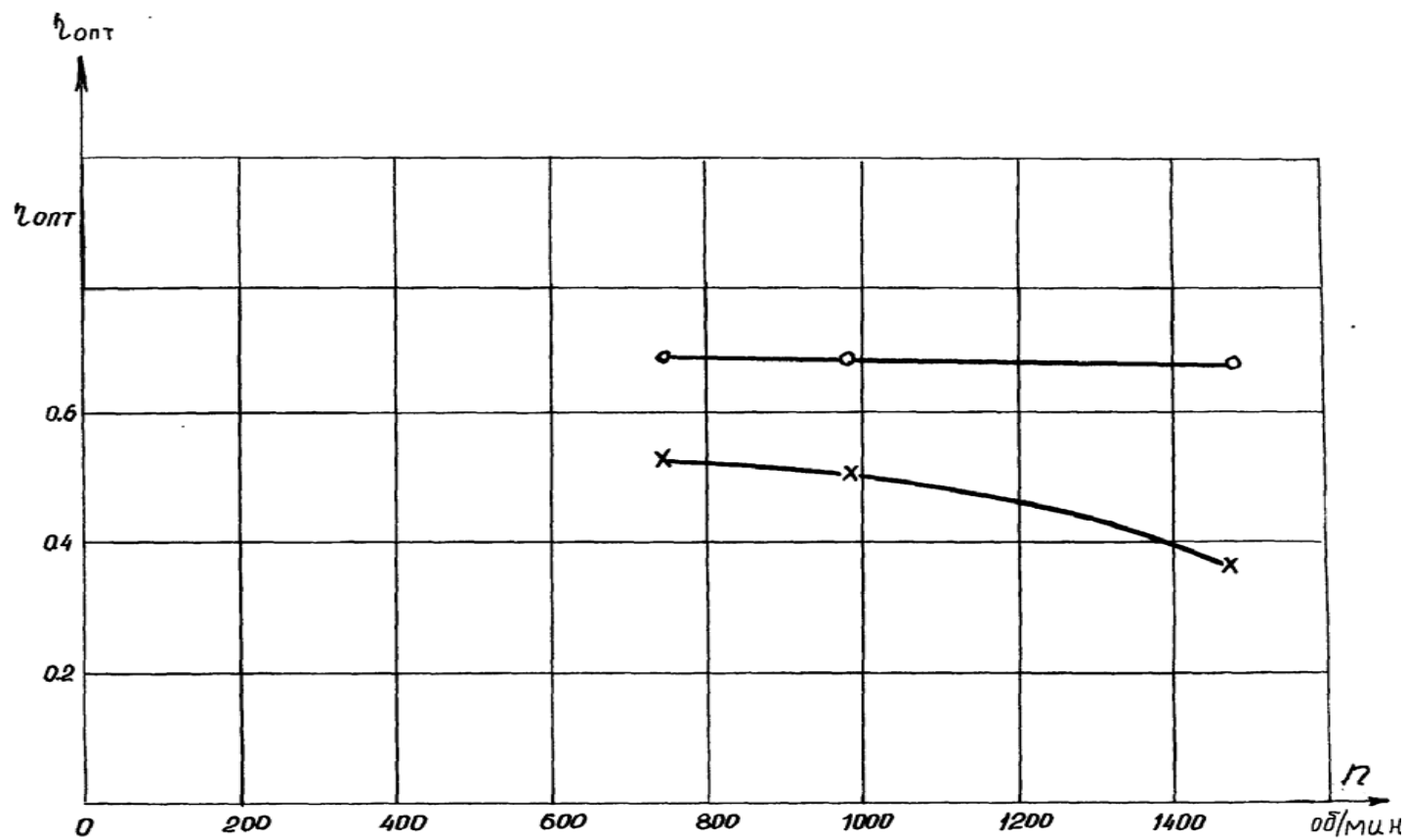


Рис. 11. Зависимость оптимального к.п.д. насоса 4К-6 от числа оборотов и вязкости перекачиваемой нефти

o - вода ; x - индустриальное масло
при $t = 20^\circ\text{C}$, $\nu = 3,69 \text{ см}^2/\text{с}$

5. НАПОР НАСОСА H_0 ПРИ НУЛЕВОЙ ПОДАЧЕ ($Q = 0$)

У различных авторов есть расхождения при оценке влияния вязкости жидкости на величину напора при нулевой подаче [13, 14, 15, 16].

В табл. 5 приводятся результаты экспериментов по определению напора H_0 при $Q = 0$ для насосов марок 6МС6×9 и 8МС7×10 [14].

У секционных насосов при $Q = 0$ из-за имеющихся в конструкции направляющих аппаратов величина $H_0 \neq const$. Этот факт отмечался ранее в работах [12, 14, 16], но в этих работах не обобщены опытные данные и нет зависимости вида

$$\frac{H_{0v}}{H_{0с}} = f\left(\frac{\nu_H}{\nu_c}\right).$$

Уменьшение напора H_0 с увеличением вязкости перекачиваемой жидкости при $Q = 0$ Р.И.Шищенко [14] объясняет тем, что вращение рабочего колеса при закрытом выкиде создает интенсивное движение в каналах колеса, в направляющем аппарате или кольцевом диффузоре, на поддержание этого движения тратится часть энергии даже при закрытой выкидной задвижке, когда имеет место только утечки через зазор.

На рис. 12 приводится график зависимости $\frac{H_{0v}}{H_{0с}} = f\left(\frac{\nu_H}{\nu_c}\right)$, составленный по итогам испытаний насосов типа МС и К.

При применении теории подобия к центробежным насосам, например, при пересчете характеристик с воды на более вязкую жидкость, вопрос изменения начального напора H_0 имеет теоретическое и практическое значение.

В работах [12, 13, 17, 18] указывается, что напор H_0 , развиваемый спиральным центробежным насосом, на режиме холостого хода, т.е. при $Q = 0$ не зависит от вязкости перекачиваемой жидкости. Ссылаясь на работу [17], в работе [18] на странице 43 отмечается, что в отличие от центробежных насосов со спиральным выводом с односторонним входом жидкости, при работе центробежного насоса со спиральным отводом с двусторонним входом жидкости на режиме $Q = 0$, напор H_0 несколько снижается с увеличением вязкости жидкости. Заключение, сделанное в работе

Табл. 5

Экспериментальные результаты по определению напора H_0 при $Q = 0$

Насос	Плотность нефти, ρ , кг/м ³	Вязкость нефти, ν , см ² /с	Напор H_0 , при $Q = 0$, м	
			вода	нефть
6МС6×9	880	0,68	420,0	404,4
8МС7×10	845	0,62	680,0	667,4
8МС7×10	905	1,32	680,0	630,3
8МС7×10	912	2,48	680,0	605,3

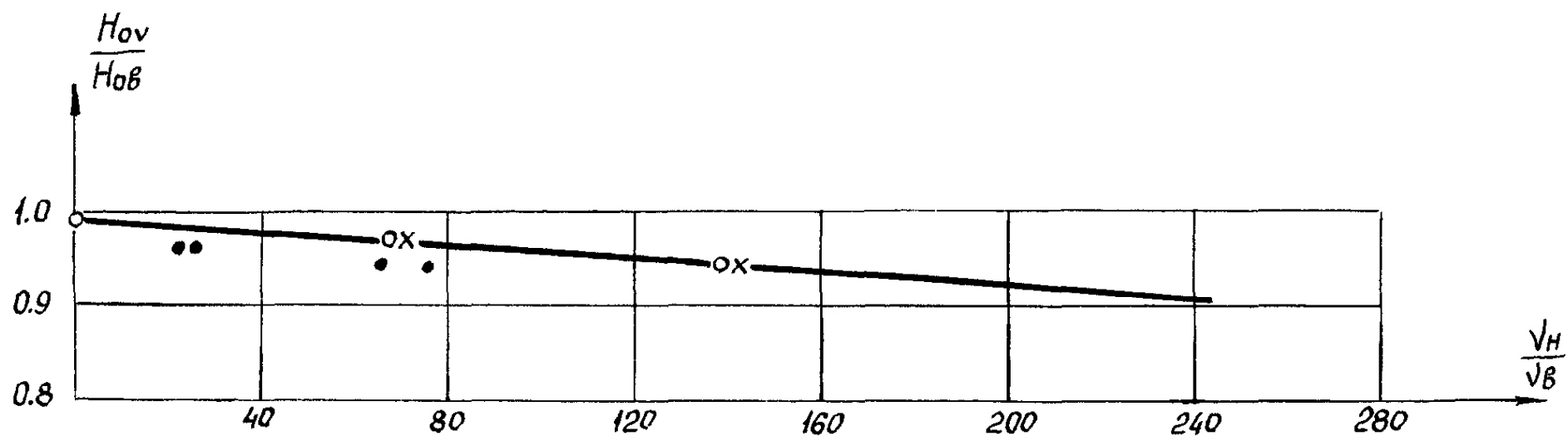


Рис. 12 График зависимости $\frac{H_{ov}}{H_{ob}} = f\left(\frac{v_H}{v_B}\right)$

o — насос 8МС-7×10; x — насос 6МС-6×9; • — насос 2К-6

[18] по опытам работы [17], подтверждается экспериментальными исследованиями, результаты которых приведены в работе [20]. Из этой работы следует, что при $Q = 0$ напор H_0 насоса 8HD6×1 (насос со спиральным отводом, с двусторонним входом жидкости), несколько уменьшается с увеличением вязкости (при $\nu = 0,17 \text{ см}^2/\text{сек}$, $H_0 = 108 \text{ м}$, а при $\nu = 1,32 \text{ см}^2/\text{сек}$, $H_0 = 100 \text{ м}$).

Это снижение напора можно объяснить тем, что у центробежных насосов со спиральным отводом и с двусторонним входом жидкости два конструктивно необходимых зазора между корпусом и ступицей входного отверстия рабочего колеса, а у центробежного насоса со спиральным отводом и односторонним входом один такой зазор. Ширина зазоров примерно одинакова, а их площадь поперечного сечения будет больше у первых насосов. Поэтому при закрытой задвижке на выкиде из насоса утечки через зазоры будут больше у центробежных насосов с двусторонним входом жидкости.

С увеличением утечек потребуется больший напор на циркуляцию жидкости внутри насоса. Что приводит к уменьшению H_0 .

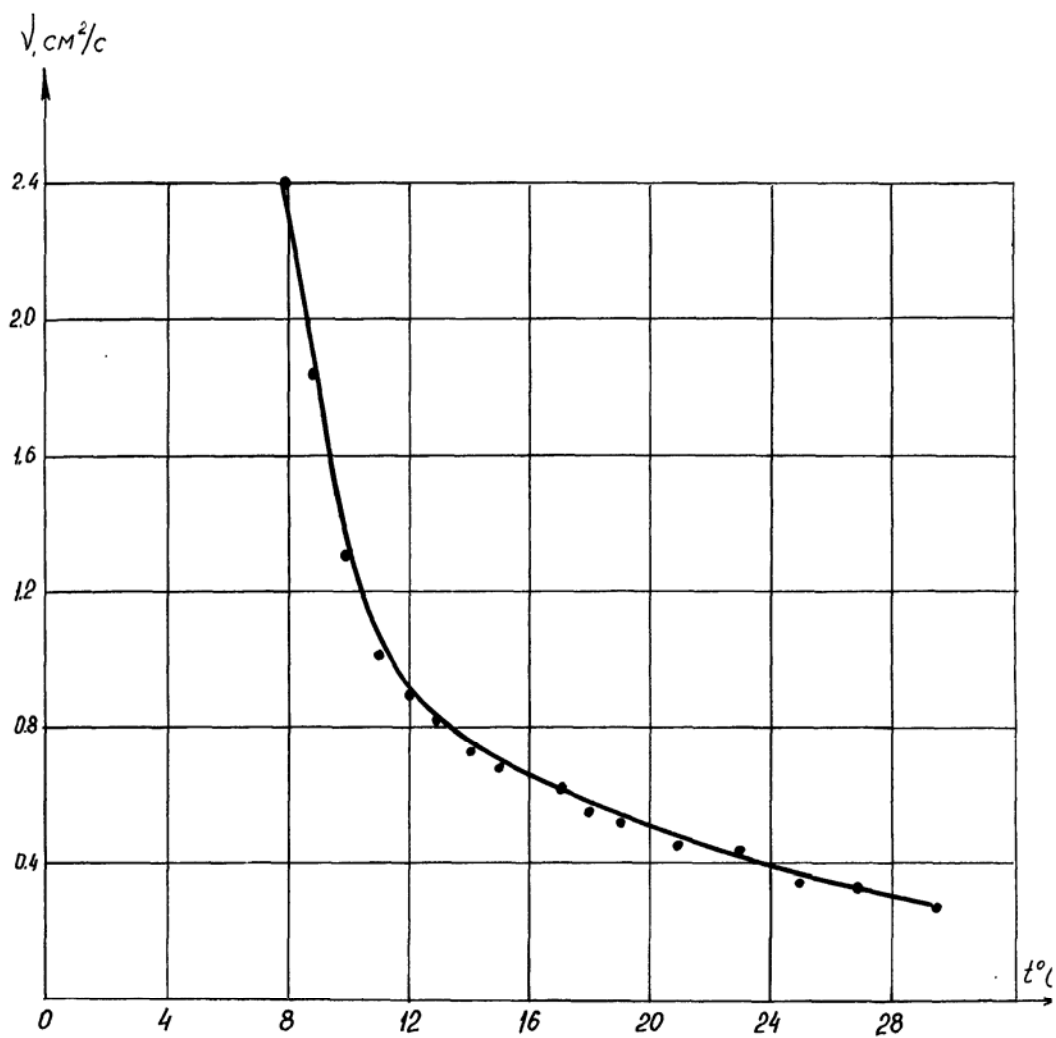


Рис. 13. Зависимость кинематической вязкости нефти пробы 1 от температуры

Парафинистая нефть
 $\rho = 926 \text{ кг/м}^3$; вода-23,7%;
 температура застывания парафина 20°C

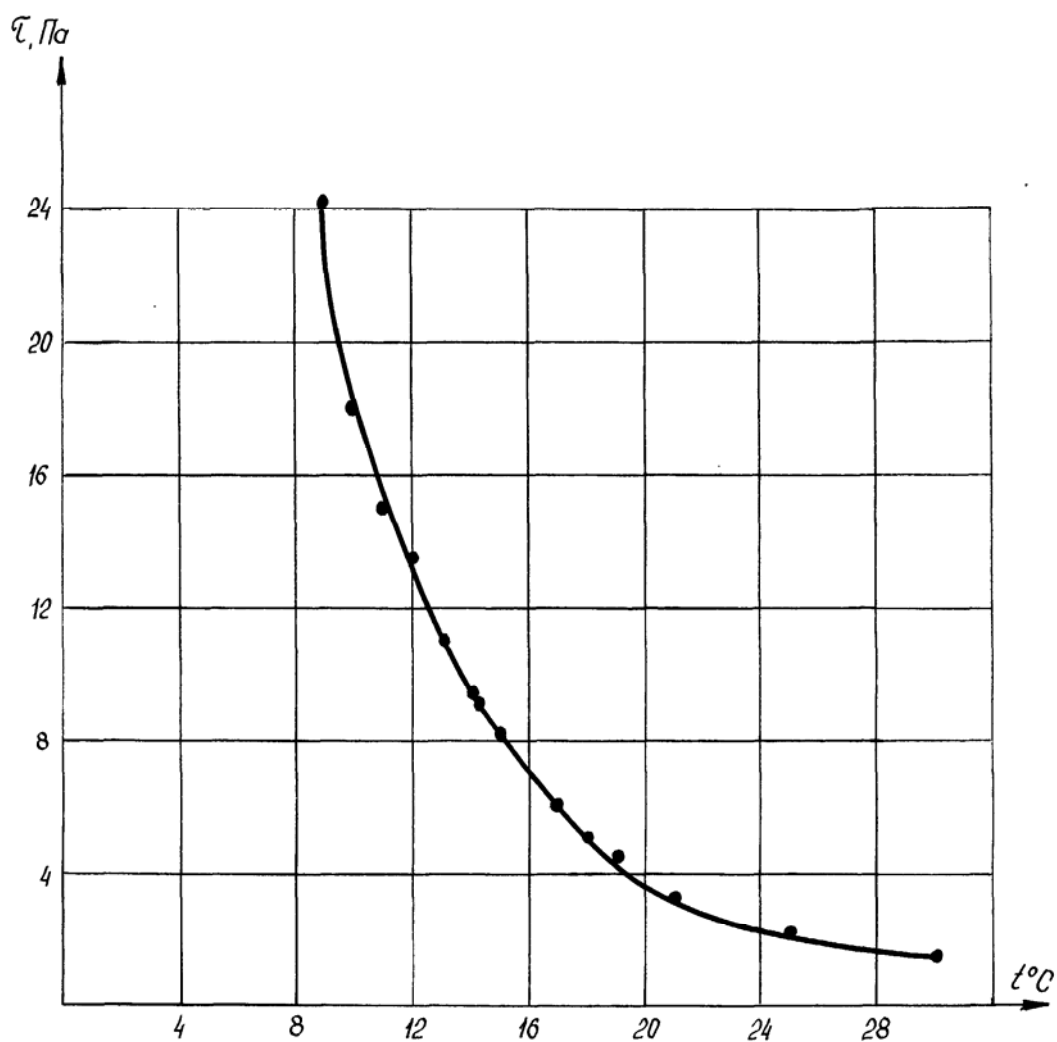


Рис. 14 Зависимость $\tau_0=f(t)$ нефти пробы 1

6. РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА КОНСОЛЬНОГО ТИПА 2К-6 ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ ПАРАФИНИСТЫХ НЕФТЕЙ

В литературе отмечается, что применение центробежных насосов с $n_s \leq 80$ для перекачки вязких жидкостей экономически не оправдано. Однако, благодаря своей компактности и малым габаритам такие насосы все же находят применение. В том числе во внутрипромысловой практике при сборе и транспорте нефти.

К системе промыслового сбора и транспорта парафинистых нефтей можно отнести опыты, изложенные в работе [22]. Некоторые результаты этих опытов заимствованы в данной работе при изложении данного главы с использованием предложенной нами методики. На основании экспериментов, результаты которых приведены в работе [22], выявлена возможность применения центробежных насосов с малой быстроходностью ($n_s \leq 60$) для перекачки парафинистых нефтей при температуре ниже температуры застывания, при условии обеспечения подвода нефти к насосу. При этом по рекомендации, приведённой в работе [23], целесообразно применять их, если оптимальный КПД при перекачке нефти, составляет не менее 50% от оптимального КПД в случае перекачки воды. В опытах работы [22] это условие соблюдается.

Парафинистые нефти относятся к неньютоновским жидкостям, которые обладают начальным напряжением сдвига τ_0 . На рис. 13, 14, 15, 16 приводятся графики зависимости кинематической вязкости и начало сдвига τ_0 от температуры для двух разных нефтей. Из графиков следует, что при температурах 8...12°C происходит резкое падение вязкости, а начало сдвига τ_0 постепенно уменьшается с 24 до 1,5 Паскаля. При этом температура увеличивалась с 10 до 30°C.

Характеристики насоса 2К-6 показаны на рис. 17, 18, 19, 20, 21, 22. Из графиков рисунков следует, что с увеличением вязкости оптимальный КПД уменьшается и смещается в сторону меньших подач. При $Q = 0$ напор H_0 меньше чем для воды.

Для центробежного насоса 2К-6 будет справедливо условие (13). Результаты расчетов по определению n_q , n_s , n'_s , m (условия 13) и H_0 приводятся в табл. 6.

Нефть пробы 1 обезвоженная, а пробы 2 с содержанием воды.

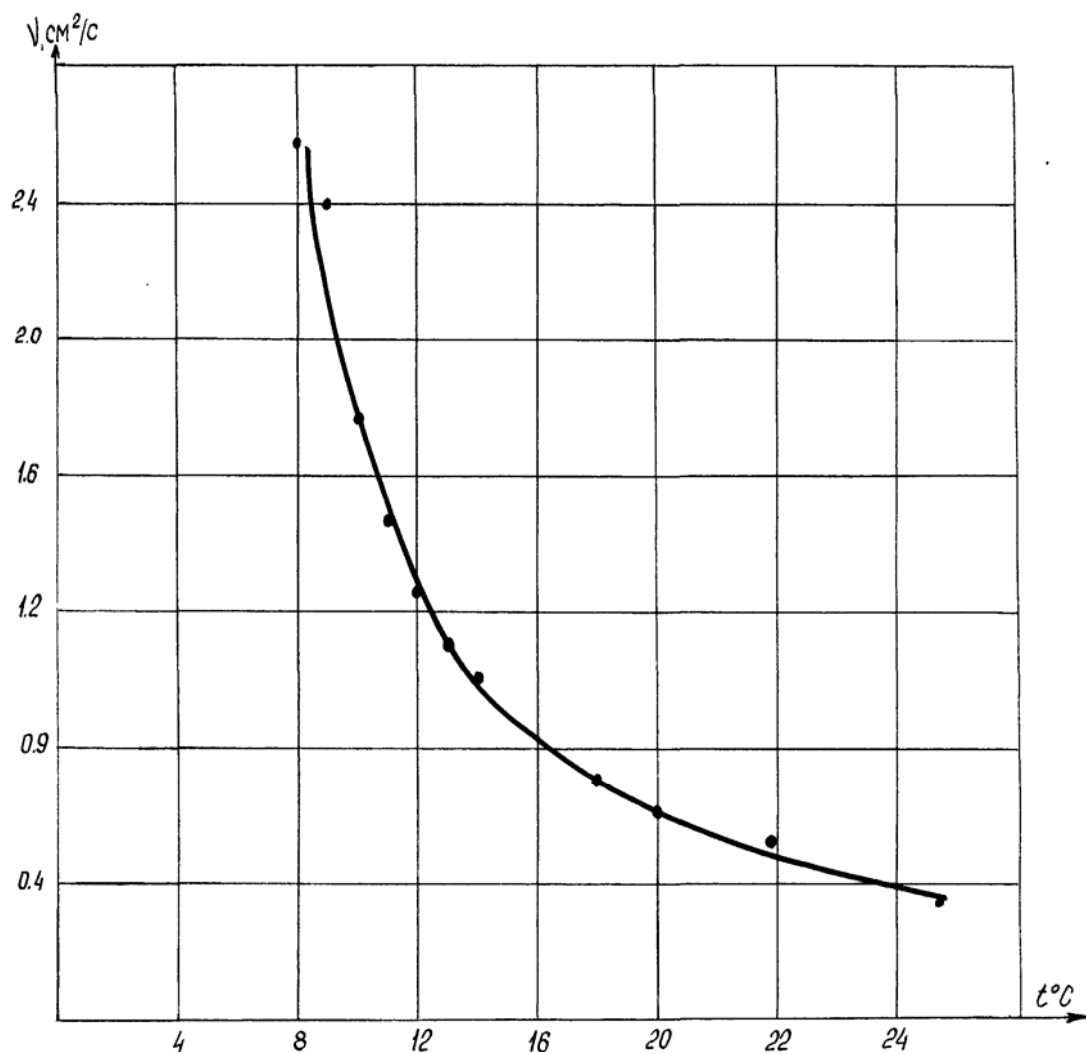


Рис.15. Зависимость $\nu=f(t)$ нефти пробы 2

Парафинистая нефть

$\rho = 901 \text{ кг/м}^3$; воды – 2 %

температура застывания парафина 23°C

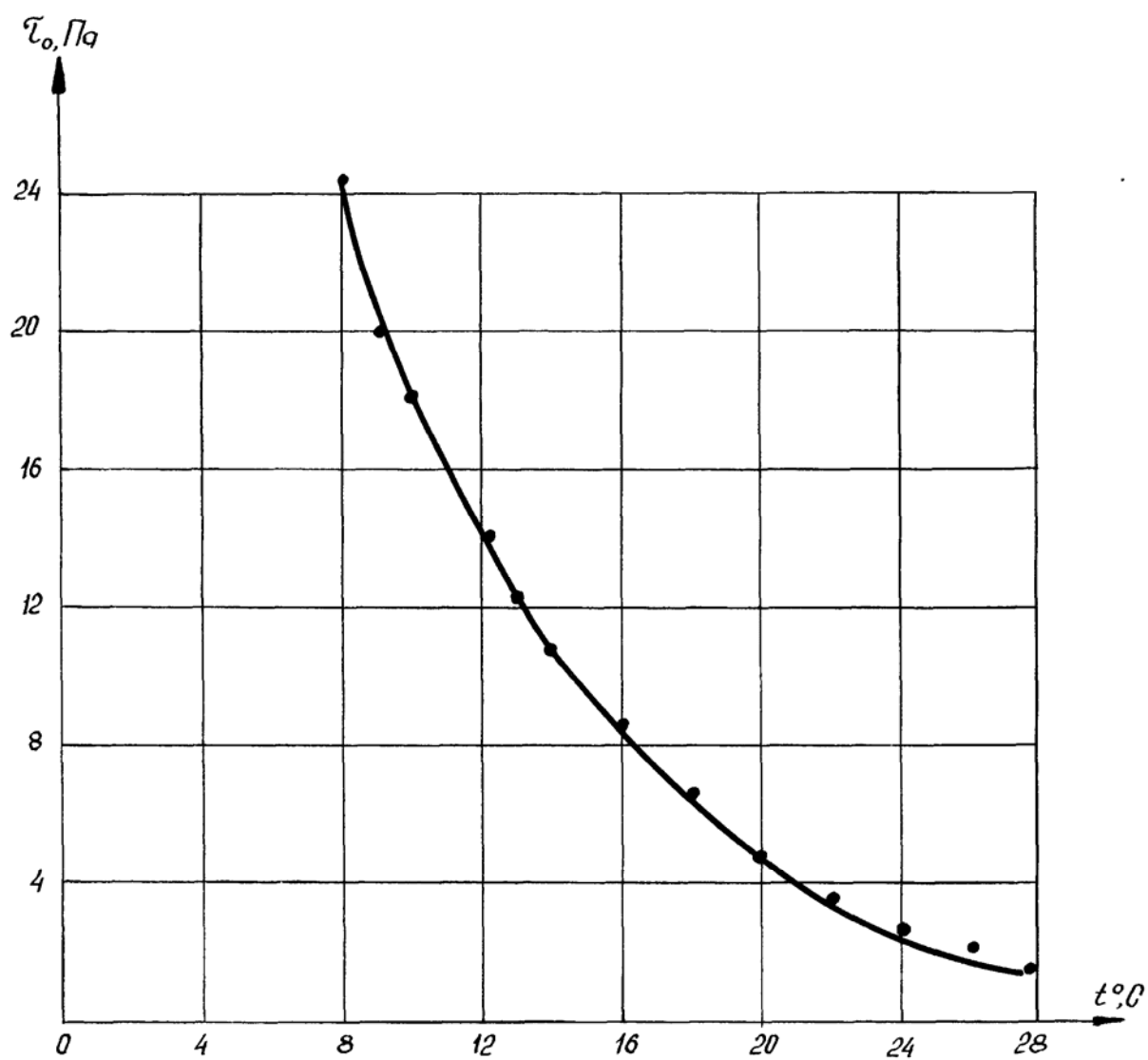


Рис.16 Зависимость $\tau_0=f(t)$ нефти пробы 2

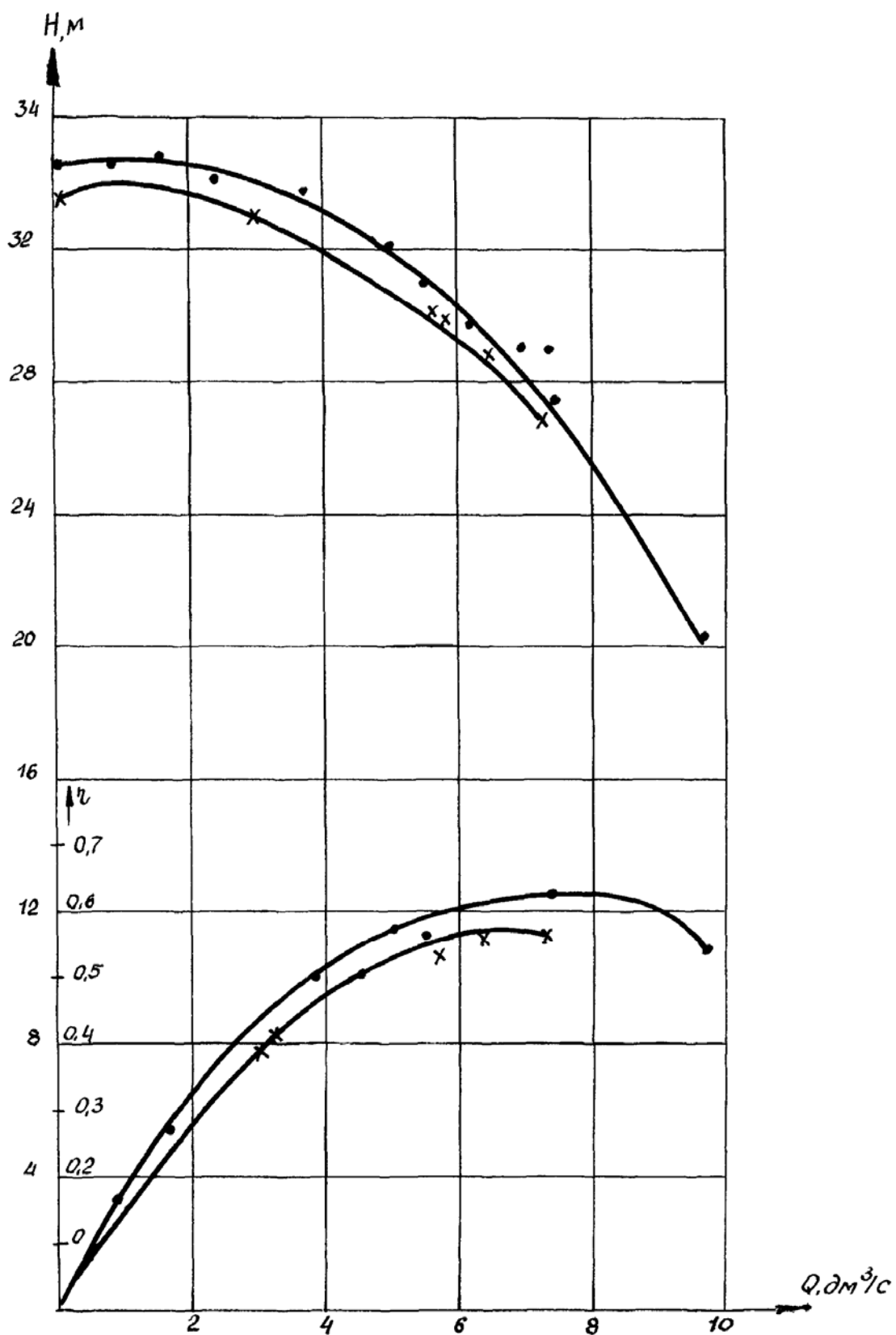


Рис. 17

Насос 2К-6

• - вода
 x - нефть пробы 1
 $\rho = 921 \text{ кг/м}^3$
 $\nu = 9,28 \text{ см}^2/\text{с}$

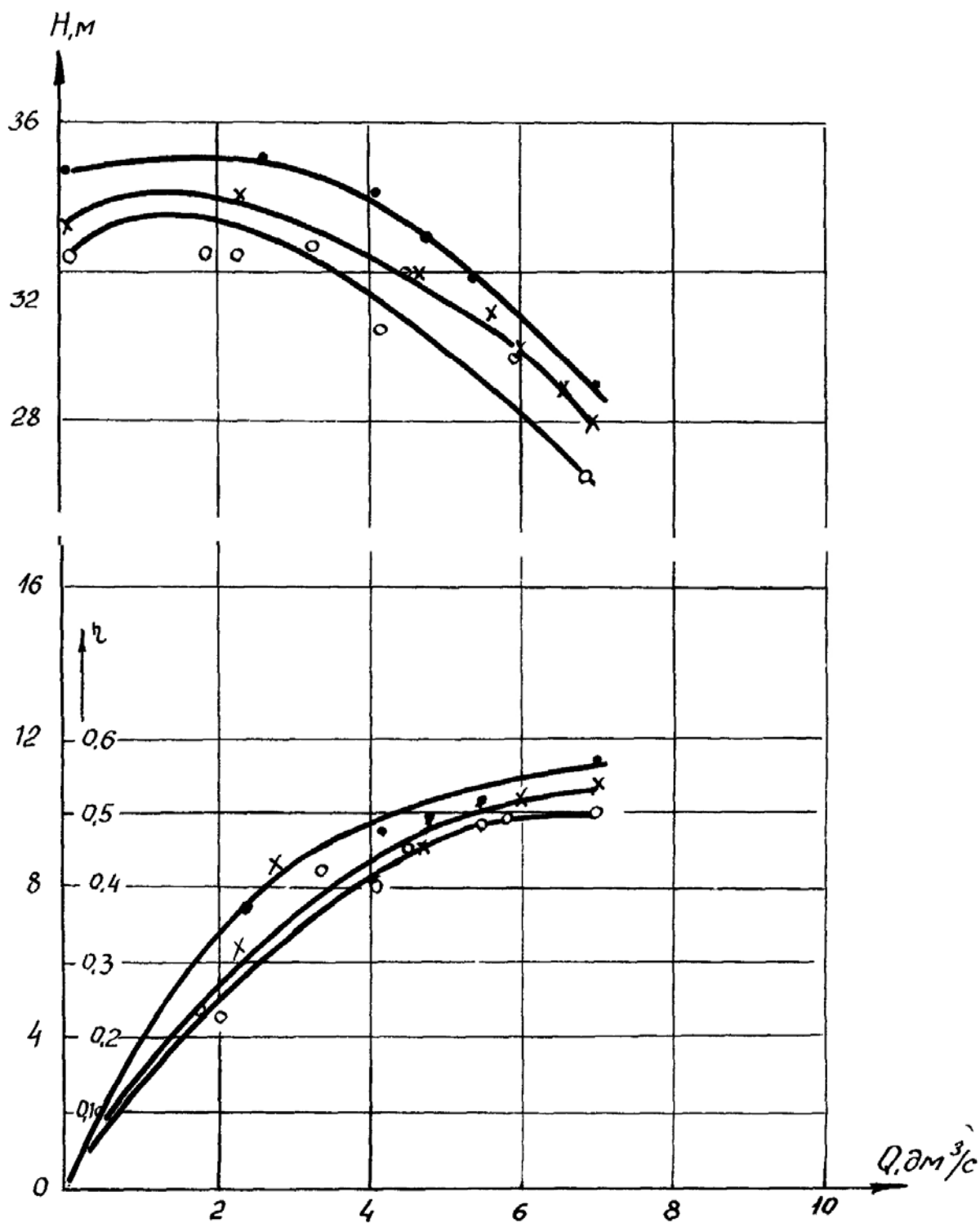


Рис. 18

Насос 2К6

- - нефть пробы 1, $\rho = 926 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0,45 \text{ см}^2/\text{с}$
- x - нефть пробы 1, $\rho = 908 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0,62 \text{ см}^2/\text{с}$
- - нефть пробы 2, $\rho = 909 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0,82 \text{ см}^2/\text{с}$

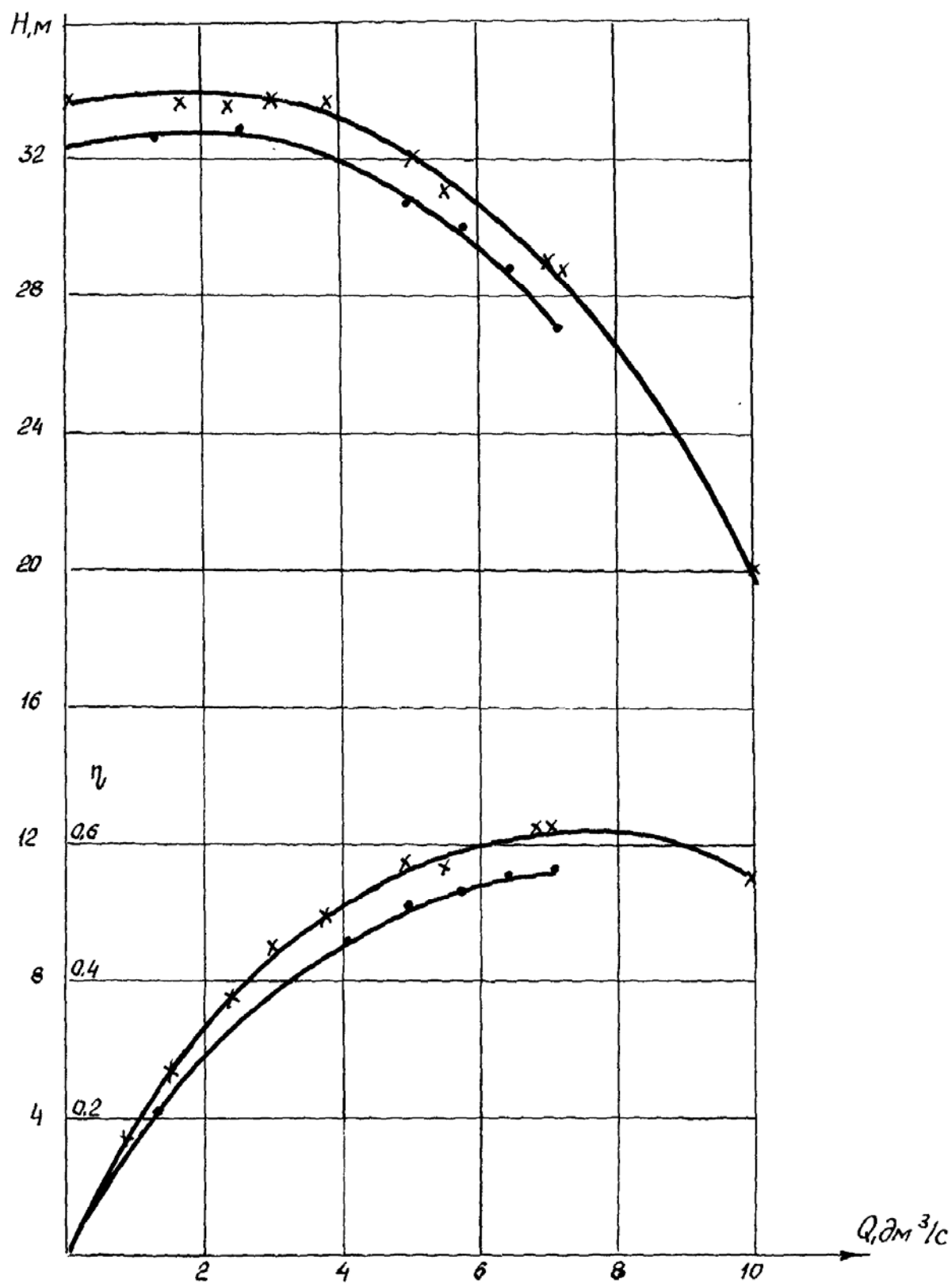


Рис. 19

Насос 2К-6

• - нефть пробы 1

$\rho = 920 \text{ кг/м}^3$

$\nu = 0,22 \text{ см}^2/\text{с}$

x - вода

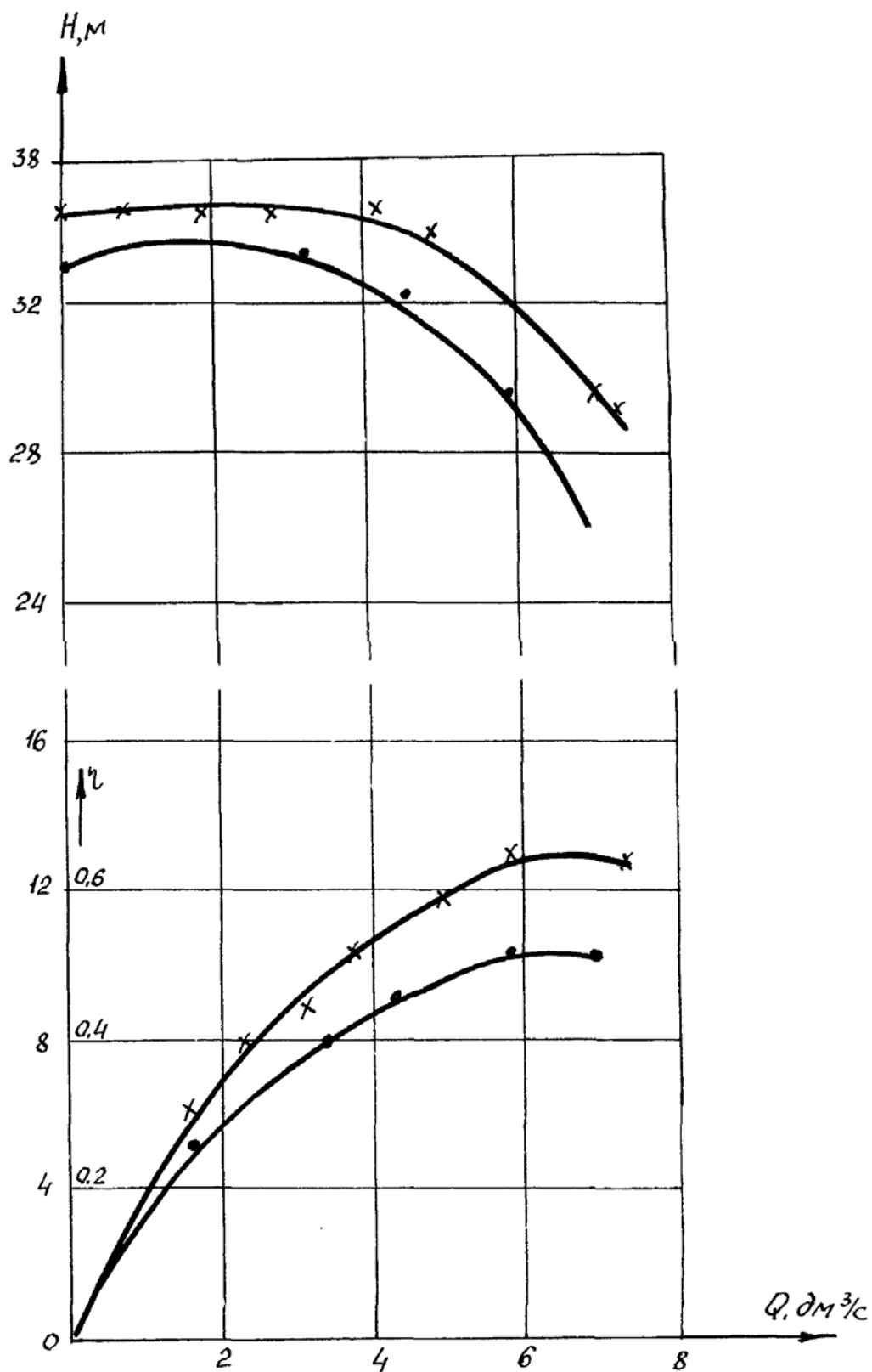


Рис.21

Насос 2К-6

- - керосин, $t = 14^\circ\text{C}$, $\rho = 876 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 1.0 \text{ см}^2/\text{с}$
- x - вода, t - ра застывания парафина 20°C

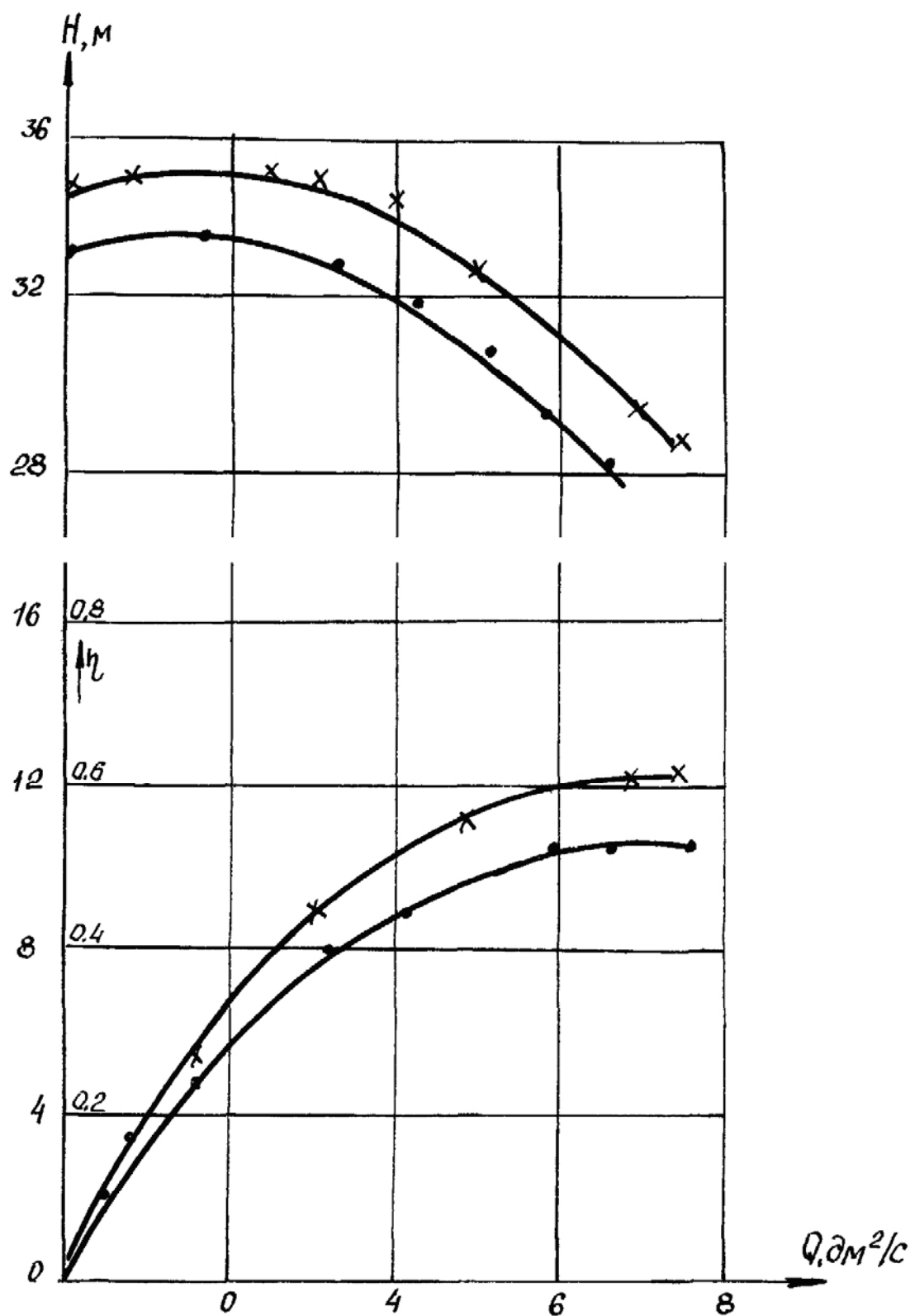


Рис. 22. Насос 2К6

x - вода

• - нефть $t=24^\circ\text{C}$

$\rho=870 \text{ кг/м}^3$

$\nu=0.36 \text{ см}^2/\text{с}$

t -ра застывания парафина 20°C

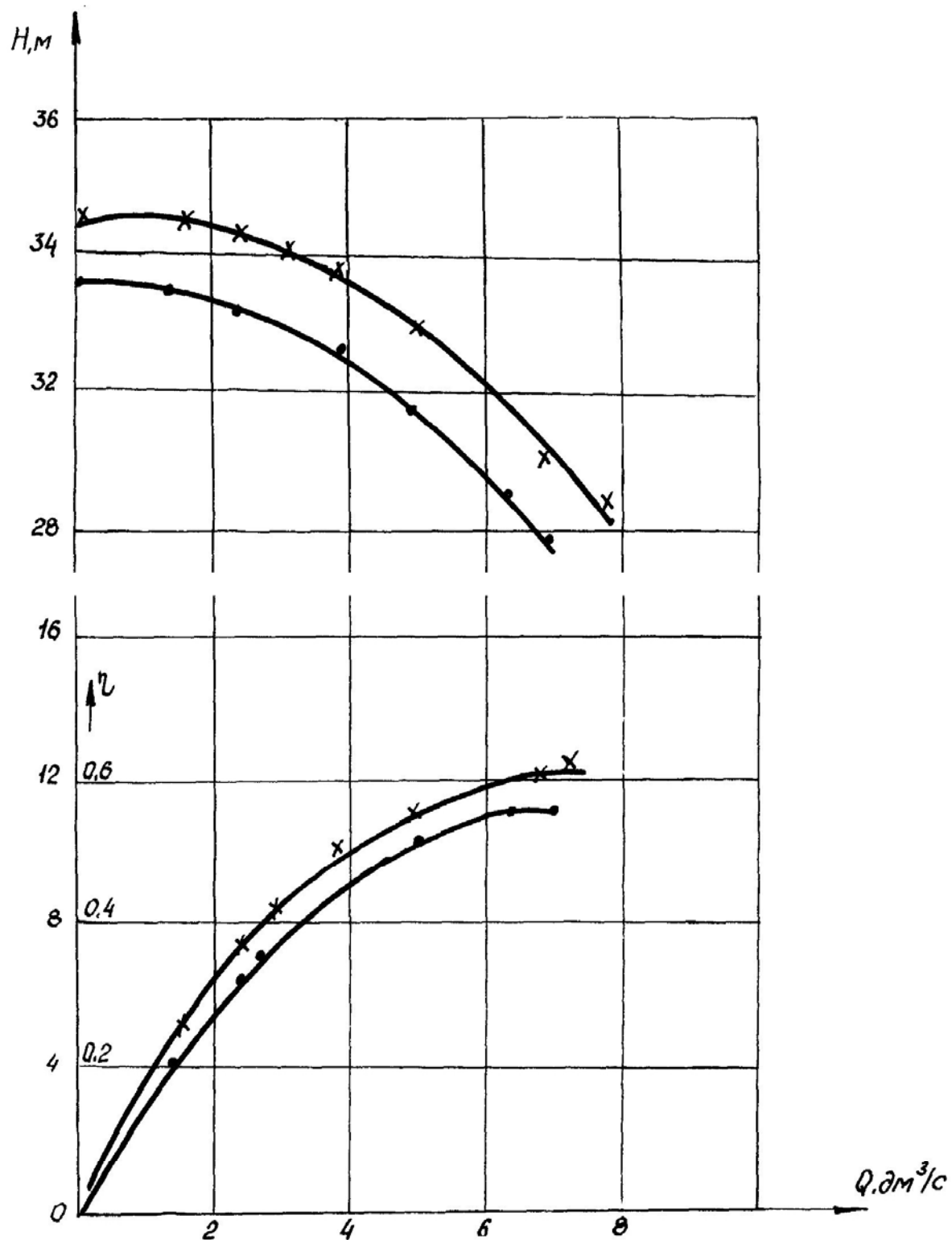


Рис. 20. Насос 2К-6

• - керосин, $t = 30^\circ\text{C}$
 $\rho = 870 \text{ кг/м}^3$
 $\nu = 0,29 \text{ см}^2/\text{с}$

x - вода
 t -ра застывания парафина 20°C

Из табл. 6 и 7 следует, что с увеличением вязкости жидкости коэффициент быстроходности уменьшается и уменьшается коэффициент m (13).

Начальный напор H_0 при перекачке вязкой жидкости по сравнению с водой несколько уменьшается. Объяснение этому было дано несколько выше.

Табл. 6

Результаты расчетов по определению n_q , n_s , n'_s , m и H_0

$t^{\circ}\text{C}$	Параметры жидкости		$Q_{онт},$ $\text{дм}^3/\text{с}$	$H_{онт}, \text{ м}$	$H_0, \text{ м}$	Разность начальных напоров $H_0^B - H_0^V$	Коэффициенты			
	$\rho, \text{ кг/м}^3$	$\nu, \text{ см}^2/\text{с}$					m	n_q	n_s	n'_s
18	1000	0,01	7,35	29	34,67	-	-	19,9	72,7	59,1
30,2	920	0,22	7,14	27,5	33,65	1,02	0,98	20,3	71,2	60,9
29	921	0,28	7,32	27,38	33,27	1,4	1,004	20,7	73,0	62,7
20	926	0,50	7,04	28,9	32,07	2,9	0,94	19,6	68,3	59
15, нефть пробы 1	908	0,63	6,62	29,3	33,97	0,7	0,89	18,7	65	55,9
15, нефть пробы 2	909	0,90	5,88	29,9	32,79	1,88	0,84	17,8	61,3	53,2
20	870	0,36	6,75	28,8	33	1,6	0,98	19,5	71,3	56,9
14	876	1,0	6,8	27,2	33	1,6	0,97	19,3	70,3	57,7
130	870	0,29	7,08	28,2	33,6	1,0	1,004	20	73	57,6

Табл. 7

Отношение начального напора для насоса 2К-6 при работе на нефти к работе на воде

$t, ^\circ\text{C}$	$\nu, \text{см}^2/\text{с}$	Отношение вязкости нефти к вязкости воды	Отношение начального напора при работе на нефти к работе на воде
30	0,22	22	0,97
29	0,23	23	0,96
16	0,73	73	0,97
14	0,78	78	0,94
20	0,36	36	0,95
14	1,0	100	0,95
30	0,29	29	0,97

7. ИСПЫТАНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА 4HDB ПРИ $n=1450$ об/мин [24].

В работе [24] приведены результаты экспериментов, которые были тщательно проведены на оптимальном стенде с выполнением всех требований при испытании центробежных насосов. Для исключения влияния температуры на свойства нефти эксперименты завершались в течение часа. При такой продолжительности опытов температура нефти повышалась не более чем на $0,5^{\circ}\text{C}$. Потери от испарения сокращались повышением герметизации приемного и мерного баков. Результаты опытов нанесены на графики (рис. 23). Из графиков рис. 23 следует, что:

1. с увеличением вязкости перекачиваемой жидкости до $0,729 \text{ см}^2/\text{сек}$ КПД уменьшается и смещается в сторону меньших подач, эти испытания подтвердили, что нарушается условие (11);

2. начальный напор H_0 при $Q = 0$ уменьшается с увеличением вязкости перекачиваемой жидкости. При $\nu = 0,01 \text{ см}^2/\text{сек}$ $H_0 = 26,75 \text{ м}$, а при $\nu = 0,729 \text{ см}^2/\text{сек}$ $H_0 = 23,48 \text{ м}$.

Для этого центробежного насоса рассчитанные значения коэффициентов n_q , n_s и n'_s с использованием данных табл. 9, приведены в табл. 10. Из табл. 10 следует, что эксперименты по испытанию насоса 4HDB на воде и двух разных по плотности и вязкости нефтях не подтвердили формулу пересчета (11) и для этого насоса следует пользоваться условием (13). Значение поправочного коэффициента m приводится в табл. 10.

Табл. 8

Результаты экспериментов для насоса 4HDB,
проведенных на воде и нефтях различной вязкости

Подача Q , дм ³ /с	Напор H , м	КПД, η	Q , дм ³ /с	H , м	η	Q , дм ³ /с	H , м	η
Вода, $\rho=1000\text{кг/м}^3$, $\nu=0,01\text{см}^2/\text{с}$			Нефть, $\rho=882\text{кг/м}^3$, $\nu=0,212\text{см}^2/\text{с}$			Нефть, $\rho=888\text{кг/м}^3$, $\nu=0,729\text{см}^2/\text{с}$		
0	26,75	0	0	23,86	0	0	23,48	0
1,01	26,70	0,05	1,86	23,86	0,06	3,68	23,61	-
8,11	26,0	0,29	6,44	24,02	0,22	8,27	23,74	0,11
15,03	26,5	0,38	11,53	24,02	0,31	13,42	23,47	0,21
22,78	24,31	0,51	15,78	23,80	0,40	16,13	23,47	0,31
26,54	23,62	0,54	18,19	23,61	0,42	19,77	22,81	0,37
30,30	22,61	0,56	28,75	21,43	0,51	26,86	20,93	0,44
32,56	21,46	0,54	32,96	19,63	0,49	29,32	20,21	0,45
34,79	20,86	0,54	36,19	17,56	0,46	33,01	18,02	0,46
36,83	19,89	0,55	36,68	16,63	0,44	35,75	15,49	0,36
37,72	19,88	0,56	37,86	16,27	0,45	38,75	13,94	0,36
39,93	18,14	0,93	38,39	15,24	0,42			
42,06	16,29	0,44	39,07	13,17	0,35			

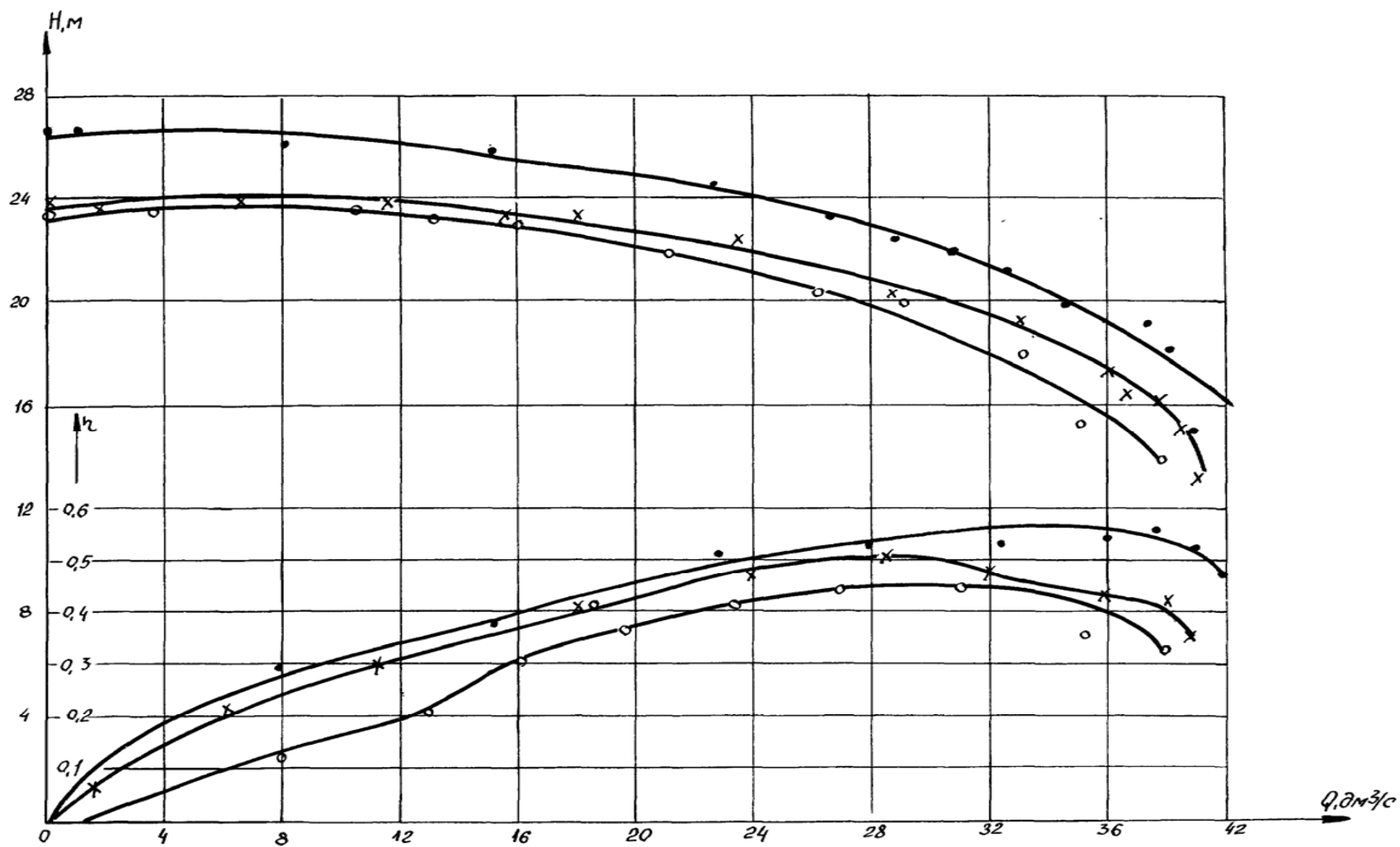


Рис. 23

Насос 4HDB; $n = 1450 \text{ об/мин}$

- - вода
- x - нефть, $\rho = 882 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0,212 \text{ см}^2/\text{с}$
- - нефть, $\rho = 888 \text{ кг/м}^3$, $\nu = 0,729 \text{ см}^2/\text{с}$

Табл. 9

Результаты расчетов для насоса 4HDB

<i>Насос</i>	<i>n</i> , об/мин	ρ , кг/м ³	ν , см ² /с	$Q_{опт}$, дм ³ /с	$H_{опт}$, м	КПД, η
4HDB	1450	1000	0,01	37,72	19,88	0,56
		882	0,212	28,75	20,43	0,51
		888	0,729	33,01	18,02	0,46

Табл. 10

Результаты расчетов для насоса 4HDB (продолжение)

Насос	<i>N</i> , об/мин	ρ , кг/м ³	ν , см ² /с	Коэффициенты			
				n_q	n_s	n'_s	m
4HDB	1450	1000	0,01	21,8	79,6	68,2	-
		882	0,212	18,1	65,1	53,2	0,82
		888	0,729	21,4	78,1	63,1	0,98

8. РАБОТА ЦЕНТРОБЕЖНОГО НАСОСА ТИПА 4НДВ ПРИ ПЕРЕКАЧКЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ

В работе [26] эксперименты по испытанию насоса 4НДВ проводились при перекачке буровых растворов (плотности от 1310 кг/м³ до 1530 кг/м³, вязкостью 4,8...7,5 сПз и $\tau_0 = 0,05...0,12$ г/см²)

Результаты испытаний в отмеченной работе представлены в виде графиков $H = f(Q)$, где H дается в метрах водяного столба.

На выкиде насоса напор обычно представляется в метрах столба перекачиваемой жидкости. Это дает возможность проще определять полезную мощность насоса и его КПД, пользуясь характеристикой $H = f(Q)$. На рис. 24 нами графики характеристик $H - Q$ представлены с напором на выкиде насоса в метрах столба перекачиваемой жидкости. Из графиков следует, что до $Q = 20$ дм³/сек значения напора H , полученные при работе на воде и отмеченных буровых растворах, практически совпадают.

При $Q > 20$ дм³/сек напор, полученный при перекачке буровых растворов, начинает уменьшаться.

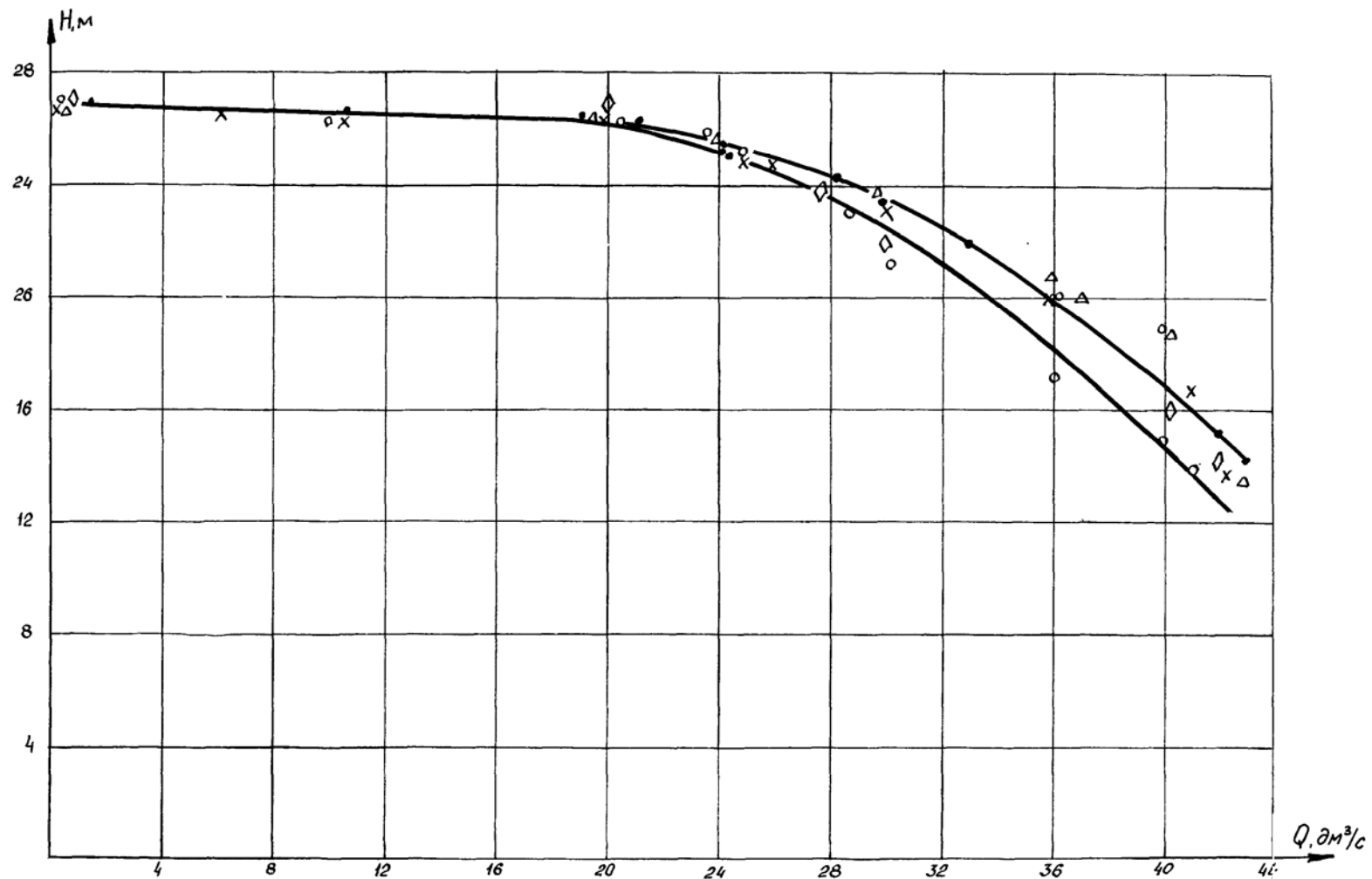


Рис 24

□ - вода; • - дурової раствор, $\rho = 1310 \text{ кг/м}^3$; $\eta = 6,5 \text{ сП}$, $\tau_0 = 0,053 \text{ з/см}^2$
 x - дурової раствор $\rho = 1370 \text{ кг/м}^3$; $\eta = 7,5 \text{ сП}$; $\tau_0 = 0,073 \text{ з/см}^2$
 Δ - дурової раствор $\rho = 1450 \text{ кг/м}^3$; $\eta = 4,8 \text{ сП}$; $\tau_0 = 0,11 \text{ з/см}^2$
 o - дурової раствор $\rho = 1530 \text{ кг/м}^3$; $\eta = 6,3 \text{ сП}$, $\tau_0 = 0,126 \text{ з/см}^2$
 x - $H_0 = 26,8$; □ - $27,11$; • - $H_0 = 27 \text{ м}$, x - $H_0 = 26,8$; Δ - $H_0 = 27 \text{ м}$ o - $H_0 = 27,2$

9. ИССЛЕДОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧКИ НЕФТИ ПО МАГИСТРАЛЬНЫМ ТРУБОПРОВОДАМ

В данном разделе использованы опыты, полученные при промышленных испытаниях центробежных насосов магистральных нефтепроводов. Эти опыты описаны в работах [27, 28, 29].

Эти опыты использованы нами для определения удельного числа оборотов, коэффициента быстроходности при перекачке воды и нефти. Ставилась задача выяснения выполнения условия (11) и (13), по методике предлагаемой нами. Это может внести определённую ясность для уточнения гидравлических показателей центробежных насосов типа НМП2500-74, НМ7000-210, 16НД10×1.

9.1. Исследование гидравлических показателей подпорного центробежного насоса НМП2500-74

Значения коэффициентов n_q , n_s и n'_s приведены в табл. 11.

Для этого насоса условие (11) не может быть применимо, а условие (13) запишется в следующем виде:

$$m \cdot \frac{\sqrt{Q_1}}{H_1^{\frac{3}{4}}} = \frac{\sqrt{\rho} \sqrt{Q_2}}{H_2^{\frac{3}{4}}}$$

где $\rho = 0,85$ (относительная плотность); Q_1 , H_1 – оптимальные значения подачи и напора при подаче воды, а Q_2 , H_2 для нефти (рис 25)..

9.2. Исследование гидравлических показателей центробежных насосов НМ7000-210 и 16НД10×1.

Насос НМ7000-210 предназначен для перекачки нефти по магистральным трубопроводам. Насос с одним рабочим колесом двустороннего входа жидкости. Наружный диаметр рабочего колеса $d_2 = 480$ мм (номинальный размер). К насосу приложены сменные роторы с $0,5Q_{ном.}$ и $0,7 Q_{ном.}$ Результаты испытаний работы [28] приведены в табл. 12.

Характеристики насоса при $d_2 = 480$ мм и $d_2 = 240$ мм приведены на рис. 26 и 27.

Данные насоса со сменными роторами приводятся в табл. 13.

Табл. 11

Значения коэффициентов n_q , n_s и n'_s для
подпорного центробежного насоса НМП2500-74

Насос, n об/мин	Жидкость		Коэффициенты			
	ρ , кг/м ³	ν , см ² /с	n_q	n_s	n'_s	m
НМП2500-74 1000	1000	0,01	23,3	85	73,2	-
	857	0,1	31	104,3	89,5	1,23

Табл. 12

Результаты испытаний работы насоса НМ7000-210

Параметры	при работе ни воде	При работе на нефти, $\rho = 800$ кг/м ³ , $\nu = 0,15$ см ² /с
Подача, дм ³ /с	1940	1940
Напор, м.ст.жидк.	208	208
n , об/мин	3000	3000
КПД	0,89	0,87

Табл.13

Результаты испытаний работы насоса НМ7000-210
со сменными роторами

Параметры	Ротор 0,5 $Q_{ном}$		Ротор 0,7 $Q_{ном}$	
	При работе на воде	При работе на нефти $\rho = 800$ кг/м ³ $\nu = 0,15$ см ² /с	При работе на воде	При работе на нефти $\rho = 800$ кг/м ³ $\nu = 0,15$ см ² /с
n , об/мин	3000	3000	3000	3000
Подача, Q , дм ³ /с	970	970	1385	1385
Напор, м. столба жидкости	215	214	205	200
КПД	0,80	0,785	0,86	0,82

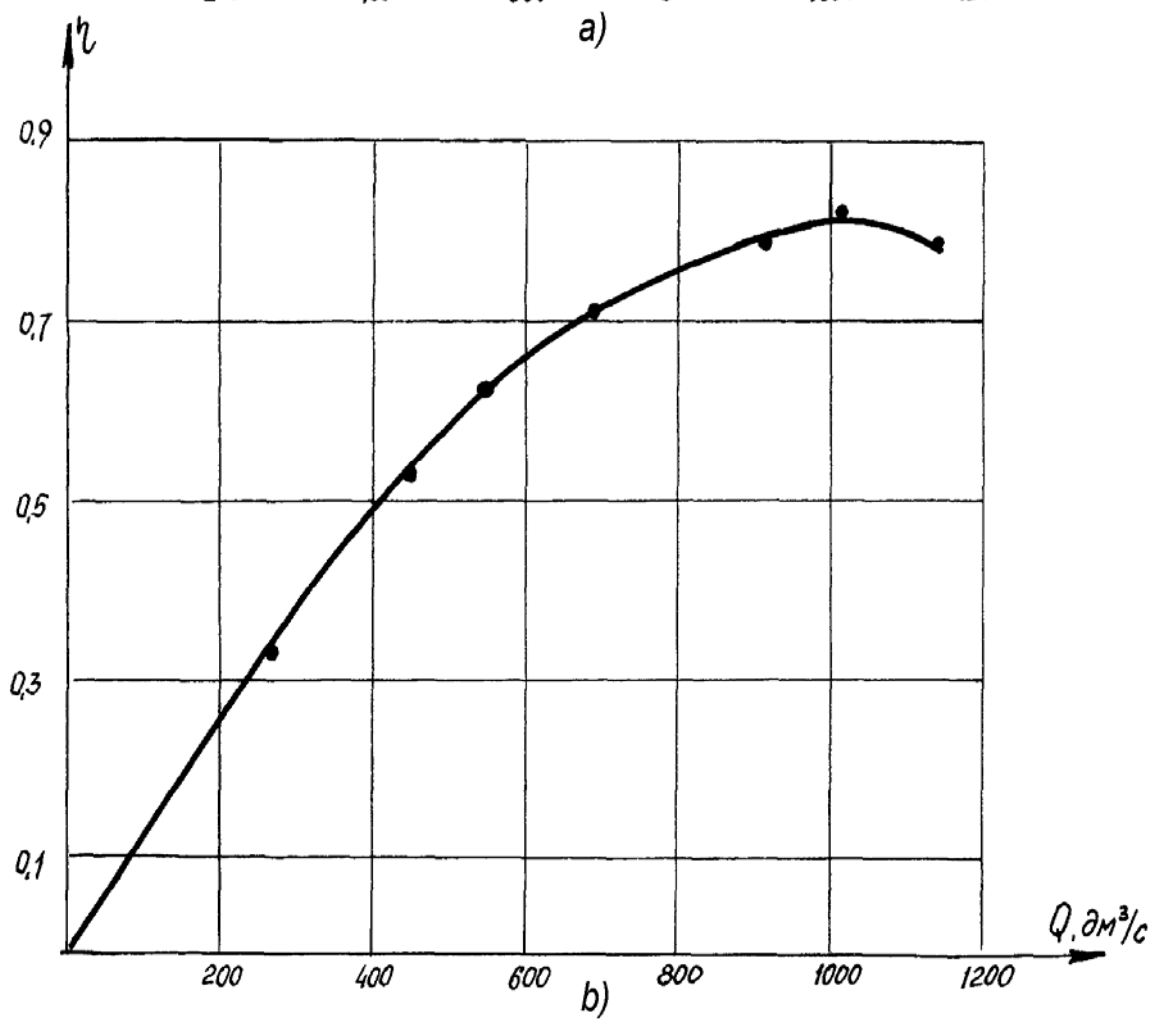
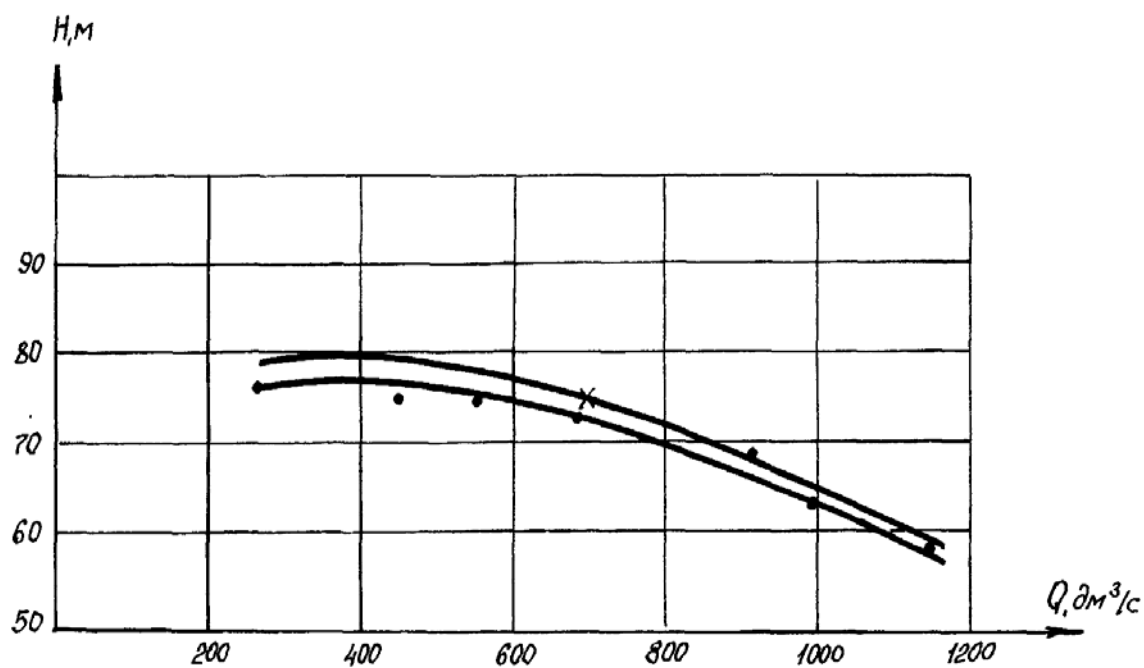


Рис.25. Насос НМП2500-74

• - $V = 0,1 cm^2/c$
 $\rho = 853 kg/m^3$
 x - вода

Характеристики модельного центробежного насоса 16HD10×1 при работе на воде и двух различных по вязкости нефтях показаны на рис. 28. Насос с двусторонним входом жидкости в рабочее колесо, $d_2 = 300\text{мм}$.

Анализ взаимного расположения кривых $H - Q$ и $\eta - Q$ показывает, что при увеличении вязкости перекачиваемой жидкости напорные характеристики $H - Q$ опускаются, с смещением оптимального КПД в сторону меньших подач. Для модельного насоса 16HD10×1 выполнимо условие (13).

Из табл. 14 следует, что центробежный насос НМ7000-210 при перекачки нефти плотностью до 860 кг/м^3 и кинематической вязкостью до $0,15\text{см}^2/\text{сек}$ в его гидравлических расчетов правомочно условие (11), а для модельного центробежного насоса 16HD10×1 следует пользоваться условием (13). При этом, как показали расчеты, для нефти вязкостью до $2,5\text{ см}^2/\text{сек}$ коэффициент $m = 0,96$. Для центробежного насоса НМ7000-230 на рис. 30 показан график зависимости коэффициента быстроходности n_s от подачи при уменьшении наружного диаметра рабочего колеса d_2 . Как видно из рис. 30 с увеличением подрезки (уменьшением диаметра d_2) номинальная подача ($Q_{\text{ном}}$) уменьшается, соответственно уменьшается коэффициент быстроходности n_s .

Коэффициент m из условия (13) практически остается постоянным при перекачки нефти вязкостью до $2,5\text{ см}^2/\text{сек}$.

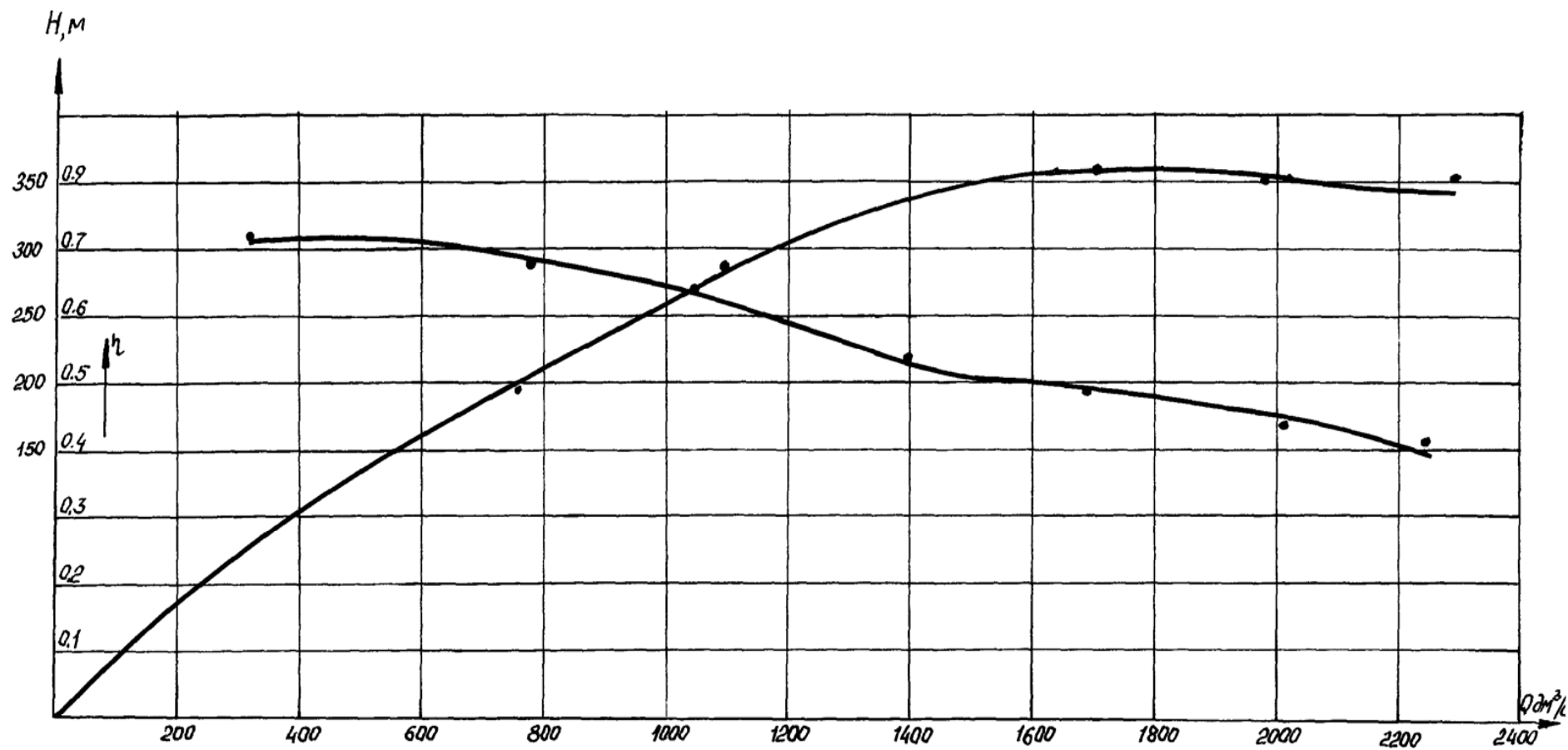


Рис. 26. Насос HM7000-210

• - нефть, $\rho = 860 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, $\nu = 0,15 \text{ см}^2/\text{с}$

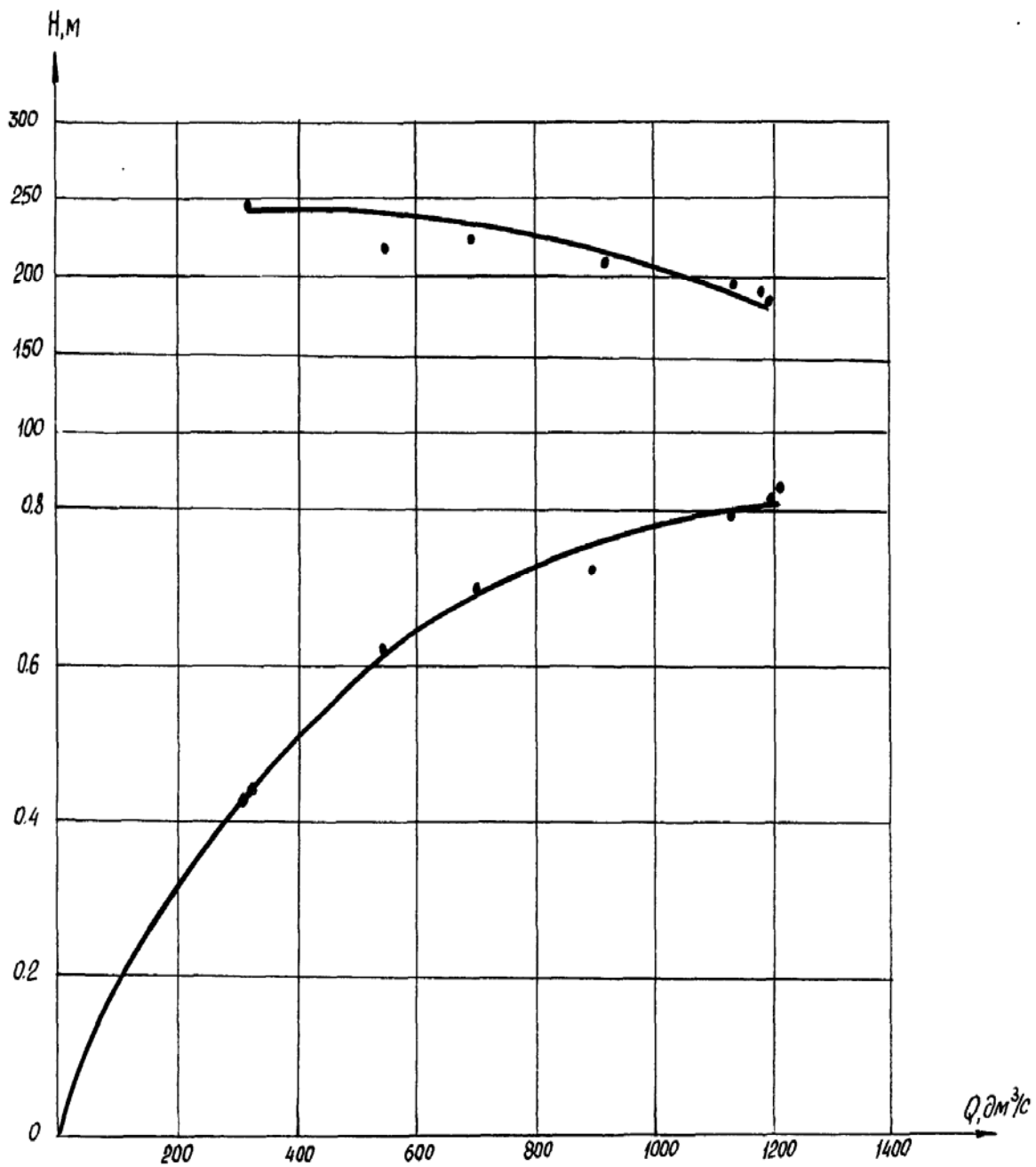


Рис. 27

НМ 1000-210

с ротором 0,5 · Qноль

• — нефть $\rho = 860 \text{ кг/м}^3, \nu = 0,5 \text{ см}^2/\text{с}$

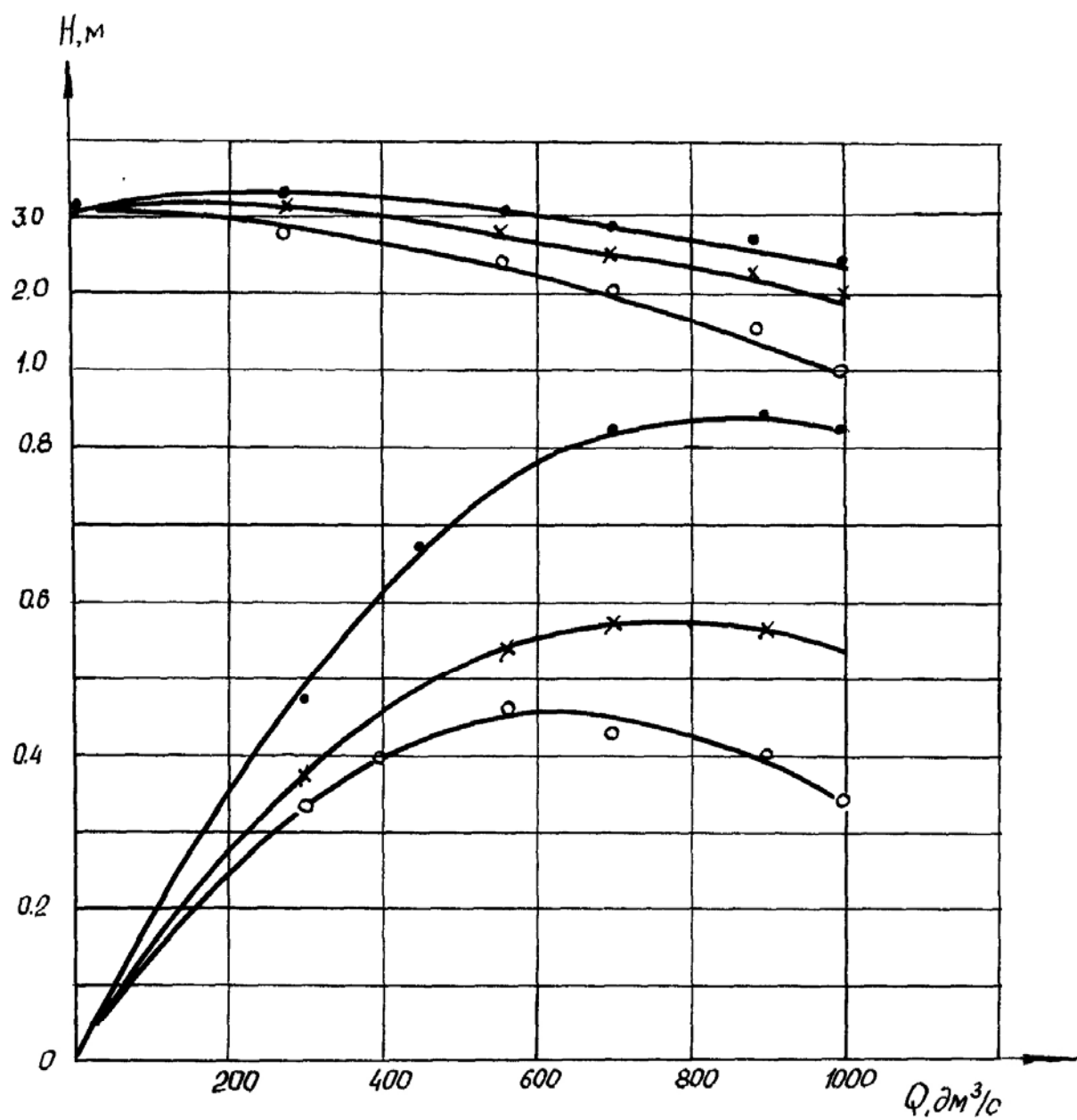


Рис. 28. Модельный насос 16HD10X1

• - вода
 x - нефть
 $\rho = 858 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $\nu = 1.0 \text{ см}^2/\text{с}$

o - нефть
 $\rho = 860 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$
 $\nu = 2.5 \text{ см}^2/\text{с}$

$d_2 = 300 \text{ мм}$

$N = 1450 \text{ об/мин}$

Определение коэффициентов n_q , n_s и n'_s центробежных насосов
HM7000-210 и 16HD10×1.

Насос	Параметры	$Q/Q_{ном}$	При работе на воде	При работе на нефти $\rho=860$ кг/м ³ , $\nu=0,5$ см ² /с	Коэффициенты						m
					n_q		n_s		n'_s		
					При работе		При работе		При работе		
					на воде	на нефти	на воде	на нефти	на воде	на нефти	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
НМ7000-210	Q , дм ³ /с	1	1940	1940	95,9	95,9	350	350	298	298	1
	H , м	1	208	208							
	n , об/мин	1	3000	3000							
	КПД	1	0,89	0,87							
	Q , дм ³ /с	0,5	970	970	37	37	135	135	116	116	1
	H , м	0,5	215	214							
	n , об/мин	0,5	3000	3000							
	КПД	0,8	0,8	0,785							

Продолжение табл. 14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
НМ7000-210	Q , дм ³ /с	0,7	1385	1385	46	46,8	167,9	158,5	144	135	0,94
	H , м	0,7	205	200							
	n , об/мин	0,7	3000	3000							
	η	0,7	0,86	0,82							
16HD10x1	Q , дм ³ /с	1	900	800 $\rho = 858$ $\nu = 1,0$ см ² /с	81,7	89	298	285	255	244	0,95
	H , м	1	27	630							
	n , об/мин	3000	3000	3000							
	η	1	0,86	0,50							
16HD10x1	Q , дм ³ /с	1	900	650 $\rho = 860$ кг/м $\nu = 2,5$ см ² /с	81,7	84,2	298,1	285	255,7	245	0,95
	H , м	1	27	21							
	n , об/мин	1	3000	3000							
	η	1	0,86	0,45							

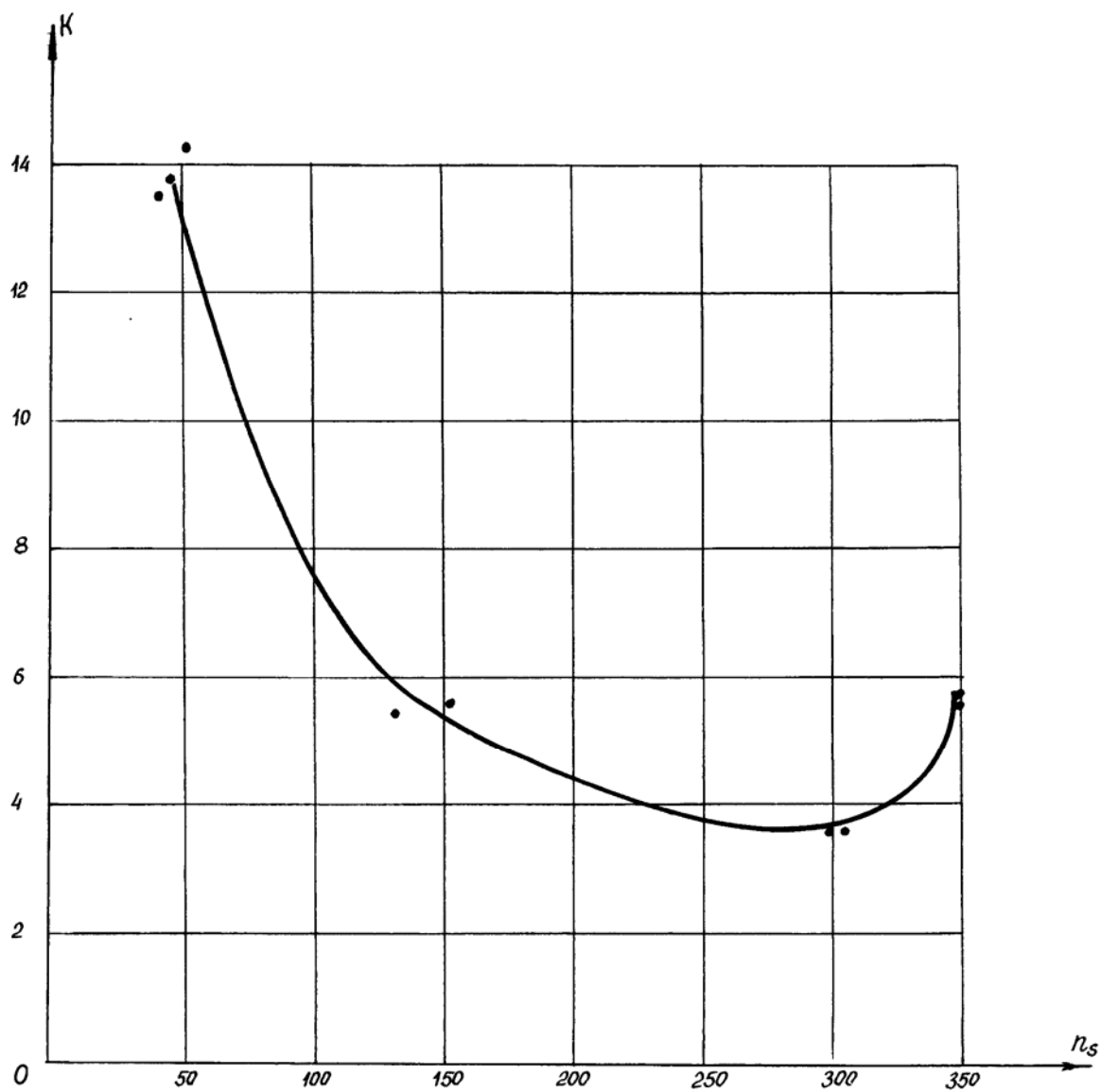


Рис. 29. Зависимость коэффициента K формулы (17) от коэффициента
быстроходности n_s для одноколесных центробежных насосов
4К-6; НМ2500-230; 16 НД-10×1

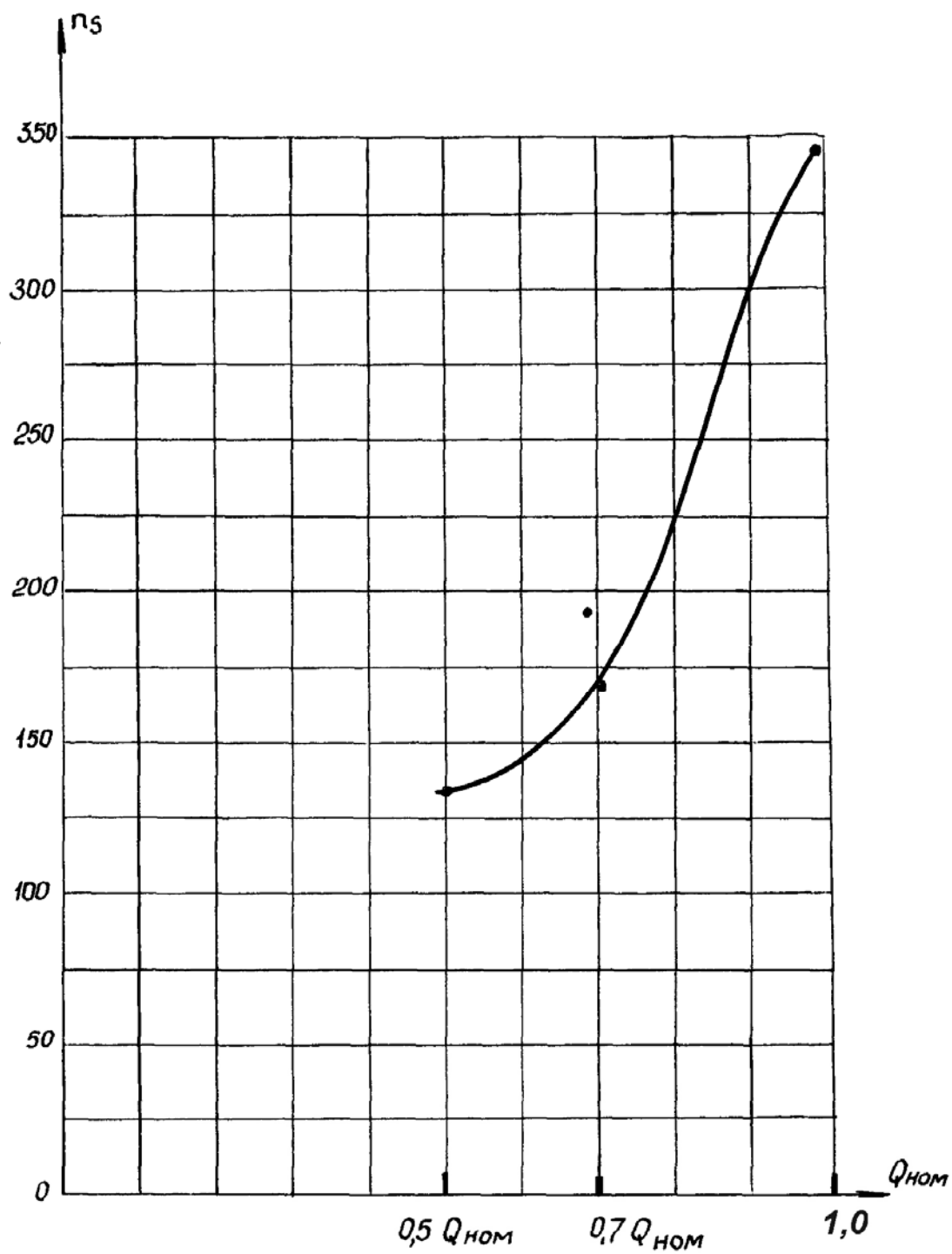


Рис.30. Зависимость η_s от подачи при
подрезке рабочего колеса
Насос НМ 7000х210

ПРИЛОЖЕНИЯ

Список приложений:

Приложение П.1

1. Пересчет характеристик насосов при их работе на вязкой жидкости (по М.Д.Айзенштейну)
2. Некоторые выводы по вопросу перекачки вязких жидкостей (по М.Д. Айзенштейну)

Приложение П.2

Таблица заменяемости насосов

Приложение П. 3

Центробежные насосы типа К

Приложение П.4

Насосы типов Х

Приложение П.5

Насосы типов АХ

Приложение П.6

Центробежные моноблочные электронасосы типа КМ

Приложение П. 7

Насосы типа Д

Приложение П.8

Многоступенчатые насосы типов ЦН, ЦНС, ЦНСс

Приложение П.9

Многоступенчатые насосы типа ЦНС (Г;К)

Приложение П.10

Многоступенчатые насосы типа ЦНС (Н,М)

Приложение П.11

Насосы магистральных нефтепродуктопроводов

Приложение П.12

Насосы магистральные нефтяные подпорные

ПРИЛОЖЕНИЕ П.1

1. ПЕРЕСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК НАСОСОВ ПРИ ИХ РАБОТЕ НА ВЯЗКОЙ ЖИДКОСТИ (по М.Д. Айзенштейну [23])

При перекачке центробежным насосом жидкости, имеющей вязкость, большую вязкости воды, характеристики насоса существенно изменяются в зависимости от величины вязкости перекачиваемой жидкости. С увеличением вязкости напор и производительность в точке оптимального КПД уменьшаются в основном из-за увеличения потерь на трение в проточной части насоса, а мощность возрастает из-за увеличения дисковых потерь трения.

При анализе работы центробежных насосов, перекачивающих вязкие жидкости, изменение характеристик при увеличении вязкости ориентировочно определяется при помощи поправочных коэффициентов для характеристик насоса, полученных на воде.

Данные испытаний центробежных насосов различных n_s в пределах от 50 до 130 на воде и вязких жидкостях представлены (рис. П.1-1) в виде кривых поправочных коэффициентов K_O , K_H и K_η , построенных как функции от числа Рейнольдса. Число Рейнольдса может быть выражено уравнением

$$Re = \frac{Dc}{\nu}$$

где D – линейный размер, м; c — скорость, м/сек; ν — кинематическая вязкость, м²/сек.

Так как скорость c пропорциональна отношению $\frac{Q}{D_{э\kappa\beta}^2}$, то число Re может быть выражено через производительность и эквивалентный диаметр рабочего колеса $D_{э\kappa\beta}$.

$$Re = \frac{Q_{норм}}{D_{э\kappa\beta} \nu} \quad (\text{П.1.1})$$

где $Q_{норм}$ – производительность насоса в точке оптимального КПД, м³/сек.

$D_{э\kappa\beta}$ может быть определен из уравнения

$$\frac{\pi D_{э\kappa\beta}^2}{4} = \pi D_2 b_2 k \quad (\text{П.1.2})$$

где D_2 – внешний диаметр колеса, м; b_2 – ширина канала на выходе,

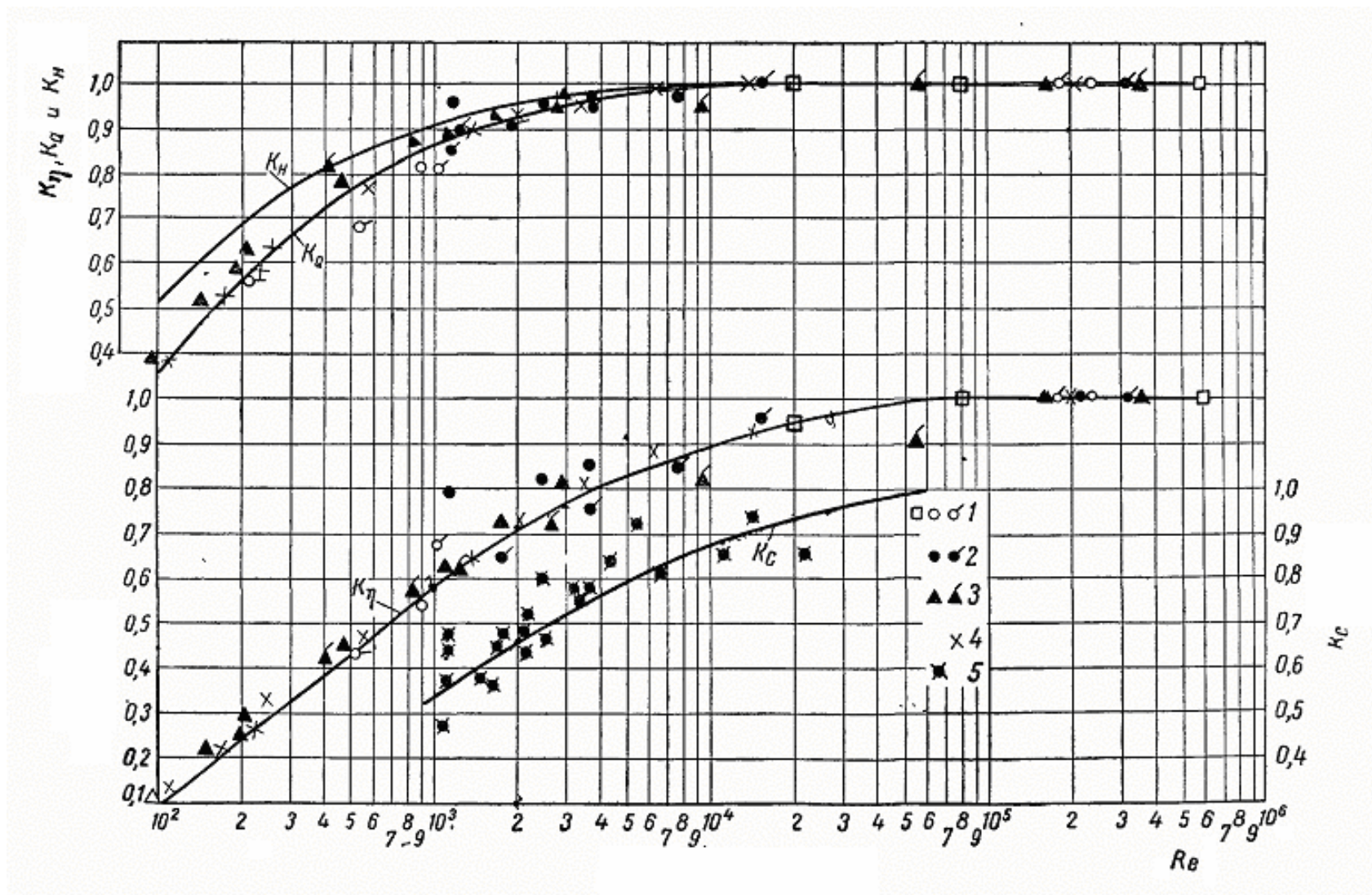


Рис. П.1-1. Коэффициенты пересчета характеристик с воды на вязкие жидкости.
1 и 5 – данные Айзенштейна; 2 – Суханова; 3 – Иппена; 4 – Степанова

м; k – коэффициент стеснения сечения лопатками на выходе, откуда

$$D_{\text{экв}} = \sqrt{4\pi D_2 b_2 k} \quad (\text{П.1.3})$$

Приводимый ниже метод пересчета характеристик на вязкие жидкости по характеристикам насоса, испытанного на воде, основан на следующих предпосылках, подтвержденных опытными данными:

1) При постоянном числе оборотов характеристики насоса $Q - H$ падают с увеличением вязкости таким образом, что коэффициент быстроходности остается неизменным в точке оптимального КПД, т.е. выполняется условие:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \left(\frac{H_1}{H_2} \right)^{3/2} \quad (\text{П.1.4})$$

Здесь индексы «1» и «2» относятся к жидкостям различной вязкости.

2) При постоянном числе оборотов и переменной вязкости характеристика $Q - H$ падает с увеличением вязкости, но напор при нулевой производительности остается неизменным; таким образом, крутизна характеристик $Q - H$ насоса увеличивается с увеличением вязкости.

3) При работе насоса с постоянным числом оборотов и перекачке вязкой жидкости увеличение потребляемой мощности остается тем же самым по абсолютной величине для широких пределов изменения производительности.

3) Законы подобия сохраняют свое действие для случая перекачки жидкости любой вязкости; вместе с тем результаты пересчета будут занижены при переходе от меньших чисел оборотов к большим, так как число Re возрастет при больших оборотах, и, следовательно, возрастут также коэффициенты K_O , K_H и K_η . При пересчете характеристик с больших оборотов на меньшие результаты будут завышены в сравнении с опытными данными.

Параметры насоса на вязкой жидкости для оптимального режима могут быть определены как

$$\begin{aligned} Q_v &= K_Q Q_\delta \\ H_v &= K_H H_\delta \\ \eta_v &= K_\eta \eta_\delta \end{aligned}$$

Коэффициенты K_O , K_H и K_η , должны быть взяты по кривым на рис. П.1-1, построенным исходя из опытных данных в зависимости от Re , выраженным уравнением (П.1.1).

На рис. П.1-2 произведено сравнение характеристики насоса, работающего на воде (1) и вязких жидкостях (2) и (3).

В виду того, что потери на дисковое трение увеличиваются при заданном напоре и, следовательно, заданной окружной скорости в значительно большей степени с увеличением диаметра, чем с возрастанием числа оборотов насоса, то при перекачке вязких жидкостей для увеличения КПД. необходимо стремиться к увеличению числа оборотов, т.е. применять насосы с большим коэффициентом быстроходности. Поэтому для центробежных насосов, перекачивающих вязкие жидкости, рекомендуется коэффициент быстроходности не ниже $n_s = 85$. Так как утечки через уплотнения в центробежных насосах, перекачивающих вязкие жидкости, незначительны, то длину уплотнительных колец целесообразно уменьшить для уменьшения потерь на трение; с этой же целью желательно и диски рабочих колес выполнять более тонкими.

С увеличением вязкости всасывающая способность насоса ухудшается. Однако в настоящее время нет достаточных экспериментальных данных для вывода зависимости между допустимой высотой всасывания при работе насоса на воде и при перекачке им вязких жидкостей.

2. НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ ПО ВОПРОСУ ПЕРЕКАЧКИ ВЯЗКИХ ЖИДКОСТЕЙ (по М.Д. Айзенштейну [23])

1. При перекачке вязких жидкостей снижаются производительность, напор и КПД насоса и увеличивается потребляемая мощность.
2. При малых вязкостях жидкости КПД насоса снижается главным образом вследствие увеличения потерь на дисковое трение.
3. Указанное влияние вязкости на снижение Q , H и η менее сказывается для насосов большей производительности.
4. При одинаковых числах оборотов и удельной быстроходности насос, имеющий максимальный КПД для воды, даст лучшие показатели и при перекачке вязких жидкостей.

5. При больших вязкостях и сравнительно небольшой производительности вследствие низкого КПД насоса происходит выделение тепла, и температура жидкости в насосе повышается. С нагревом жидкости уменьшается ее вязкость, вследствие этого несколько уменьшаются и потери в насосе.
6. Ввиду того, что потери на дисковое трение при заданной окружной скорости увеличиваются в гораздо большей степени с увеличением внешнего диаметра рабочего колеса, чем с увеличением числа оборотов насоса, при перекачке вязких жидкостей, для увеличения КПД необходимо стремиться к увеличению числа оборотов и применять насосы с возможно большей удельной быстроходностью.
7. При перекачке вязких жидкостей центробежными насосами последние следует применять в диапазоне удельной быстроходности $n_s = 85 \dots 100$.
8. Так, принятие $n_s > 100$ сопровождается значительным увеличением числа ступеней в насосе, а следовательно, и соответствующим усложнением конструкции отливок корпуса насоса и, наоборот, принятие $n_s < 85$ влечет увеличение внешнего диаметра рабочих колес со значительным увеличением затрачиваемой мощности на преодоление дискового трения, так как эта мощность пропорциональна Du .
9. Допустимая предельная вязкость жидкости при перекачке вязких нефтепродуктов зависит от размера насоса. Насосы большего размера, т.е. большей производительности, позволяют вести перекачку жидкостей большей вязкости (см. рис. П.1-3).
10. При небольших величинах вязкости жидкости напор может несколько возрасти по сравнению с напором насоса, перекачивающего воду вследствие возможного уменьшения поджатия потока и частично из-за нарастания напора под влиянием увеличения трения дисков рабочих колес.
11. Для некоторых насосов с рабочим колесом с полным внешним диаметром напор при $Q = 0$ не зависит от вязкости, но для колес с обточенным внешним диаметром при $Q = 0$ с увеличением вязкости напор уменьшается по сравнению с напором при перекачке воды.
12. При пересчете характеристики насоса, перекачивающего

вязкие жидкости, с меньших оборотов на большие результаты пересчета будут занижены в сравнении с опытными данными. Это происходит вследствие того, что число Re при больших оборотах насоса будет больше числа Re при меньших оборотах, и, следовательно, величины коэффициентов K_Q , K_H и K_η также будут больше при больших числах оборотов. При пересчете с больших оборотов на меньшие результаты пересчета будут завышены в сравнении с опытными данными.

13. С увеличением вязкости всасывающая способность насоса ухудшается.

Примечания авторов пособия:

1) Метод Айзенштейна показывает хорошие результаты при пересчете для оптимальной подачи насоса, а при $Q < Q_{opt}$ и $Q > Q_{opt}$ метод даёт значительные погрешности.

2) В методе Айзенштейна используется число Re , в которое входит всего один характерный размер – D , однако у центробежного насоса несколько важных геометрических параметров – размеров, что необходимо учитывать при пересчете характеристик

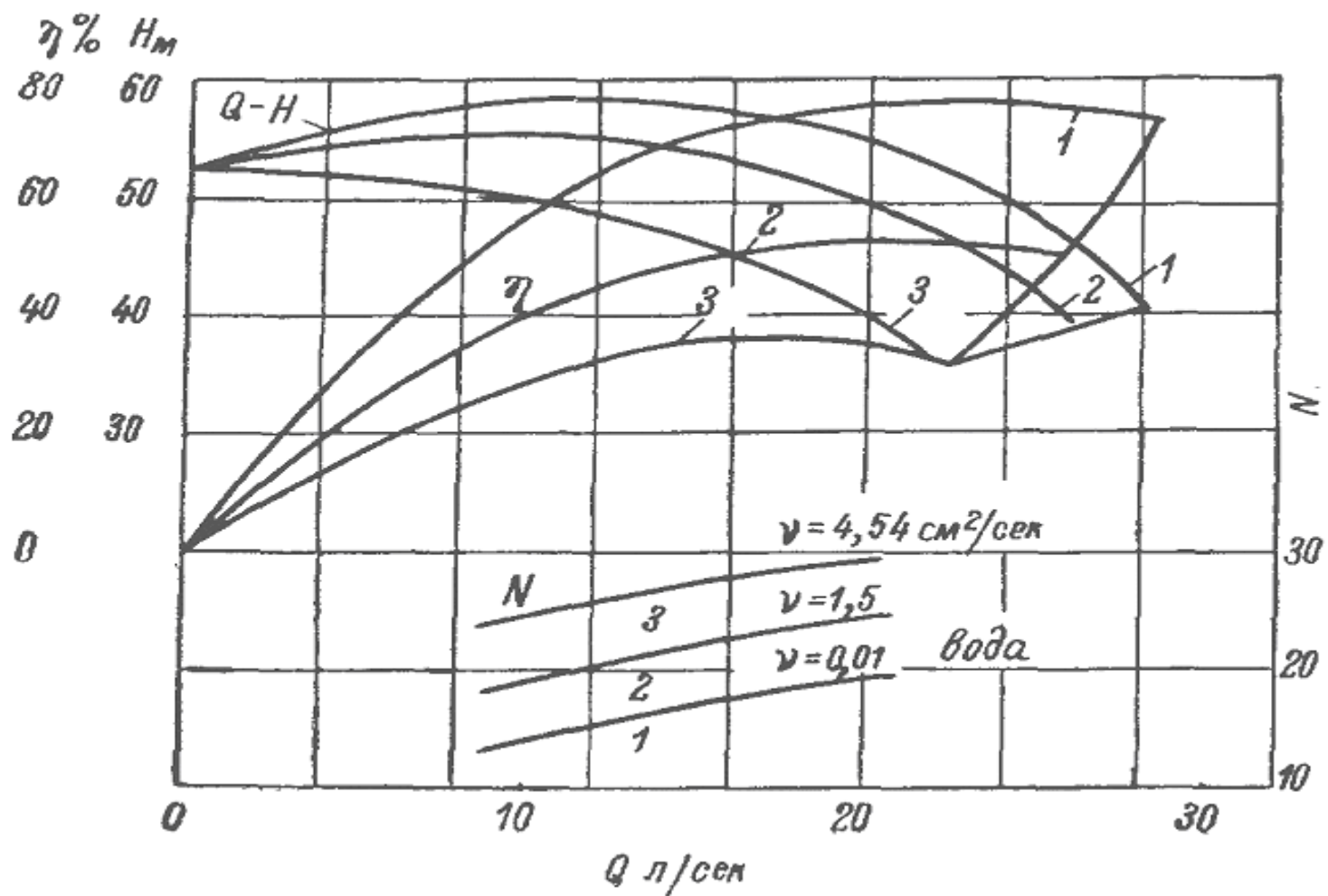


Рис. П.1-2. Сравнение характеристик насоса, работающего на воде (1) и на вязких жидкостях (2 и 3) .

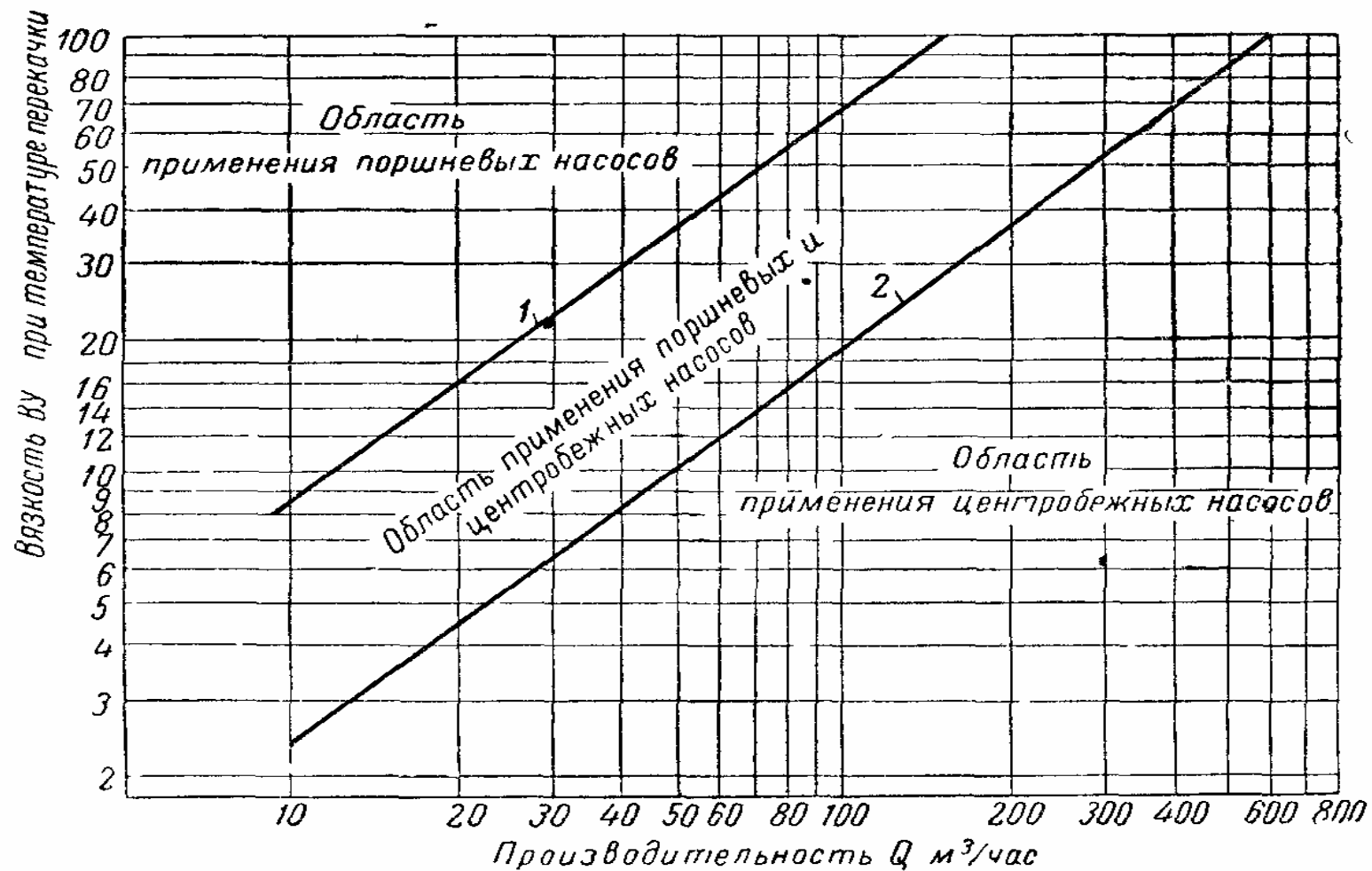


Рис. П.1-3. Области применения центробежных и поршневых насосов в зависимости от производительности и вязкости перекачиваемого продукта.

1 – максимальный допустимый предел применения центробежных насосов, 2 – рекомендуемый предел применения центробежных насосов ($\eta_{\text{нефть}} = \eta_{\text{вода}} \cdot 0,7$).

ПРИЛОЖЕНИЕ П. 2

ТАБЛИЦА ЗАМЕНЯЕМОСТИ НАСОСОВ [30]

Табл. П.2

Консольные насосы

с 1973 года	с 1982 года	с 1990 года
1.5К-6	К 8/18	К 50-32-125
1.5КМ-6	КМ 8/18	КМ 50-32-125
2К-6	К 20/30	К 50-32- 125
2КМ-6	КМ 20/30	К 65-50-160
2К-9	К 45/30	КМ 65-50-160
3К-6	К 45/55	К 80-65-160
3КМ-6	КМ 45/55	К 80-50-200
4К-12	К 90/35	КМ 80-50-200
4КМ-12	КМ 90/35	К 100-80-160
4К-8	К 90/55	КМ 100-80-160
4КМ-8	КМ 90/55	К 100-65-200
4К-6	К 90/85	КМ-100-65-200
4КМ-6	КМ 90/85	К 100-65-250
6КМ-12	К 160/20	КМ 100-65-250
6К-8	К 160/30	К 150- 125-250
8К-12	К 290/30	КМ 150-125-250

Герметичные насосы

с 1973 года	с 1982 года	с 1990 года
ЦНГ-70М-1	1,5ХГ-6К-2,8	1ЦГ6,3/20К-1,1 1ЦГ6,3/32К-2,2
ЦНГ-70М-2	1.5ХГ-6Х3-К-4	1ЦГ6,3/32К-2,2
ЦНГ-68	2ХГ-3К-14	1ЦГ12,5/50К-4 2ЦГ 25/50К-5.5
ЦНГ-69	3ХГ-69-14	1ЦГ25/80К-11
ЦНГ-71	4ХГ-12К-14	4ЦГ50/50К-11
ЦНГ-70М-1	1,5ХГ-6К-2,8	1ЦГ6,3/20К-1,1 1ЦГ6,3/32К-2,2
ЦНГ-70М-2	1.5ХГ-6Х3-К-4	1ЦГ6,3/32К-2,2
ЦНГ-68	2ХГ-3К-14	1ЦГ12,5/50К-4 2ЦГ 25/50К-5.5

Горизонтальные насосы

с 1973 года	с 1982 года	с 1990 года
5НДВ	Д 200-36	Д 200-36
4НДВ	Д 200-95	1Д 200-90
6НДВ	Д 320-50	1Д315-50
6 НДС	Д 320-70	1Д315-71
10Д6	Д 500-65	1Д 500-63
8НДВ	Д 630-90	1Д 630-90
12Д9	Д 800-57	1Д 800-56
12 НДС	Д 1250-65	1Д 1250-63
14Д6	Д 1250-125	1Д 1250-125
14 НДС	Д 1600-90	1Д 1600-90
16НДВ	Д2000-21	АД 2000-21 -2
20Д6	Д 2000-1 00	АД 2000- 100-2
18 НДС	Д 2000-62	АД 2500-62-2
20НДВ	Д 3200-33	АД 3200-33-2
20 НДС	Д 3200-75	АД 3200-75-2
22 НДС	Д 4000-95	АД 4000-95-2
24НДВ	Д 5000-32	АД 6300-27-3
24 НДС	Д 6300-80	АД 6300-80-2

Химические насосы

с 1973 года	с 1982 года	с 1990 года
1.5X-6	X8/18	X 50-32-125
2X-9	X20/18	X 65-50-125
2X-6	X20/31	X 65-50-160
3X-9	X45/31	X 80-65-160
3X-6	X45/54	X 80-50-200
4X-12	X90-33	X 100-80-160
4X-9	X90/49	X 100-65-200
4X-6	X90/85	X 100-65-250
—	X90/140	X 100-65-315
6X-9	X 160/29	X 150-125-315
5X-12	X 160/49	X 150-125-400
8X-12	X280/29	X 200-150-315
—	X3/40	AX 40-25-160
1,5X-4	AX8/30	AX 50-32-160
—	X8/60	AX 50-32-200
2X-6	AX20/31	AX 65-50-160
2X-4	AX20/53	AX 65-40-200
3X-9	AX45/31	AX 100-65-315
3AX-6	AX45/54	AX 100-65-400
—	AX90/19	AX 125-80-250
4AX-12	AX90/33	AX 125-100-315
4AX-9	AX90/49	AX 125-100-400
—	AX280/42	AX 200-150-400
—	AX500/37	AX 250-200-315
—	AXП8/40	AXП50-32-200
—	AXП20/31	AXП65-50-160
—	AXП45/54	AXП 100-65-400

Сточно-массные насосы

с 1973 года	с 1982 года	с 1990 года
ФГ 14,5/10	СД 16/10	СМ 80-50-200/4
ФГ 25, 5/14,5	СД 25/14	СМ 100-65-200/4
ФГ 16/27	СД 16/25	СМ 80-50-200а/2
—	СД 32/40	СМ 80-50-200/2
ФГ 57,7/9,5	СД 50/10	СМ 100-65-200/4
ФГ 51/58	СД 50/56	СМ 100-65-200/2
ФГ 81/18	СД 80/18	СМ 125-80-315а/4
ФГ 81/31	СД 80/32	СМ 125-80-315/4
ФГ 11 5/38	СД 100/40	СМ 100-65-200/2
ФГ 144/46	СД 160/45	СМ 150-125-315/4
ФГ 2 16/24	СД 250/22,5	СМ 150-125-315/3/4
ФГ 450/22, 5	СД 450/22,5	СМ 250-200-400/6
ФГ 450/57,5	СД 450/56	СМ 200- 150-500/3/4
ФГ 450/95	СД 450/95	СМ 200- 150-500/4
ФГ 800/33	СД 800/32	СМ 250-200-400/4
16ФВ-18	ФВ2700/26.5	СДВ2700/26,5
24ФВ-13	ФВ4000/28	СДВ4000/28
26ФВ-22	ФВ7200/29	СДВ7200/29
30ФВ-17	ФВ9000/45	СДВ9000/45
ФГ 14,5/10	СД 16/10	СМ 80-50-200/4
ФГ 25, 5/14,5	СД 25/14	СМ 100-65-200/4
ФГ 16/27	СД 16/25	СМ 80-50-200а/2
—	СД 32/40	СМ 80-50-200/2
ФГ 57,7/9,5	СД 50/10	СМ 100-65-200/4
ФГ 51/58	СД 50/56	СМ 100-65-200/2
ФГ 81/18	СД 80/18	СМ 125-80-315а/4
ФГ 81/31	СД 80/32	СМ 125-80-315/4

ПРИЛОЖЕНИЕ П.3

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ типа К

Насосы типа К – центробежные, консольные, одноступенчатые с горизонтальным осевым подводом жидкости к рабочему колесу (рис. П.3-1) [33]. Предназначены для перекачивания в стационарных условиях чистой воды (кроме морской) с $pH = 6 \dots 9$, температурой от 273 до 358 К и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твердые включения по объему не более 0,1% и размером до 0,2 мм. Используются в системах водоснабжения и отопления городского коммунального хозяйства, для орошения, ирригации и осушения. Не допускаются установка и эксплуатация насосов во взрыво- и пожароопасных производствах и использование их для перекачивания горючих и легковоспламеняющихся жидкостей, а также размещение в жилых зданиях.

На сводном графике полей $Q - H$ для насосов типа К (рис. П.3-2) сплошной линией показаны серийно выпускаемые насосы, пунктирной – насосы, поставляемые по заказу. По подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ предварительно выбирают насос требуемого типоразмера. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса, кривая напора которого должна проходить через точку заданных параметров по подаче и напору или быть несколько выше ее.

Технические характеристики насосов типа К приведены в табл. П.3-1, а габаритные и присоединительные их размеры в табл. П. 3-2

Материал деталей проточной части – чугун СЧ20; защитной втулки – сталь 45.

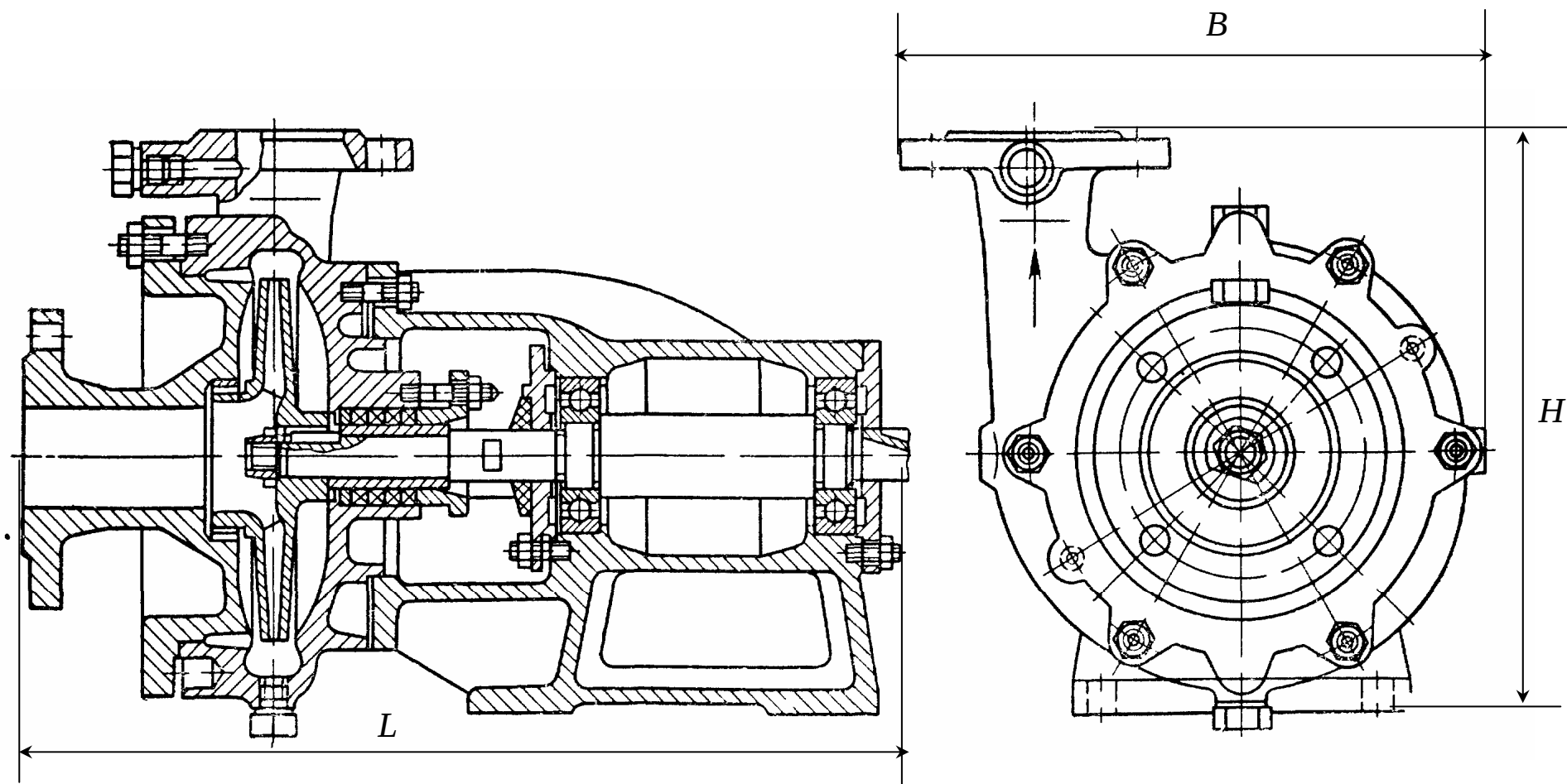


Рис. П.3-1.. Насос типа К

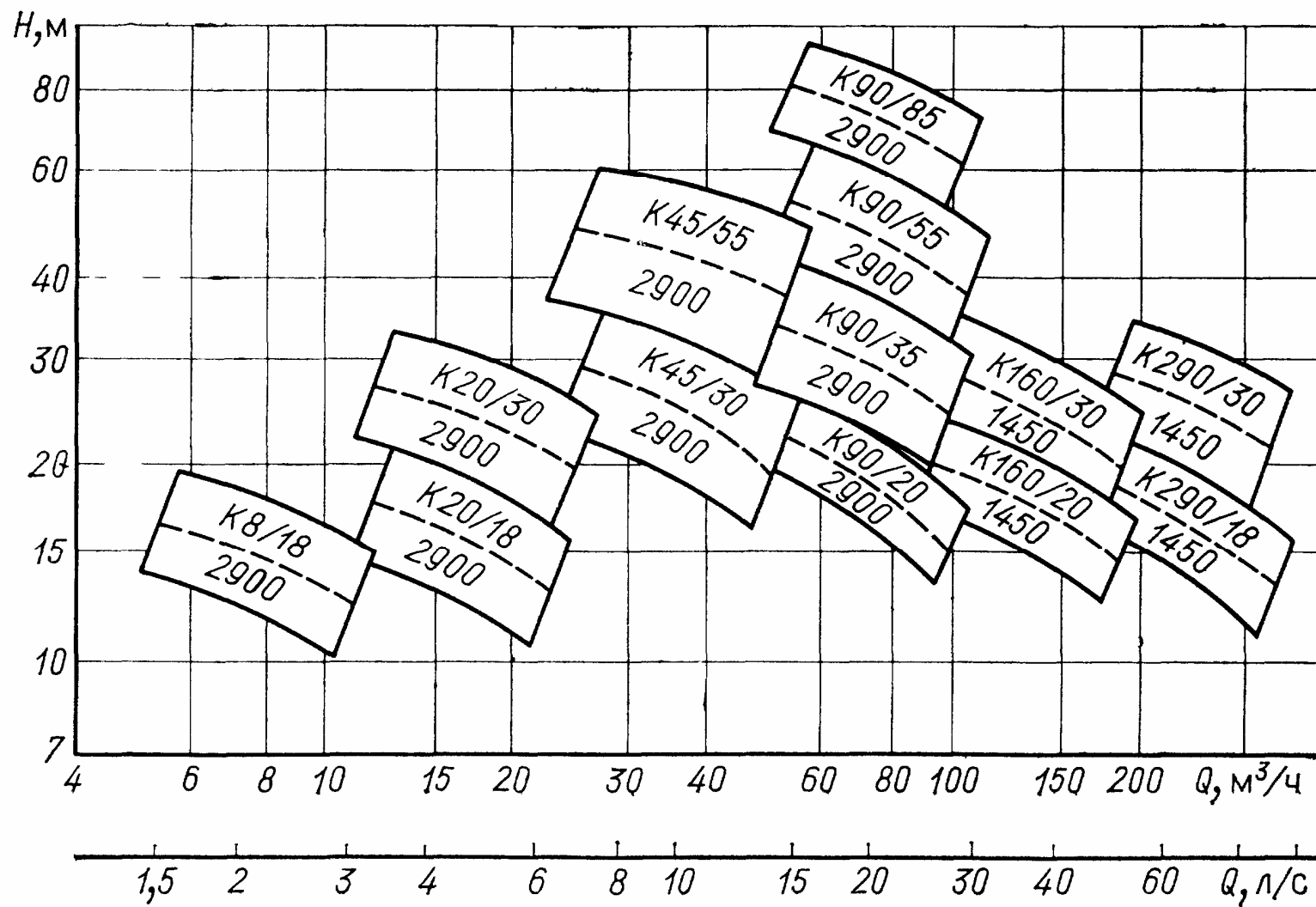


Рис.П. 3-2. Сводное поле характеристик центробежных насосов К

Табл. П.3-1

Технические характеристики насосов типа К

Типоразмер	Подача, м ³ /ч макс. номин. мин.	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность двигателя, кВт	Допускаемый кавитационный запас, м, не более	КПД, %, не менее
К 8/18	12 8 6	14 18 19	2900	1,5	3,8	53
К 20/30	28 20 13	24 30 33	2900	4	3,8	64
К 45/30	58 45 28	25 30 35	2900	7,5	4,3	70
К 45/30а	54 35 28	19 22,5 35	2900	5,5	4,3	70
К 90/20	110 90 56	26 20 26	2900	75	5,2	78
К 80-50-200	68 50 36	44 50 54	2900	15	3 5	65
К 80-65-160	36 50 63	34 32 27	2900	7,5	4	70
К 100-80-160	132 100 65	28 32 36	2900	15	4,5	77
К 100-65-200	140 100 60	42 50 56	2900	30	4 5	72
К 100-65-250	145 100 74	67 80 82	2900	45	4,5	67
К 160/30	210 160 110	24 30 34	1450	30	4,2	75
К 150-125-315	250 200 130	27 32 35	1450	30	4	76
К 290/30	360 290 200	26 30 34	1450	45	4,2	82
'К 200-150-315	370 315 230	28 32 34	1450	45	4	81

Табл. П. 3-2

Габаритные и присоединительные размеры насосных агрегатов К

Типоразмер	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутр. диаметр всас. патрубка, мм	Внутр. диаметр напор. патрубка, мм	Масса, кг
К 8/18	768	257	321	40	32	64
К 20/30	932	287	335	50	40	85
К 45/30	1030	320	375	50	40	131
К 45/30а	990	320	375	50	40	102
К 90/20	1030	320	375	80	50	135
К 80-50-200	1127	458	485	80	50	230
К 80-65-160	942	390	410	80	65	136
К100-80-160	1245	458	485	100	80	270
К 100-65-200	1310	498	540	100	65	376
К 100-65-250	1390	568	605	100	65	485
К 160/30	1535	515	585	150	100	435
К 150-125-315	1380	525	640	150	125	427
К 290/30	1645	575	630	200	125	550
К 200-150-315	1665	785	600	200	150	570

ПРИЛОЖЕНИЕ П.4

НАСОСЫ ТИПОВ Х

Насосы типов Х (рис. П.4-1) – горизонтальные центробежные одноступенчатые с приводом от электродвигателя через упругую муфту; применяются в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности. Их изготавливают в различных исполнениях по материалу деталей проточной части, типу узла уплотнения вала, диаметру рабочего колеса, мощности и исполнению комплектующего двигателя[30].

На сводном графике полей $Q - H$ для насосов типов Х (рис. П.4-2) сплошной линией показаны серийно выпускаемые насосы, пунктирной – насосы, поставляемые по заказу.

По подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ предварительно выбирают насос требуемого типоразмера, а затем по графической характеристике (рис.П.4-3.1 ... П.4-3.12) уточняют правильность выбора. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса, кривая напора которого должна проходить через точку заданных параметров по подаче и напору или быть несколько выше ее.

Габаритные размеры электронасосных агрегатов типов Х приведены в табл. П.4-1, а материалы их основных деталей в табл. П. 4-2.

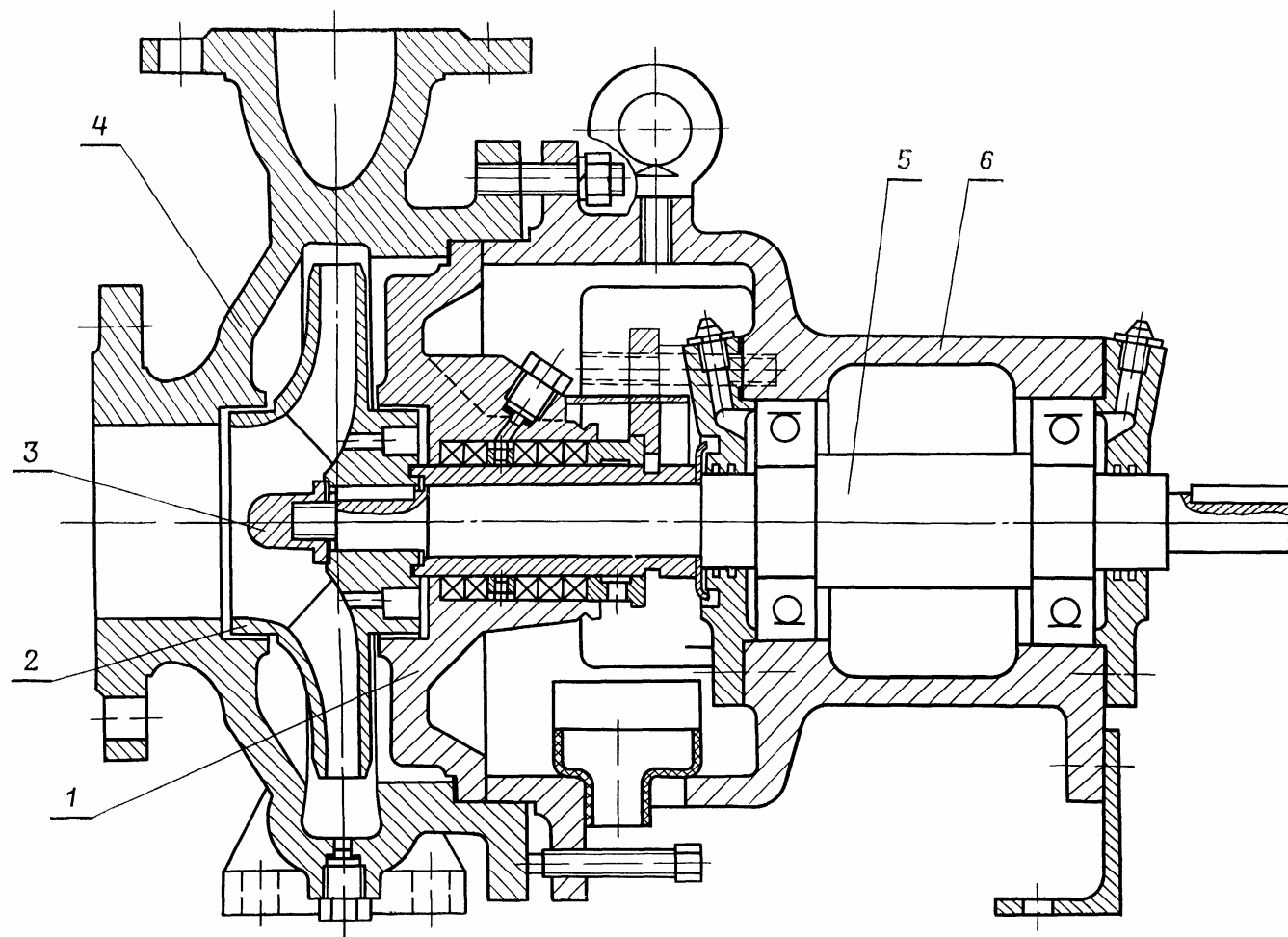


Рис. П.4-1. Разрез насоса типа X

1 – крышка корпуса насоса, 2 – рабочее колесо, 3 – гайка, 4 – корпус, 5 – вал, 6 – опорный кронштейн.

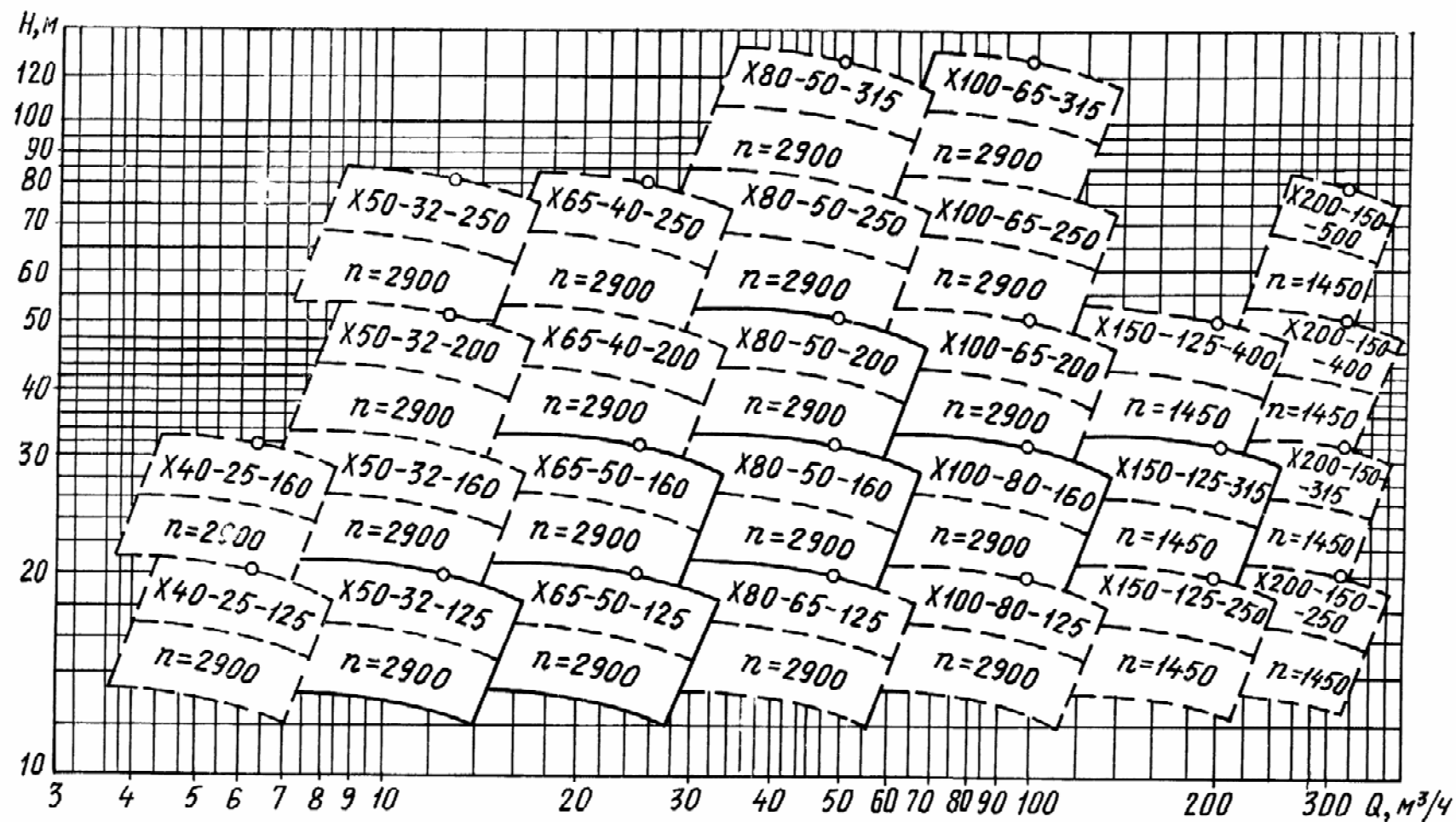


Рис. П.4-2. Сводное поле $Q-H$ насосов типа X (частота вращения n указана в оборотах в минуту; пунктир внутри поля – средняя его часть)

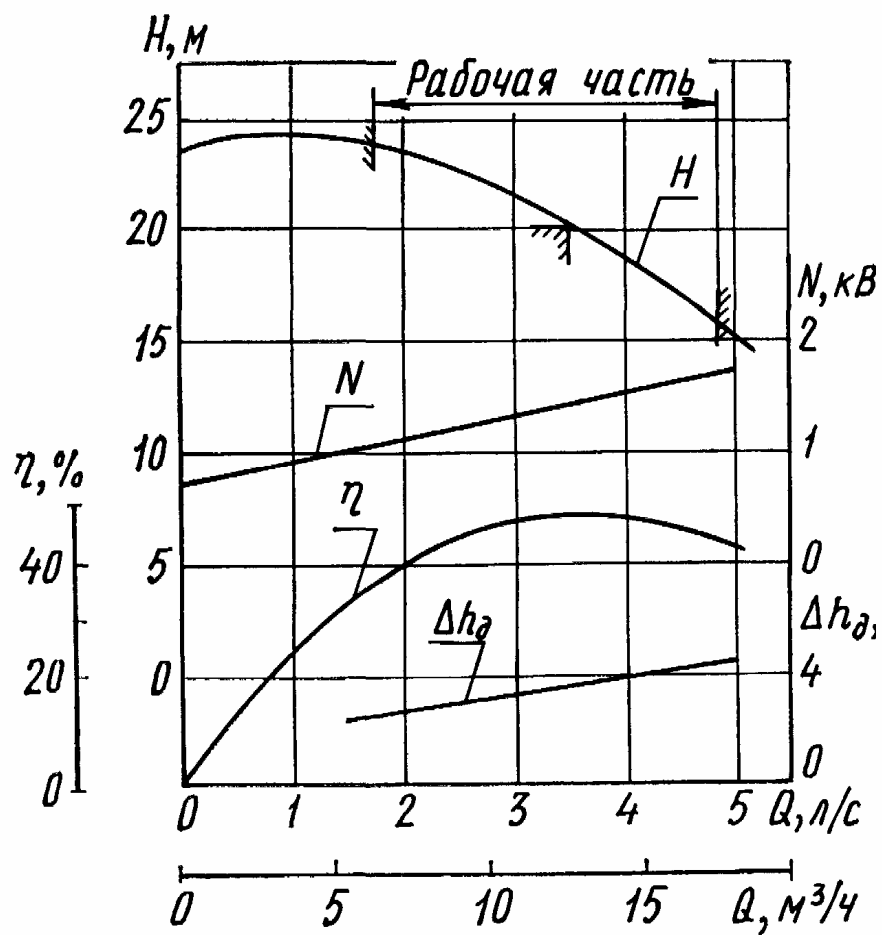


Рис. П. 4-3.1. Характеристика насоса X50-32-125-Д; $n = 2900$ об/мин

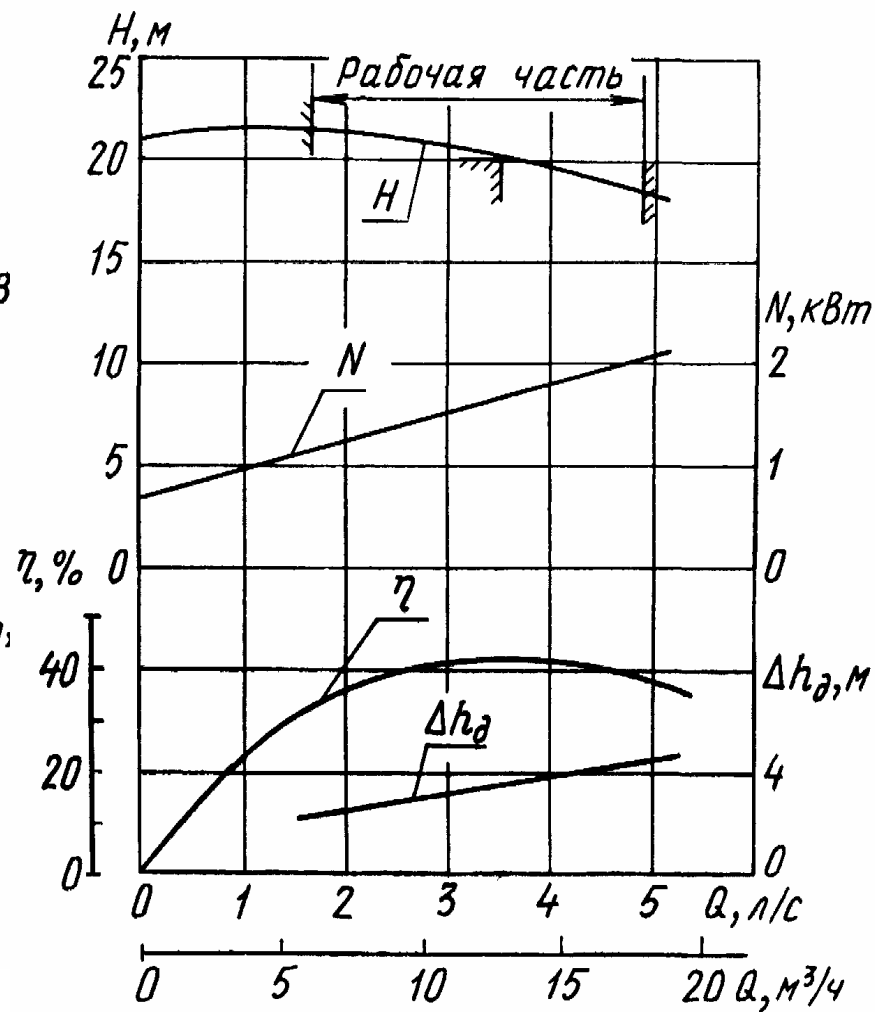


Рис. П. 4-3.2. Характеристика насоса XЭО-Э2-125-Т; $n = 2900$ об/мин

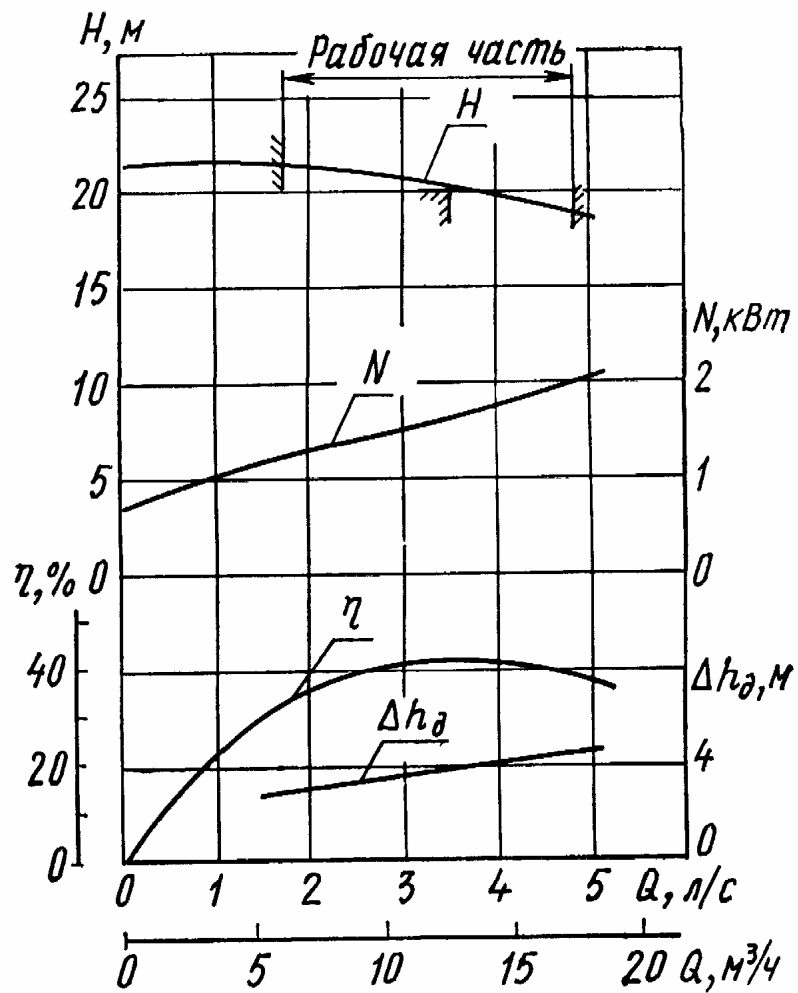


Рис. П. 4-3.3. Характеристика насоса X50-32-125-Л; $n = 2900$ об/мин

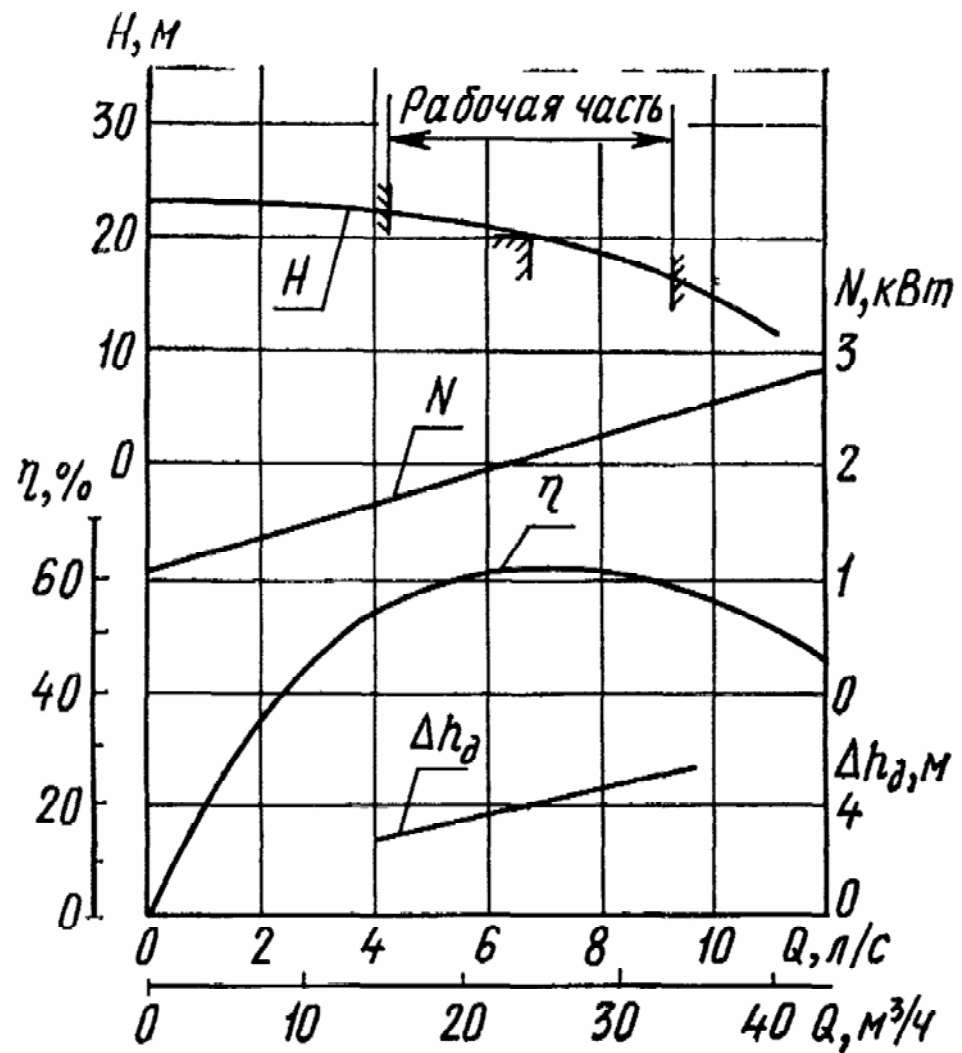


Рис. П. 4-3.4. Характеристика насоса X65-50-125-Д; $n = 2900$ об/мин

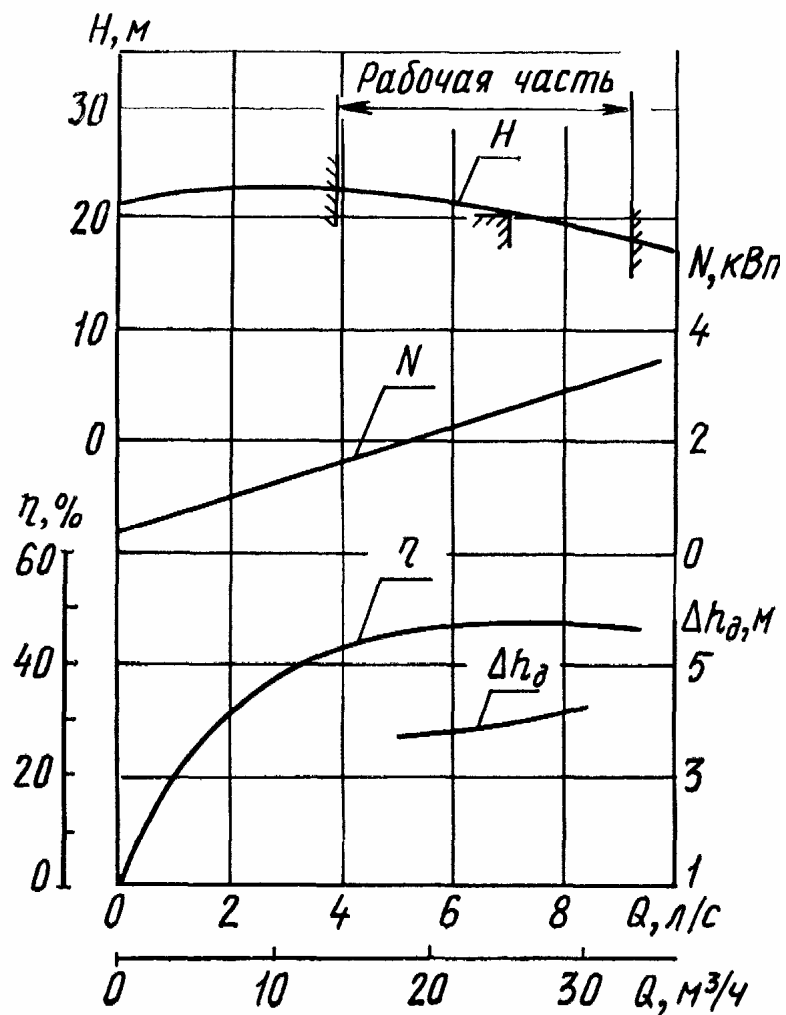


Рис. П. 4-3.5. Характеристика насоса X65-50-125-T; $n = 2900$ об/мин

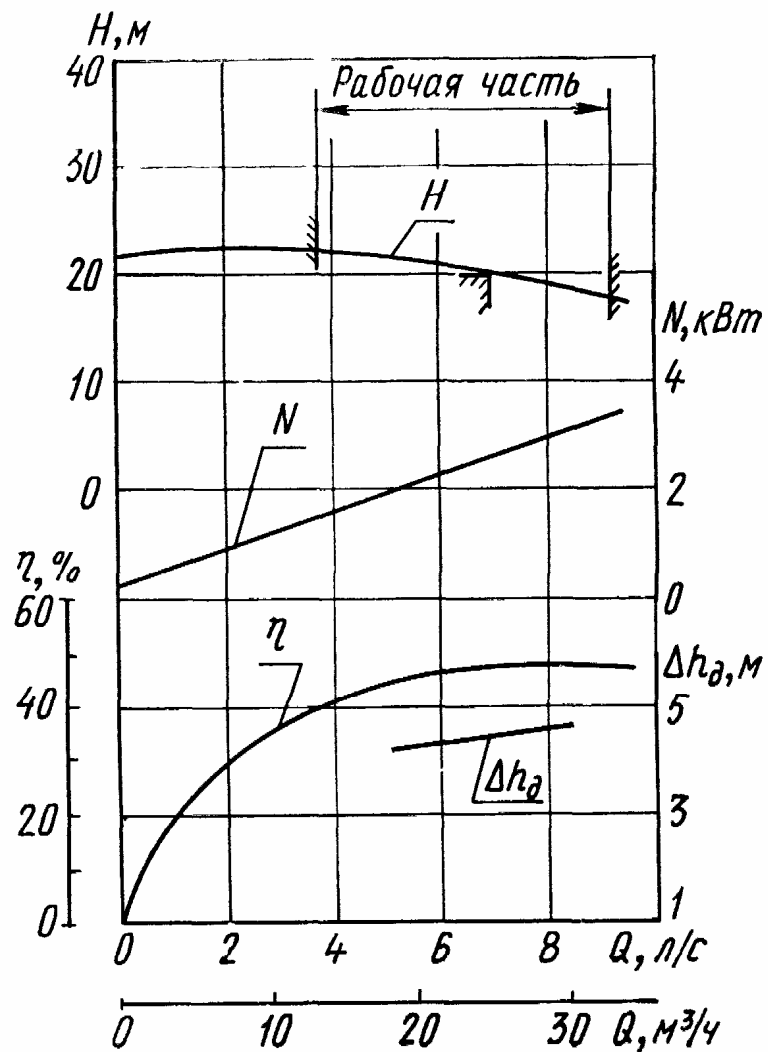


Рис. П. 4-3.6. Характеристика насоса X65-50-125-Л; $n = 2900$ об/мин

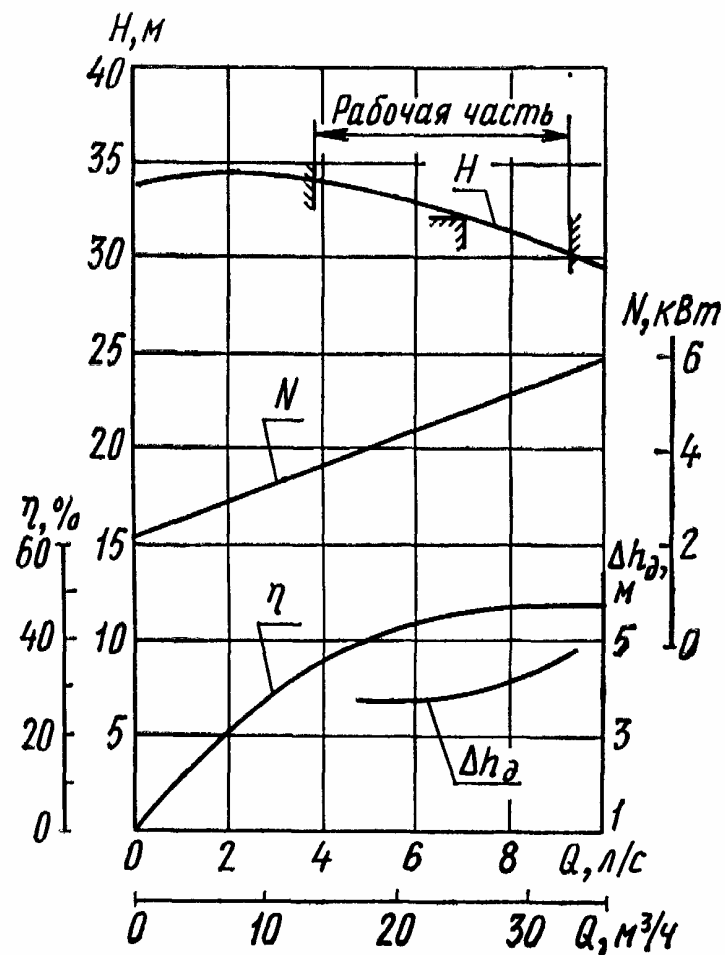


Рис. П. 4-3.7. Характеристика насоса X65-50-160-Т; $n = 2900$ об/мин

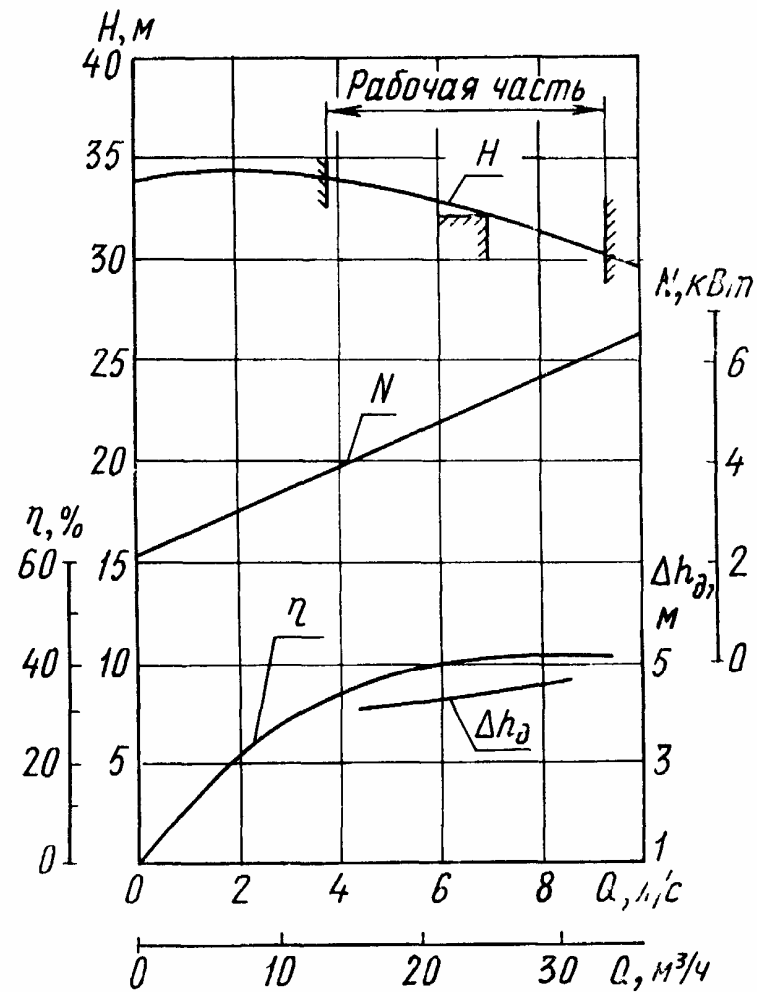


Рис. П. 4-3.8. Характеристика насоса X65-50-160-Л; $n = 2900$ об/мин

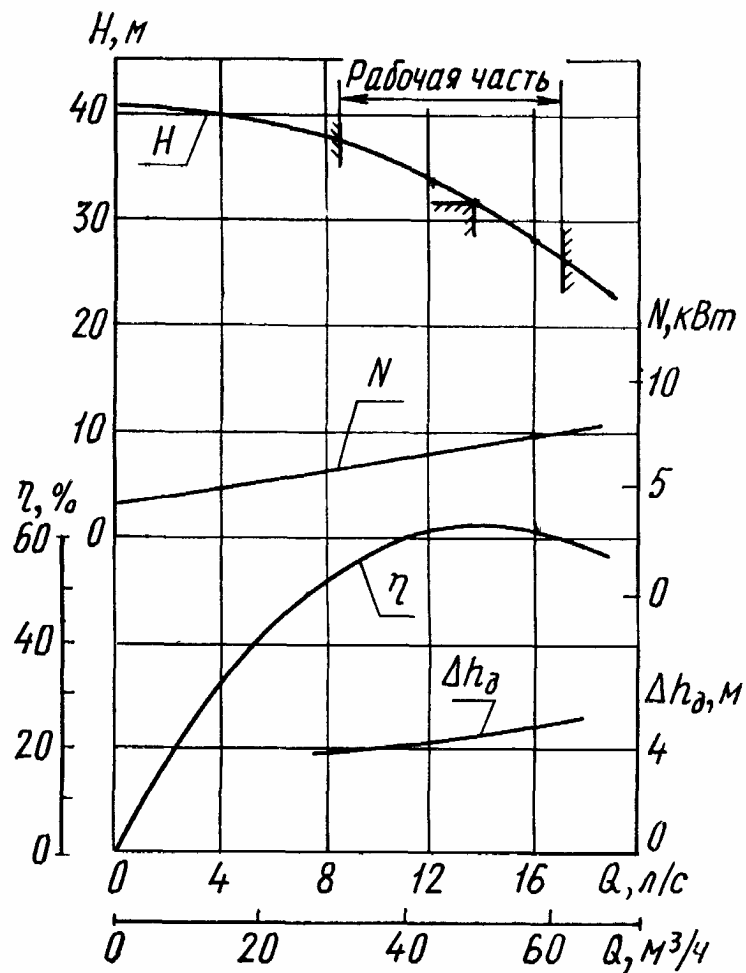


Рис. П. 4-3.9. Характеристика насоса X80-50-160-Д; $n = 2900$ об/мин

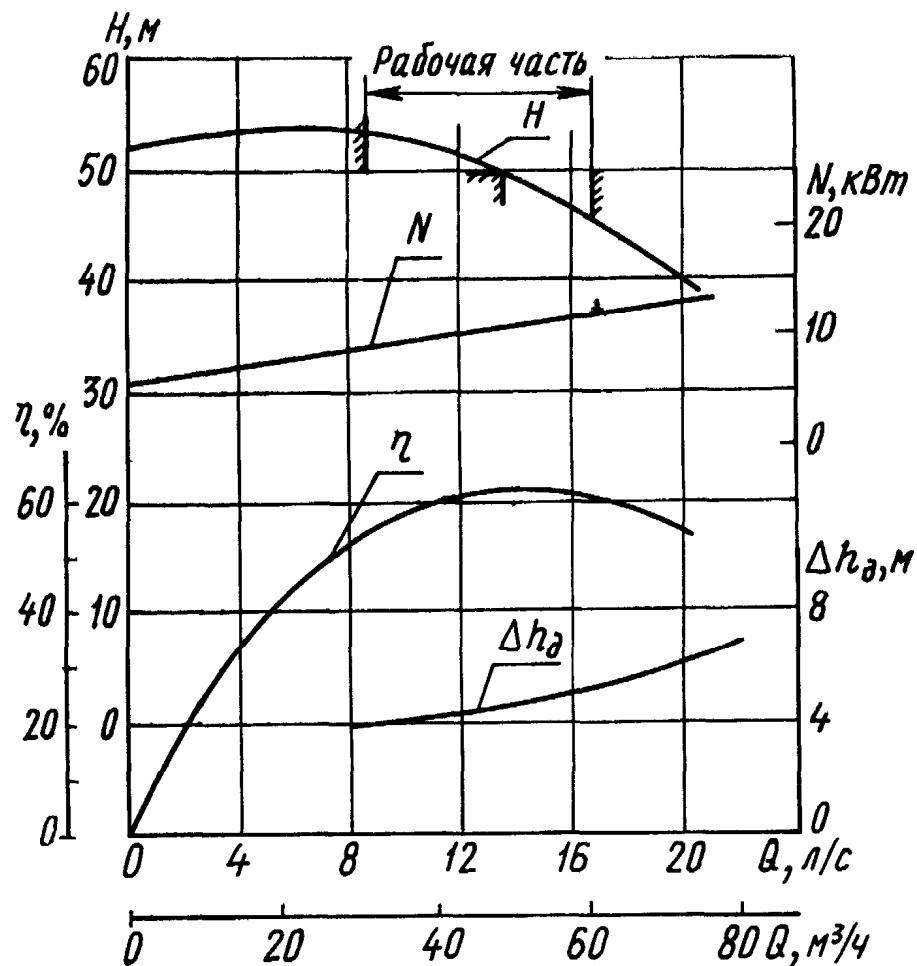


Рис. П. 4-3.10. Характеристика насоса X80-50-200-К (Е, И); $n = 2900$ об/мин

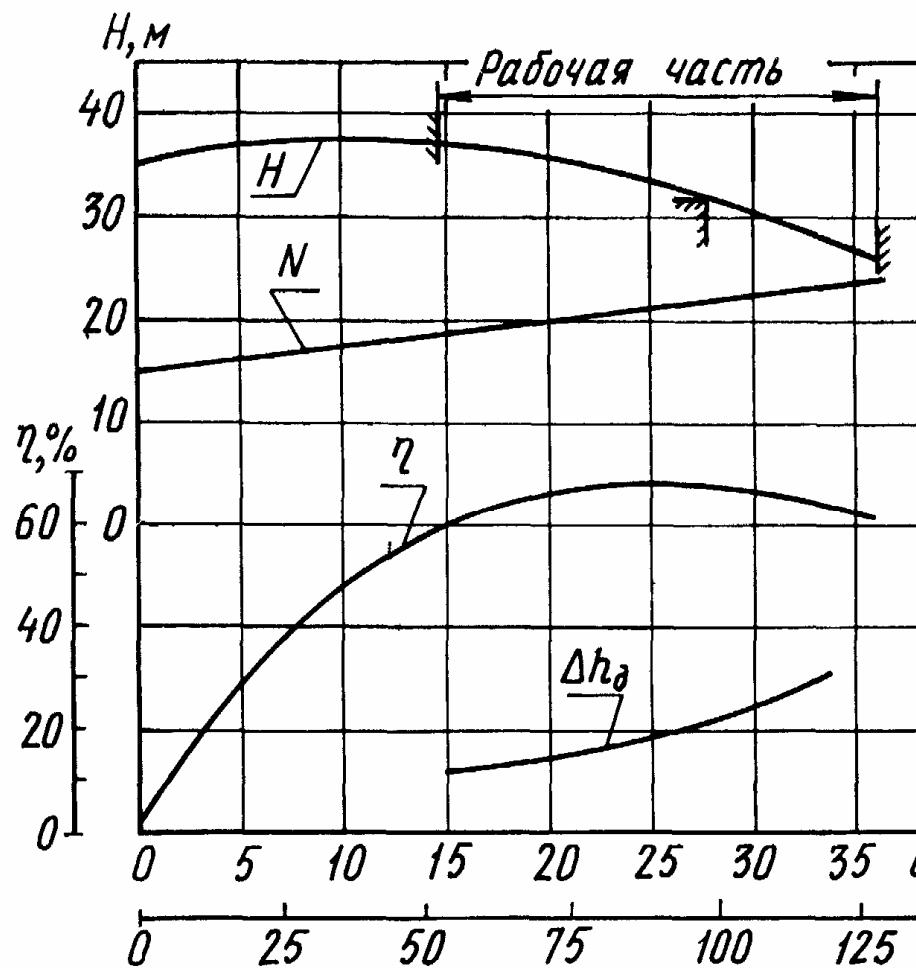


Рис. П. 4-3.11. Характеристика насоса XI00-80-160-Д (К, Е, И); $n = 2900$ об/мин

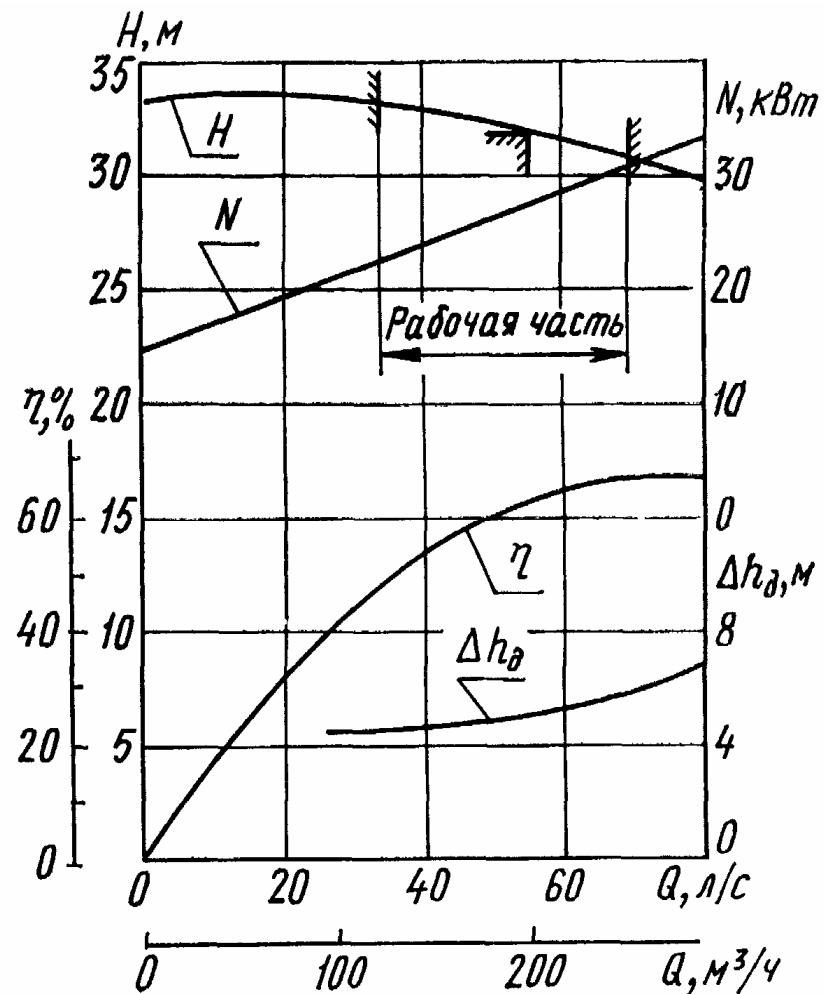


Рис. П. 4-3.12. Характеристика насоса X150-125-315-Л; $n = 1450$ об/мин

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ (мм) ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ типа Х

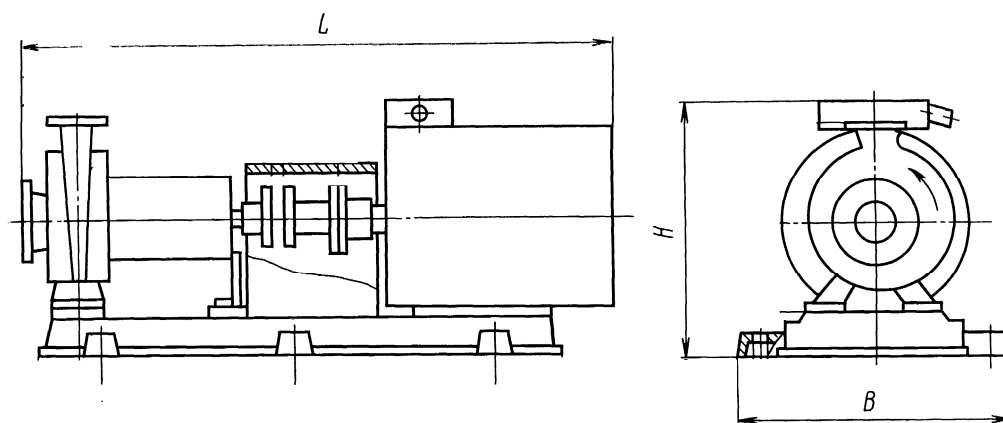


Табл. П.4-1

Типоразмер насоса	Двигатель				L	B	H
	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В			
X50-32-125-Д	4A90L2	3	3000	380	920	418	325
	4A100S2	4			930		330
X65-50-125-Д	4A100S2	4			930	418	330
	4A100L2	5,5			960		330
X80 50-160-Д	4A160S2	15			1210	460	500
	4A160M2	18,5			1255		500
X80-50-200-К (Е, И)	4A160M2	18,5			1250	504	530
	4A180S2	22			1250	495	570
ХШО-8Ю-160-Д (К, Е, И)	4A180S2	22			1360	350	550
	B180M2	30			1500		660

Табл. П.4-2

МАТЕРИАЛ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСОВ типов X

Исполнение по материалу						
Наименование детали	Д	К	Е	И	Т	Л
Корпус насоса Рабочее колесо Крышка корпуса	Хромистый чугун ЧХ28	Сталь 12Х18Н9ТЛ	Сталь 12Х18Н12М3ТЛ	Сталь 06ХН28МДТЛ	Титановый сплав ТЛЗ	Кремнистый чугун ЧС15
Защитная втулка	Сталь 10Х17Н13М2Т	Сталь 12Х18Н9Т	Сталь 10Х17Н13М2Т	Сталь 06ХН28МДТ	Титановый сплав ВТ1	Сталь 06ХН28МДТЛ
Вал						Сталь 06ХН28МДТ
Кронштейн	Чугун СЧ15					

ПРИЛОЖЕНИЕ П.5

НАСОСЫ ТИПОВ АХ

Насосы типов АХ (рис. П.5-1) – центробежные горизонтальные консольные одноступенчатые [30]. Предназначены для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей плотностью не более 1850 кг/м³, вязкостью до $3 \cdot 10^{-5}$ м²/с, содержащих твердые включения размером до 1 мм, объемная концентрация которых не превышает 1,5%. Температура перекачиваемой жидкости – от 273 до 363 К (от 0 до 90° С) для исполнения по материалу проточной части Д и от 233 до 363 К (от – 40 до +90°С) – для остальных исполнений.

На сводном графике полей $Q - H$ для насосов типа АХ (рис. П.5-2) сплошной линией показаны серийно выпускаемые насосы, пунктирной – насосы, поставляемые по заказу.

По подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ предварительно выбирают насос требуемого типоразмера, а затем по графической характеристике (рис.П.5-3.1 ... П.5-3.3) уточняют правильность выбора. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса, кривая напора которого должна проходить через точку заданных параметров по подаче и напору или быть несколько выше ее.

Габаритные размеры (мм) электронасосных агрегатов типа АХ приведены в табл. П.5-1, материал основных деталей этих насосов в табл. П.5-2.

На рис. П.5-4 показана схема демонтажа электронасосных агрегатов типов Х и АХ.

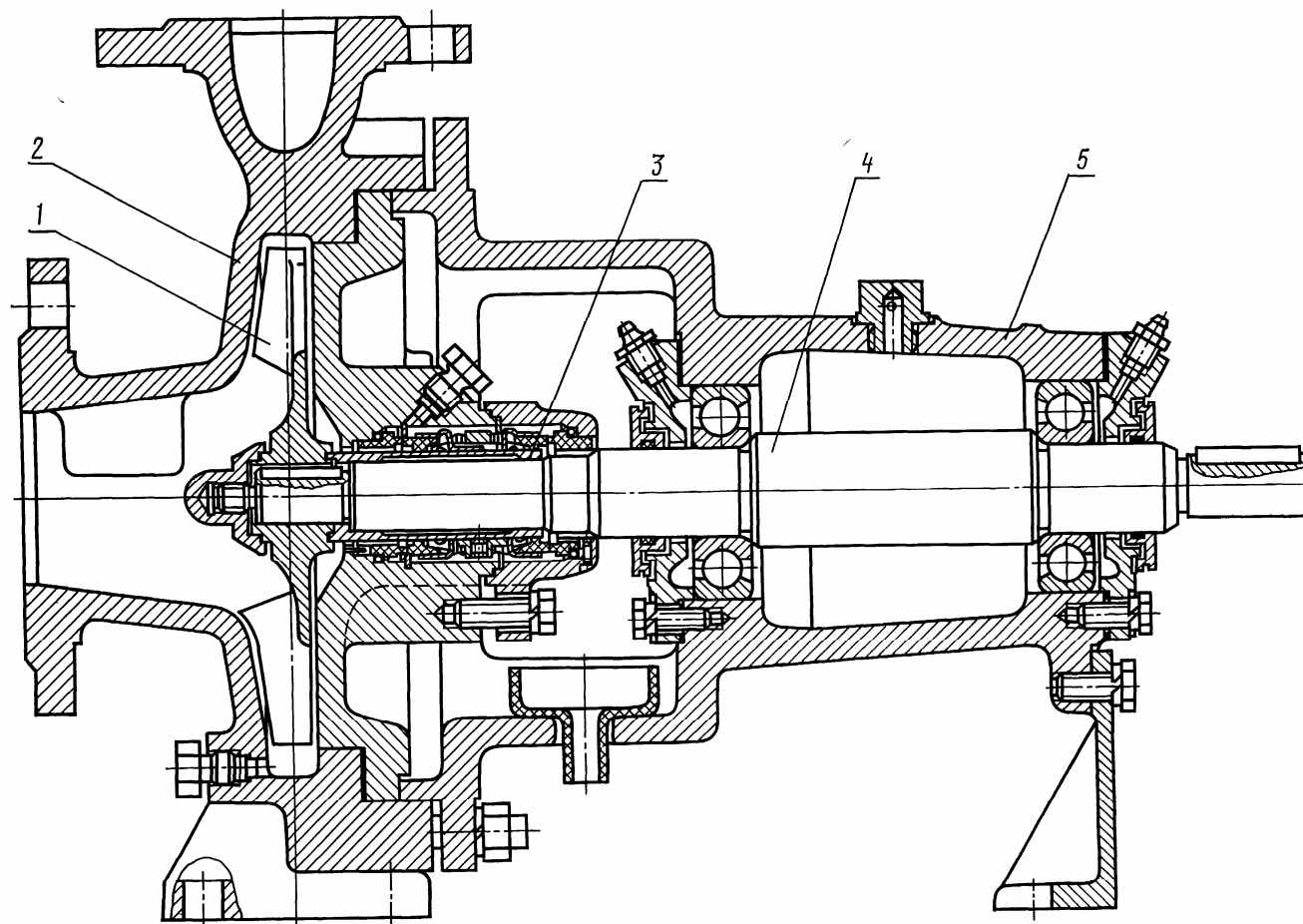


Рис. П.5-1. Разрез насоса типа АХ

1 – рабочее колесо открытого типа; 2 – корпус; 3 – защитная втулка;
4 – вал; 5 – опорный кронштейн.

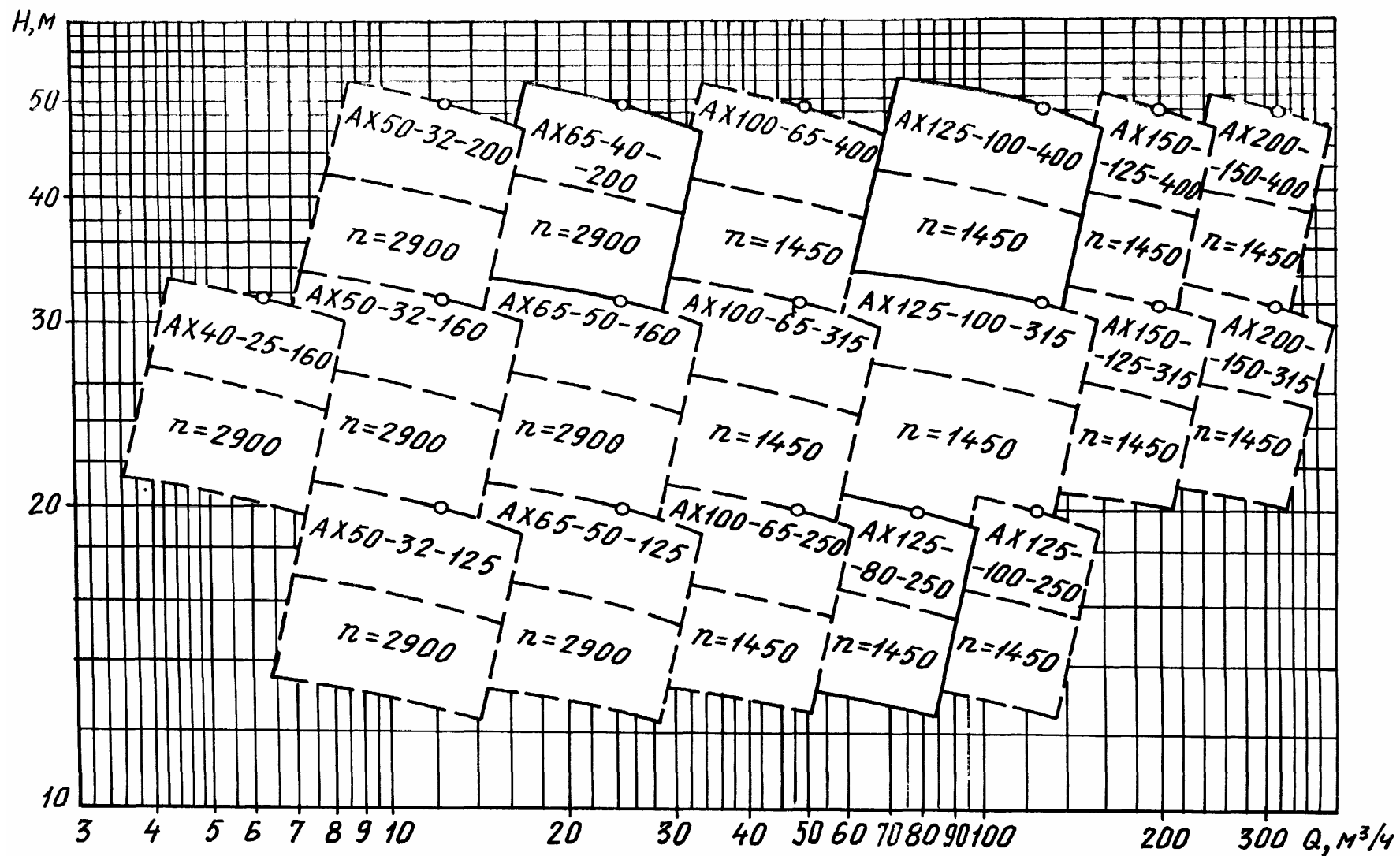


Рис. П.5-2. Сводное поле $Q-H$ насосов типа АХ (частота вращения n указана в оборотах в минуту; пунктир внутри поля – средняя его часть)

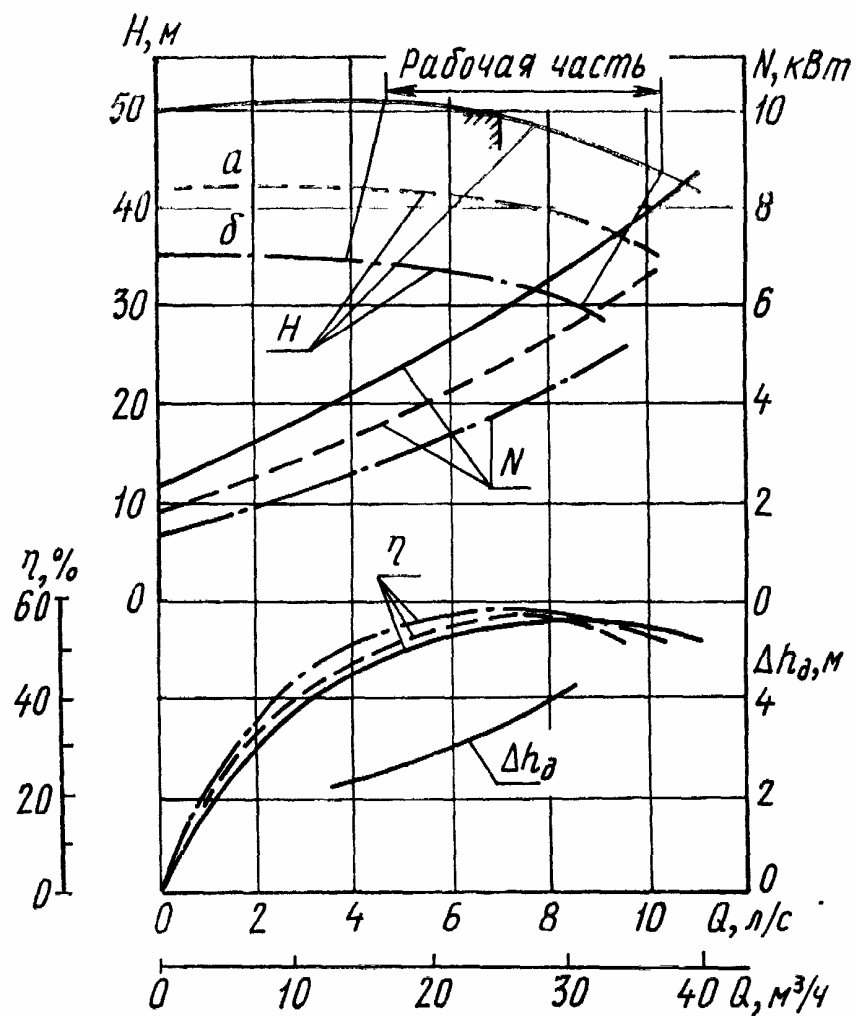


Рис. П.5-3.1. Характеристика насоса АХ (О) 65-40-200; $n = 2900$ об/мин

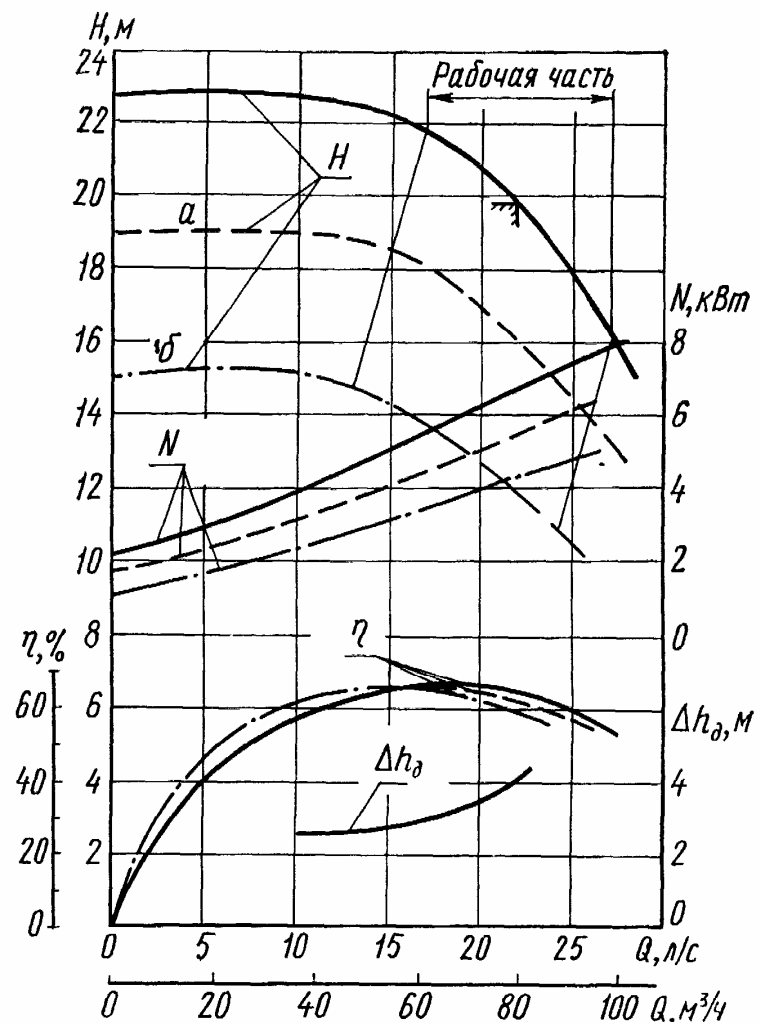


Рис. П.5-3.2. Характеристика насоса АХ 125-80-250; $n = 1450$ об/мин

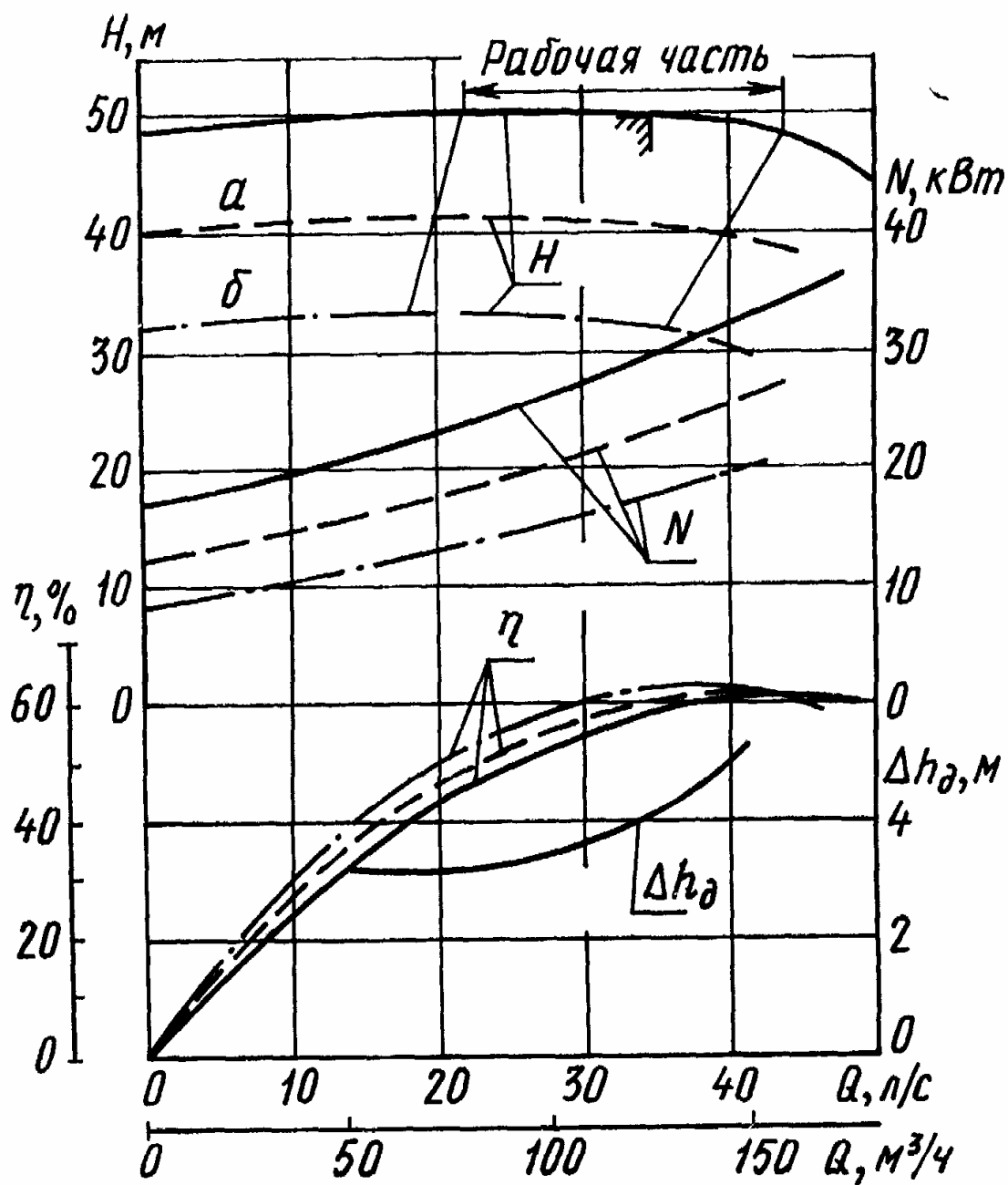


Рис. П.5-3.3. Характеристика насоса AX125-100-400; $n = 1450$ об/мин

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ (мм) ЭЛЕКТРОНАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ типа АХ

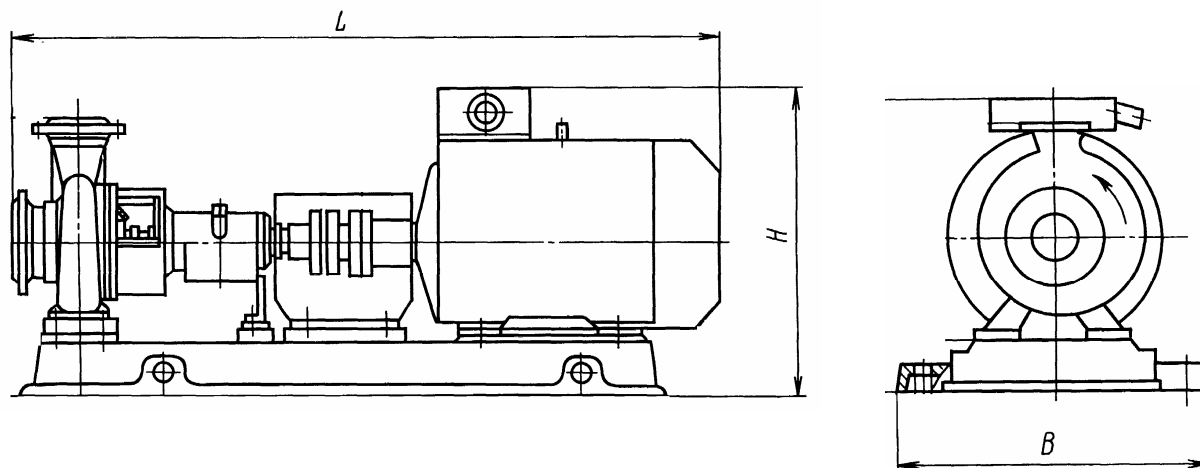


Табл. П-5-1

Типоразмер насоса	Двигатель				L	B	H
	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напряжение, В			
AX (O) 65-40-200	4A100L2	5,5	3000	220/380	985	305	420
	B112M2	7,5			1170		558
	4A132M2	11			1120		458
	B160S2	15			1280		620
AX125-80-250	4A160S4	15	1500		1394	480	595
	B160M4	18,5			1510		705
AX125-100-400	4A200L4	45			1640	685	775
	4A225M4	55			1650		790
	4A250S4	75			1725		830

Табл. П.5-2

МАТЕРИАЛ ОСНОВНЫХ ДЕТАЛЕЙ НАСОСОВ типа АХ

Наименование детали	Исполнение по материалу					
	А	Д	К	Е	Е ₁	И
Рабочее колесо Корпус насоса Крышка корпуса	Сталь 25Л	Хромистый чугун ЧХ32	Сталь 10Х18Н9ТЛ	Сталь 10Х18Н12М3ТЛ	Сталь 10Х21Н6М2ТЛ	Сталь 07ХН25МДТЛ
Защитная втулка	Сталь 20Х13 или 45	Сталь 20Х13	Сталь 12Х18Н9Т	Сталь 10Х17Н13М2Т	Сталь 08Х21Н6М21	Сталь 06ХН28НДТ
Вал: в зоне уплотнения насоса	Сталь 30					
в зоне подшипников	Сталь 30	Сталь 20Х13 или 30К	Сталь 30			
Корпус и крышка подшипника	Чугун СЧ20					

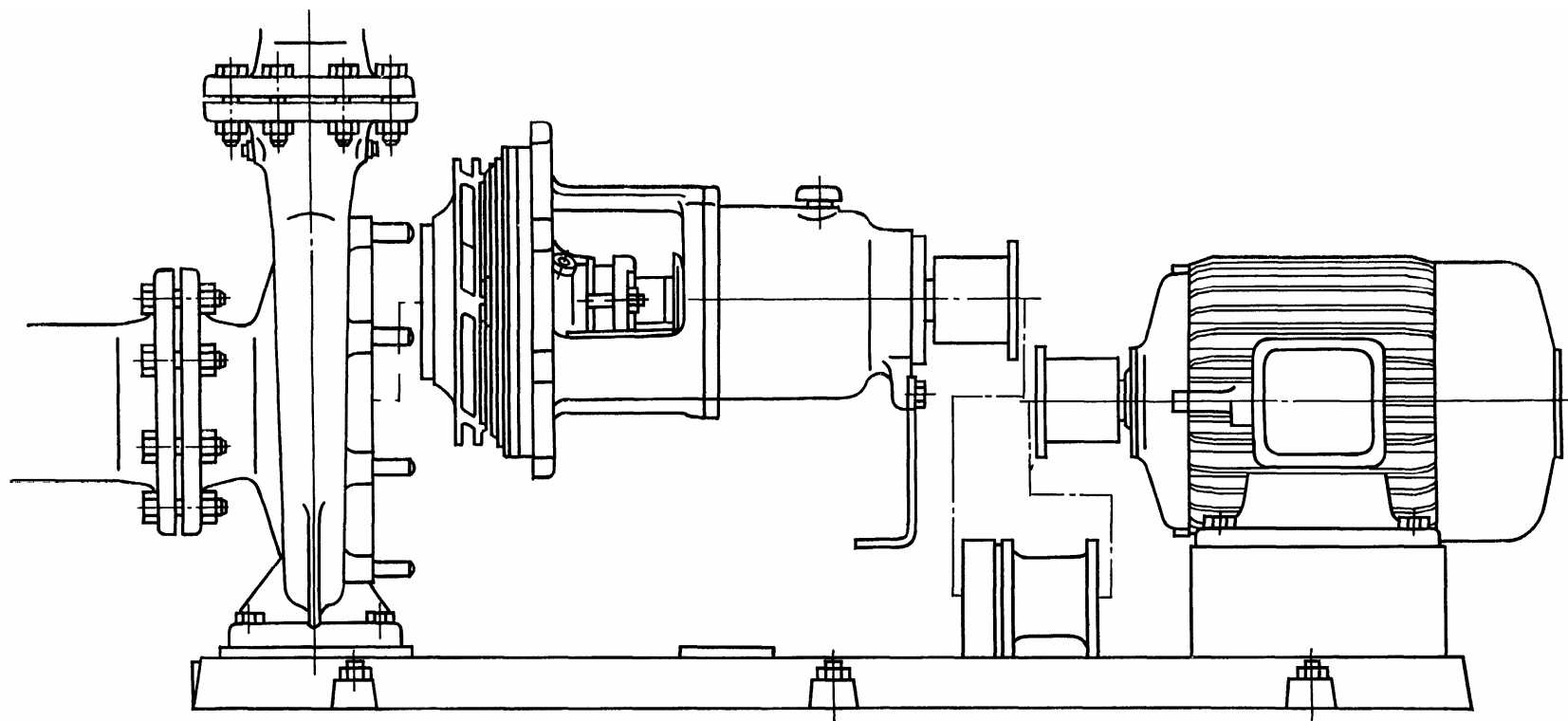


Рис. П.5-4. Схема демонтажа электронасосных агрегатов типов X и AX

ПРИЛОЖЕНИЕ П.6

ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ МОНОБЛОЧНЫЕ ЭЛЕКТРОНАСОСЫ типа КМ

Электронасосы типа КМ (рис. П.6-1) унифицированного ряда – центробежные горизонтальные одноступенчатые моноблочные. Предназначены для перекачивания воды (кроме морской) с $pH = 7$ и других жидкостей, сходных с водой по плотности, вязкости и химической активности, содержащих твердые включения размером до 0,2 мм, объемная концентрация которых не превышает 0,1%. Температура перекачиваемой жидкости – от 273 до 358 К (от 0 до 85° С) [30].

На сводном графике полей $Q - H$ для насосов типа КМ (рис. П.6-2) сплошной линией показаны серийно выпускаемые насосы, пунктирной – насосы, поставляемые по заказу. По подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ предварительно выбирают насос требуемого типоразмера, а затем по графической характеристике (рис.П.6-3.1...П.6-3.3) уточняют правильность выбора. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса, кривая напора которого должна проходить через точку заданных параметров по подаче и напору или быть несколько выше ее.

В конструкции электронасоса предусмотрена установка двух взаимозаменяемых вариантов уплотнения вала: сальниковое уплотнение типа С или торцовое уплотнение типа 132.

Подвод перекачиваемой жидкости – горизонтальный по оси насоса, отвод – вертикально вверх. Напорный патрубок выведен на ось насоса.

Электронасосы КМ 100-65-200 и КМ 150-125-315 смонтированы на фундаментной плите. Электронасос КМ 80-50-200 фундаментной плиты не имеет.

Материал деталей проточной части – чугун СЧ20; защитной втулки – сталь 45.

Технические характеристики насосов типа КМ приведены в табл. П.6-1, а их габаритные размеры (мм) в табл. П.6-2.

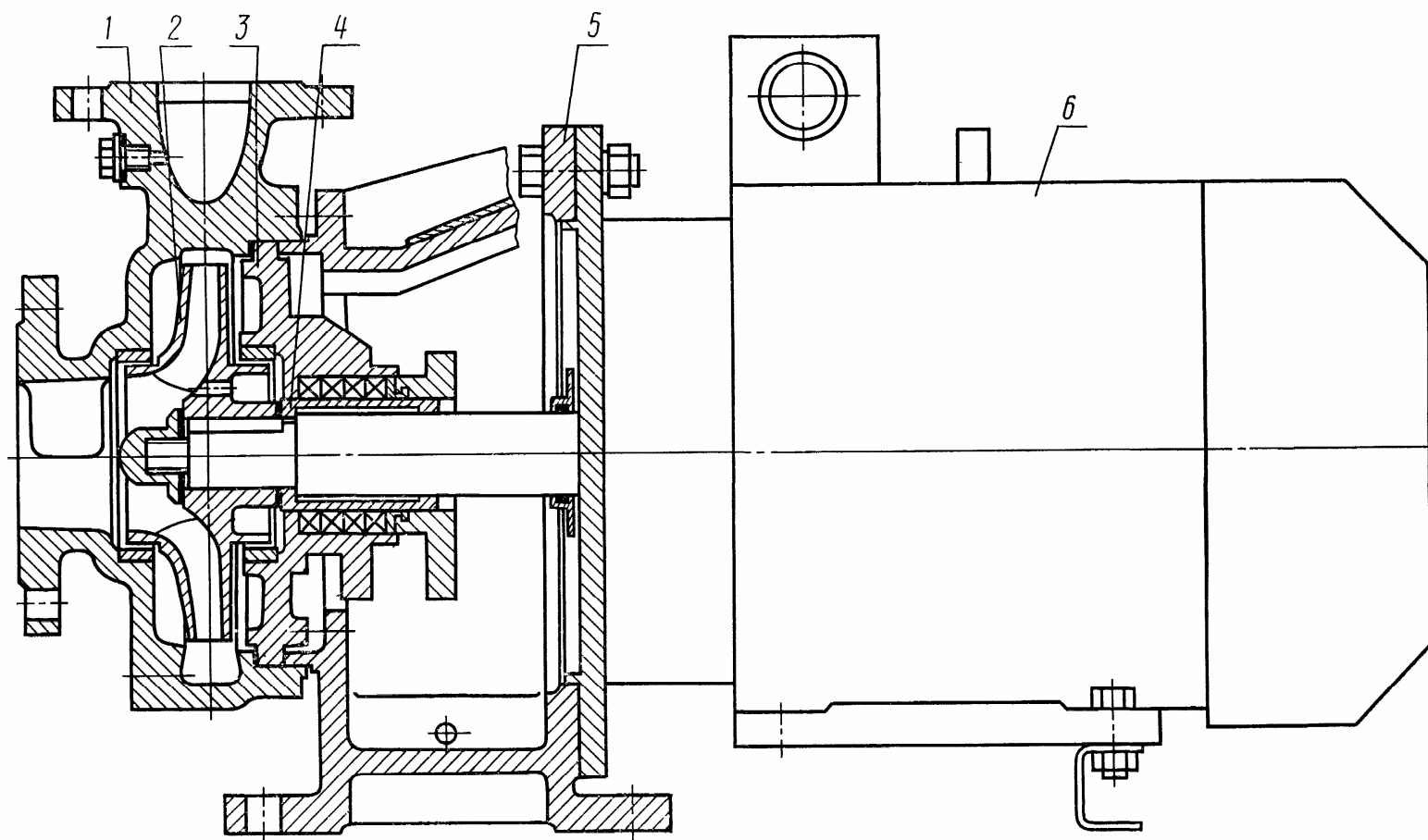


Рис. П.6-1. Разрез электронасоса типа КМ

1 – спиральный корпус, 2 – рабочее колесо, 3 – узел уплотнения.
4 – защитная втулка, 5 – промежуточный фонарь, 6 – двигатель

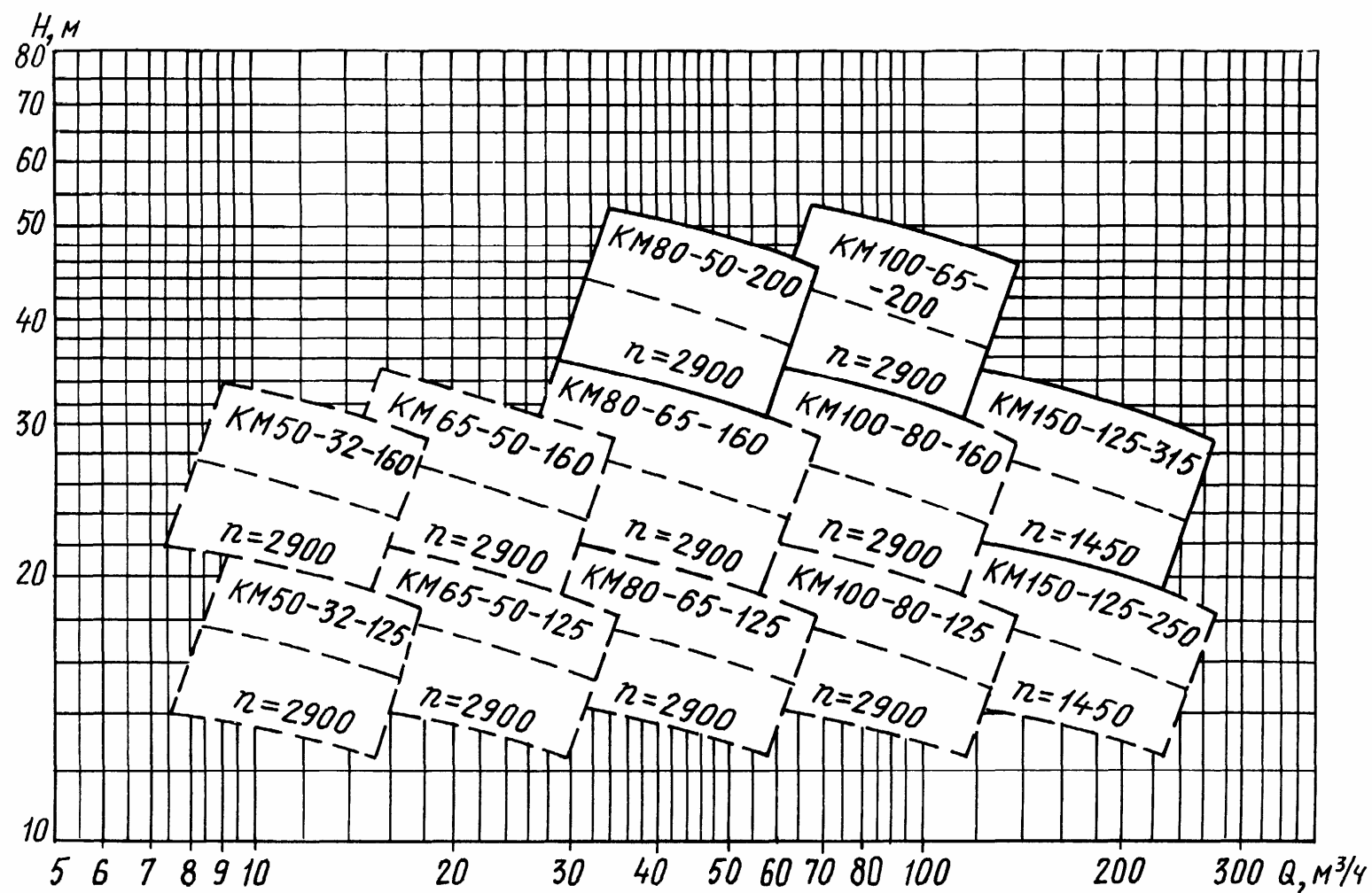


Рис. П.6-2. Сводное поле $Q-H$ насосов типа КМ (частота вращения n указана в оборотах в минуту; пунктир внутри поля – средняя его часть)

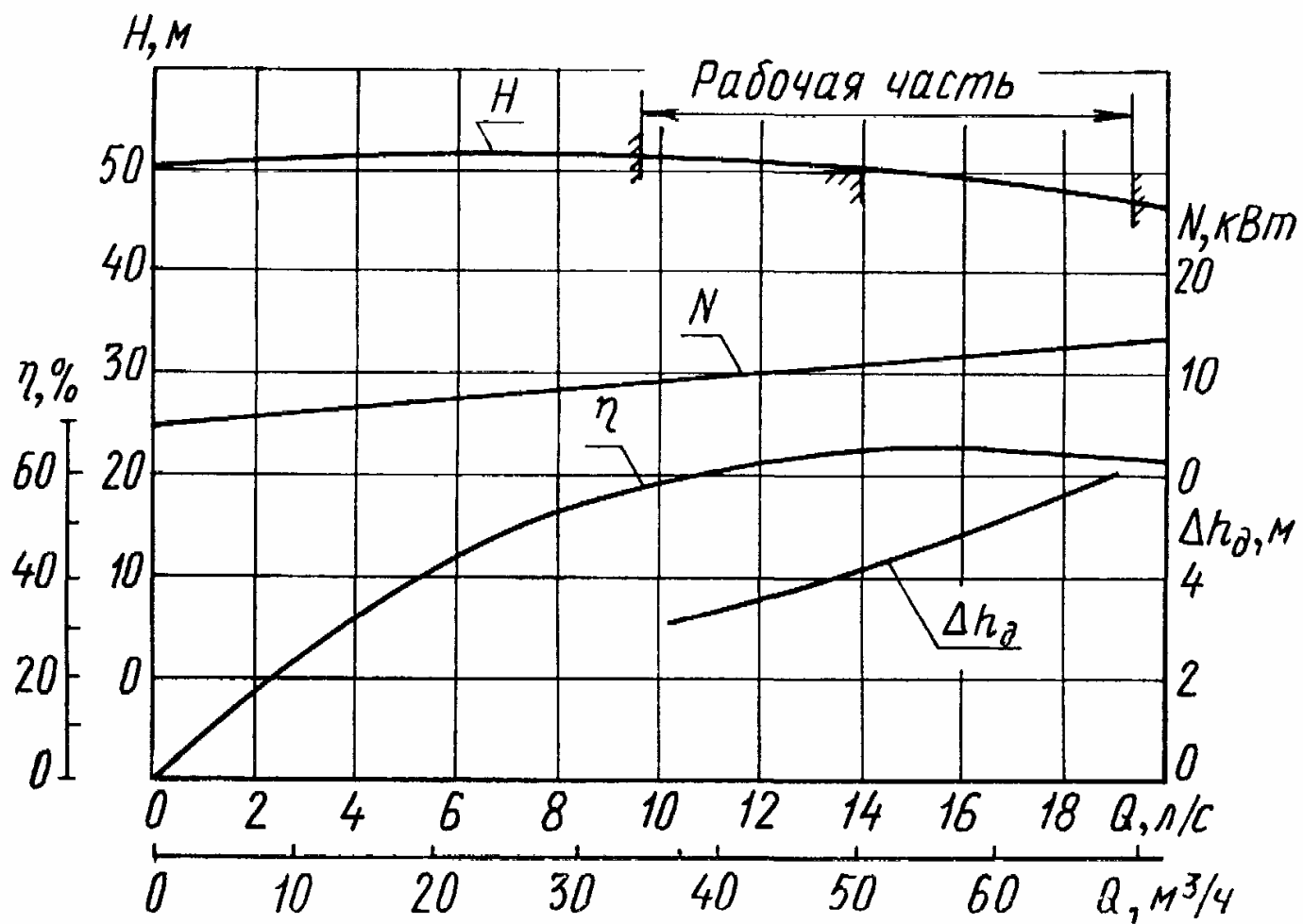


Рис. П.6-3.1. Характеристика
электронасоса КМ 80-50- 200; $n = 2900$ об/мин

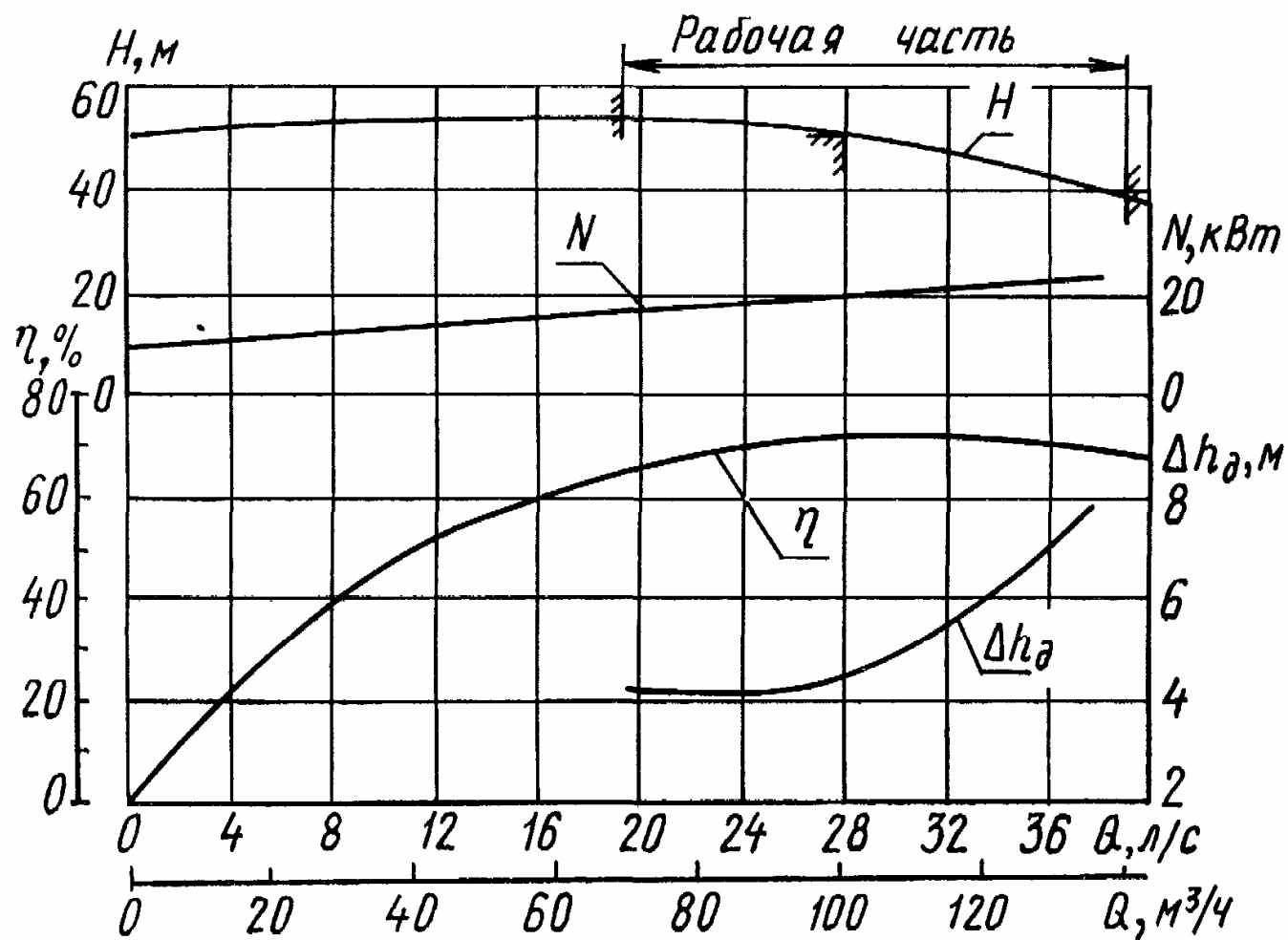


Рис. П.6-3.2. Характеристика
насоса КМ 100-65-200; $n = 2900$ об/мин

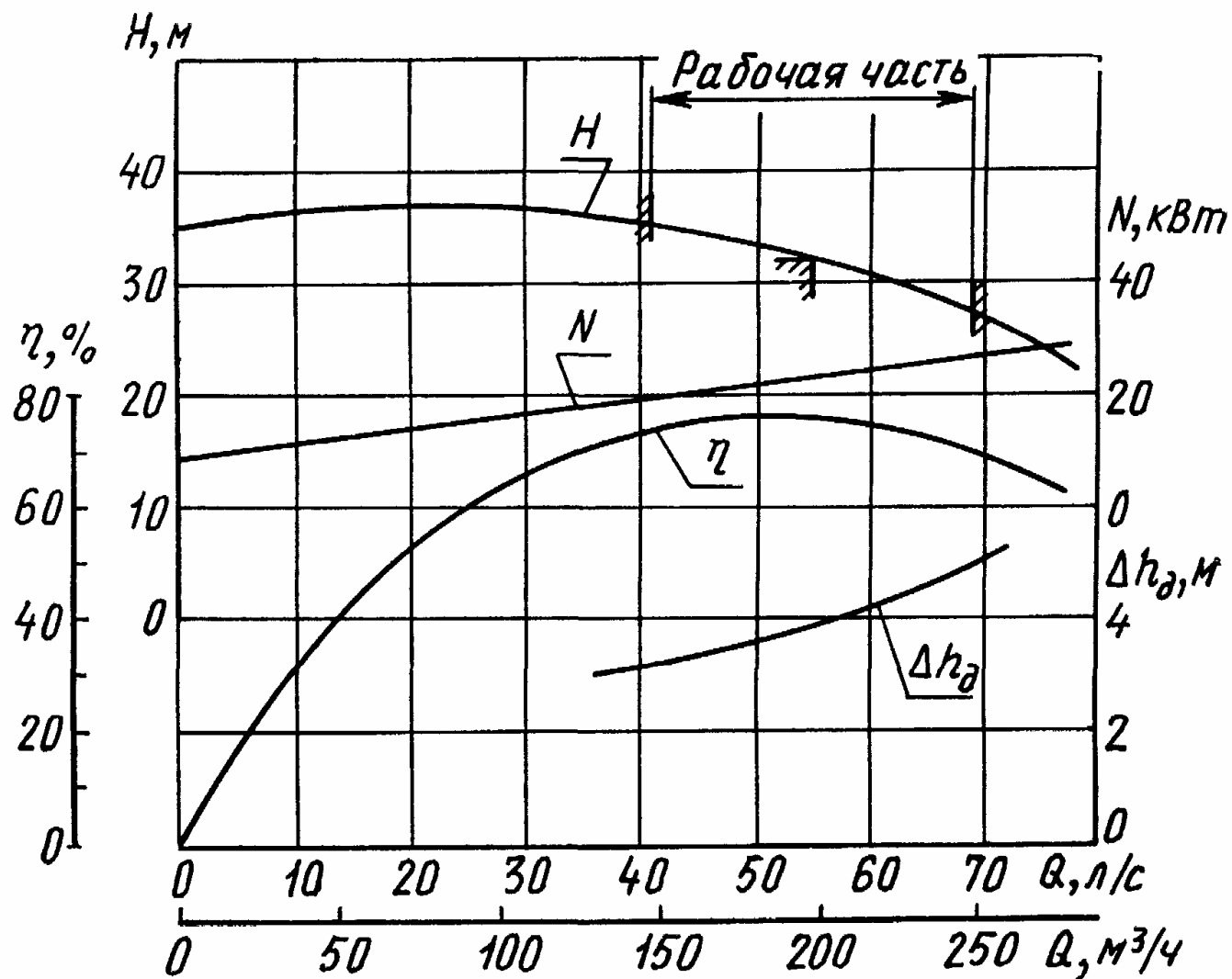


Рис. П.6-3.3. Характеристика
насоса КМ 150-125-315; $n = 1450$ об/мин

Табл. П.6-1

Технические характеристики насосов типа КМ

Типоразмер	Подача, м ³ /ч макс. номин. мин.	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность двигателя,, кВт	Допускаемый кавитационный запас, м, не более	КПД, %, не менее
КМ 50-32-125	17 12,5 8,6	17 20 22	2900	2,2	3,5	55
КМ 65-50-160	34 25 15	28 32 34	2900	5,5	3,8	64
КМ 80-65-160	68 50 32	26 32 34	2900	7,5	3,6	70
КМ 80-50-200	68 50 36	44 50 54	2900	15	3,5	65
КМ 100-80-160	132 100 65	28 32 36	2900	15	4,5	77
КМ 100-65-200	140 100 60	42 50 56	2900	30	4,5	72
КМ 150-125-250	245 200 120	18 20 21	1450	18,5	4,2	76

ГАБАРИТНЫЕ РАЗМЕРЫ (мм) ЭЛЕКТРОНАСОСОВ типа КМ

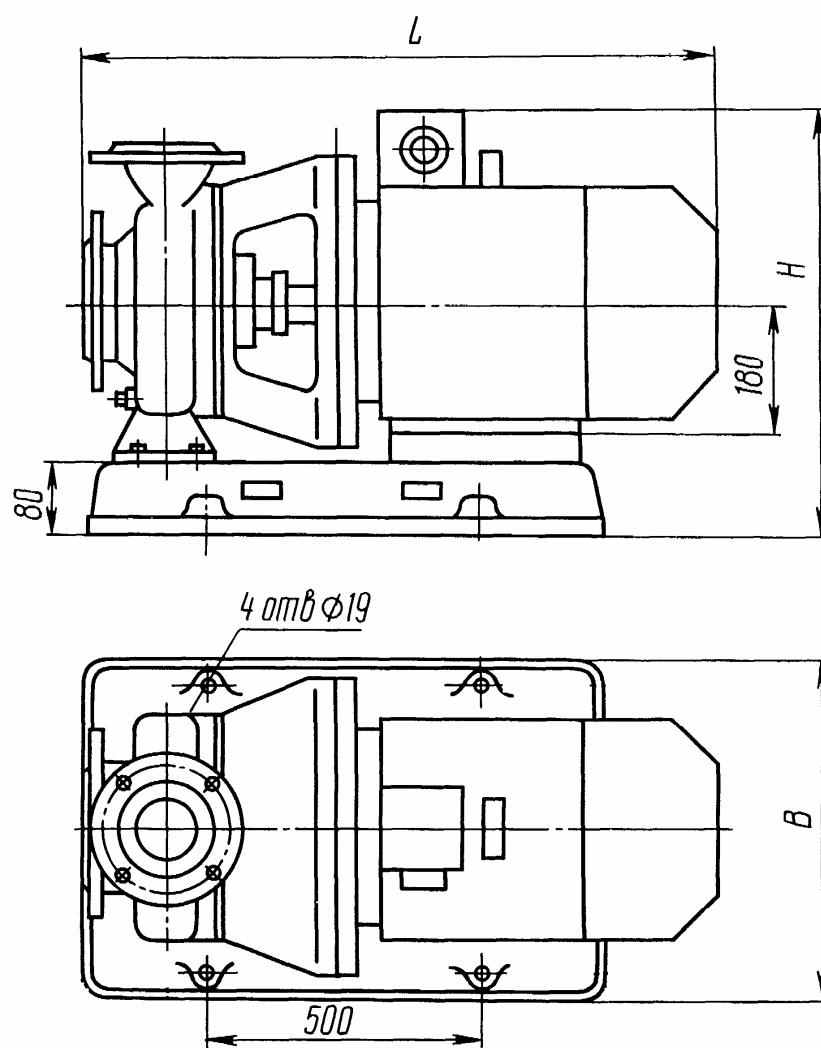


Табл.П.6-2

Типоразмер электронасоса	Двигатель				L	B	H
	Тип	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Напря- жение, В			
КМ 80-50-200	4A16082ЖУ2	15	3000	380	810	350	475
КМ 100-65-200	4A180M2ЖУ2	30	3000	380	890	425	550
КМ 150-125-315	4A180M4ЖУ2	30	1500	380	920	560	650

ПРИЛОЖЕНИЕ П. 7

НАСОСЫ ТИПОВ Д

Центробежные насосы двустороннего входа (типа Д) – горизонтальные одноступенчатые с полуспиральным подводом жидкости к рабочему колесу, с горизонтальным разъемом корпуса, с выносными подшипниками качения (рис. П.7-1). Предназначены для перекачивания воды и жидкостей, сходных с водой по вязкости до 36 сСт и химической активности, температурой до 358 К (85°C), содержащих не более 0,06% по массе твердых включений максимальным размером 0,2 мм и микротвердостью не более 650 кгс/мм² [32]. Насосы применяются на насосных станциях первого и второго подъемов городского, промышленного и сельского водоснабжения, в том числе для орошения и осушения полей, а также в других отраслях промышленности. Этот тип насосов не предназначен для перекачивания взрыво- и пожароопасных жидкостей, а также любых жидкостей во взрыво- и пожароопасных помещениях.

Типоразмер насоса предварительно выбирают по требуемой подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ (рис. П.7-2), а затем по графической характеристике (рис. П.7-3.1 ... П.7-3.28) уточняют правильность выбора. При этом следует учитывать, что требуемые режимы работы (подача и напор) должны находиться в пределах рабочей части характеристики насоса. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса, кривая напора которого должна проходить через точку заданных параметров по подаче и напору или быть несколько выше ее.

Привод насоса – от электродвигателя через упругую муфту.

Технические характеристики насосов типа Д приведены в табл. П.7-1, а габаритные и присоединительные размеры этих насосов в табл. П.7-2.

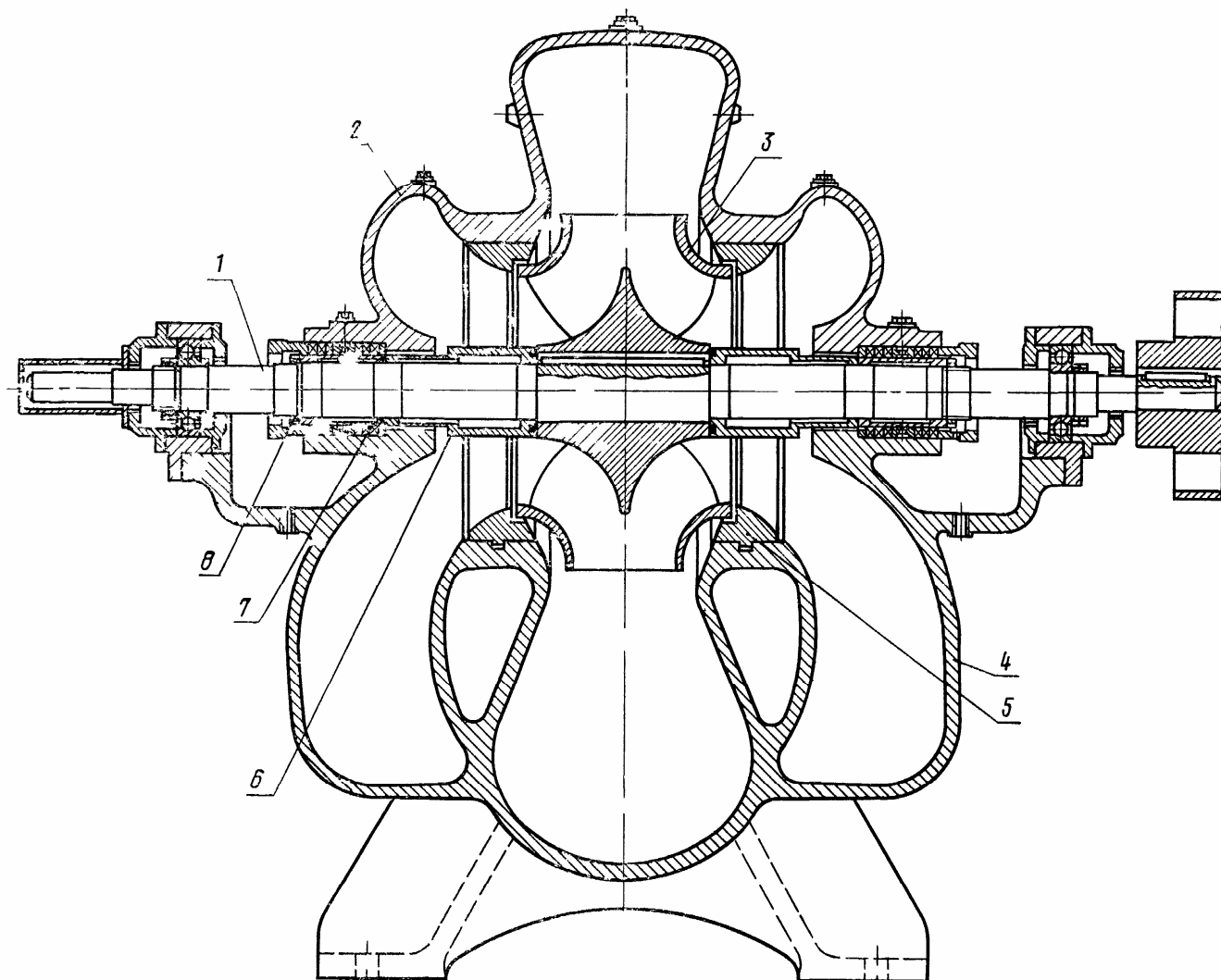


Рис. П.7-1. Разрез насоса типа Д
 1– вал, 2– крышка, 3–рабочее колесо, 4 – корпус,
 5 – сменные уплотнительные кольца; 6, 7– защитные втулки; 8 гайки

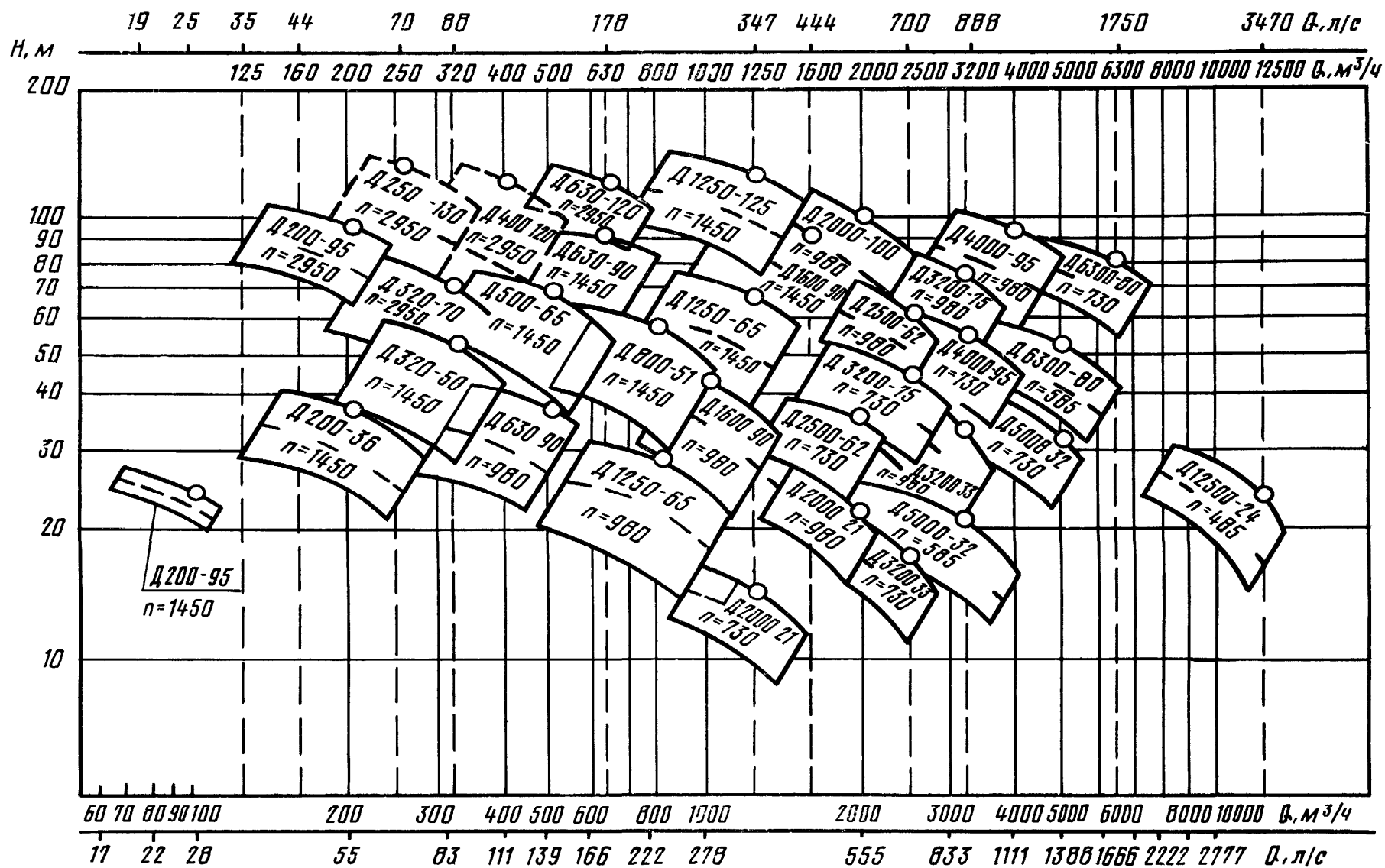


Рис. П.7-2. Сводное поле $Q-H$ насосов типа Д
(частота вращения n указана в оборотах в минуту)

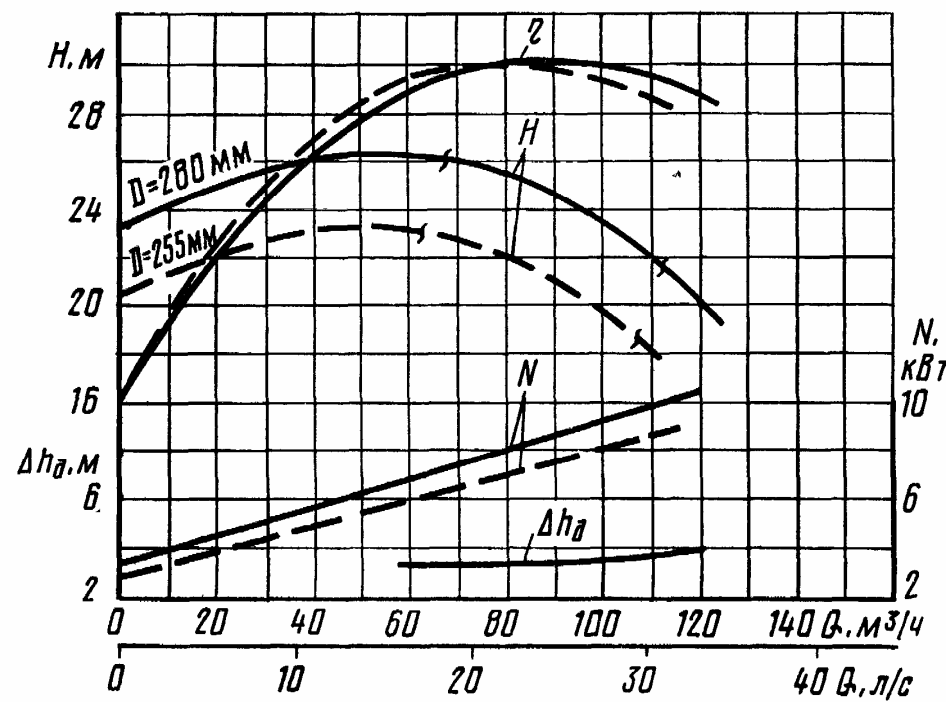


Рис. П.7-3.1. Характеристика насоса Д200-35; $n = 1450$ об/мин

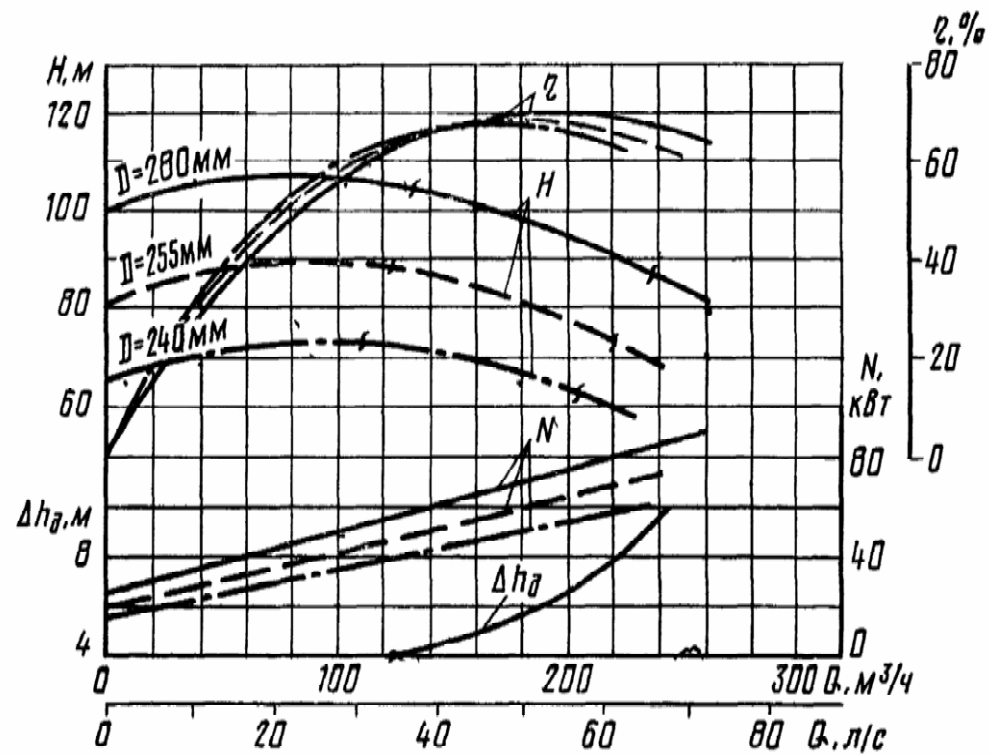


Рис. П.7-3.2.. Характеристика насоса Д200-95; $n = 2950$ об/мин

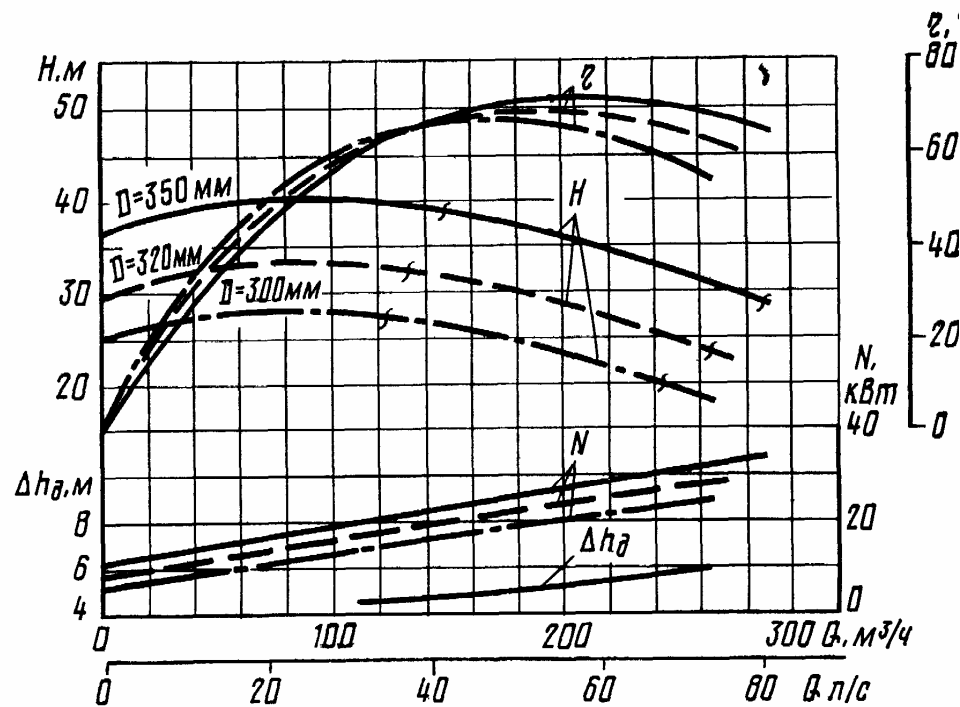


Рис. П.7-3.3.. Характеристика насоса Д200-36; $n = 1450$ об/мин

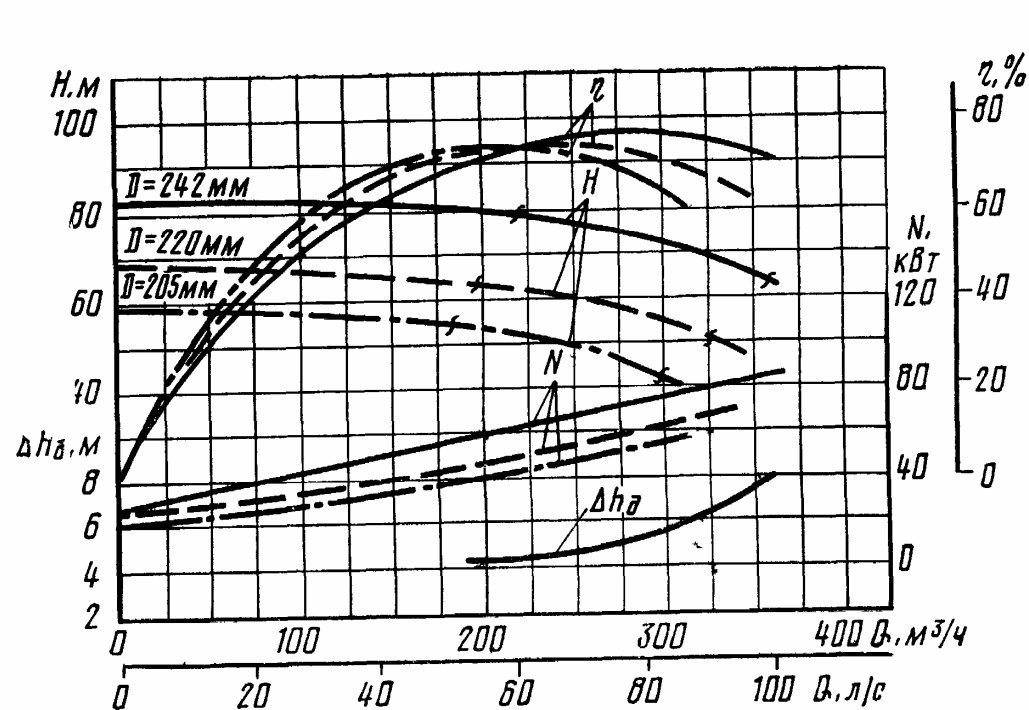


Рис. П.7-3.4.. Характеристика насоса Д320-70; $n = 2950$ об/мин

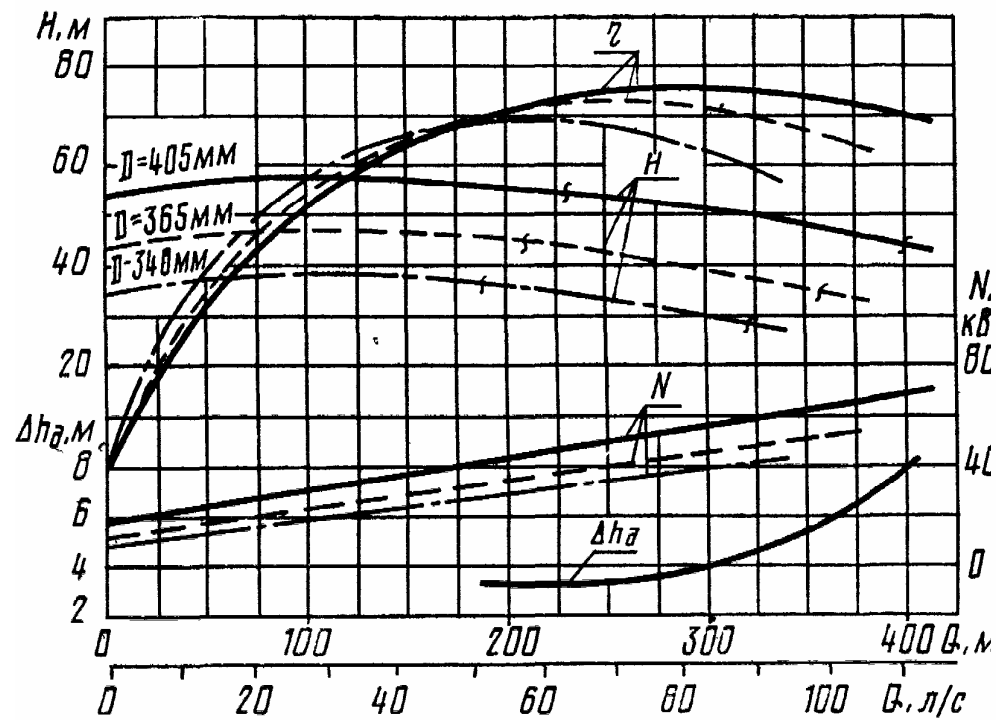


Рис. П.7-3.5.. Характеристика насоса Д320-50; $n = 1450$ об/мин

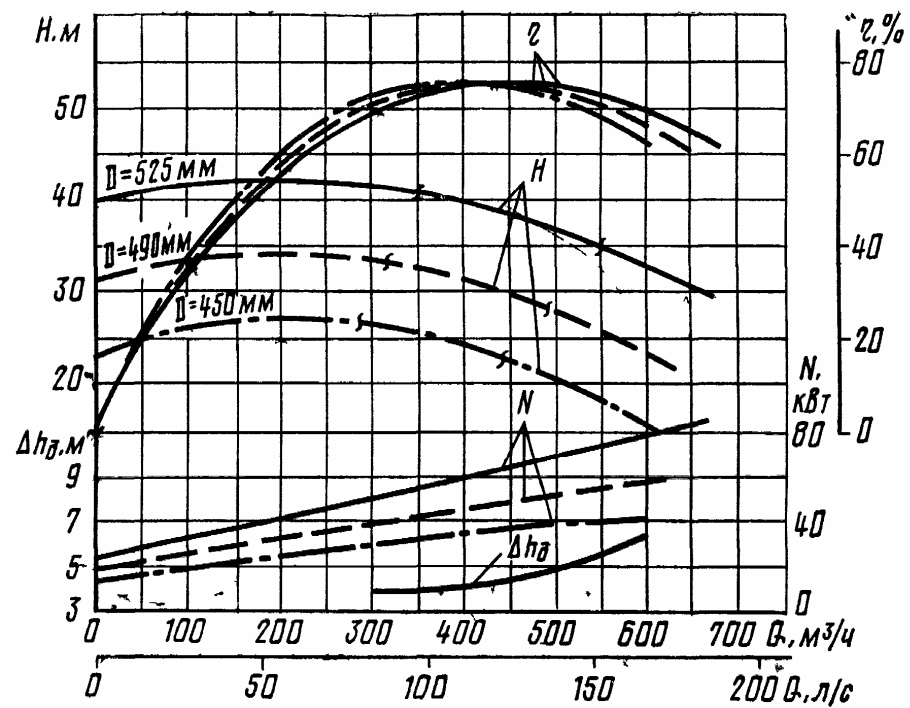


Рис. П.7-3.6.. Характеристика насоса Д630-90; $n = 960$ об/мин

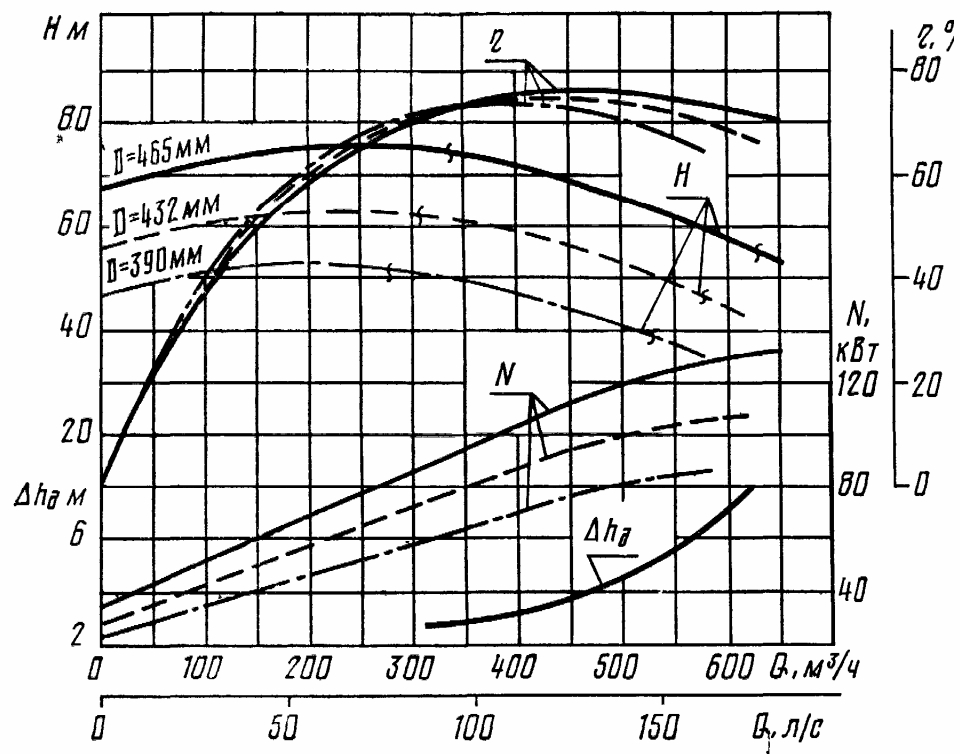


Рис. П.7-3.7.. Характеристика насоса Д500-65; $n = 1450$ об/мин

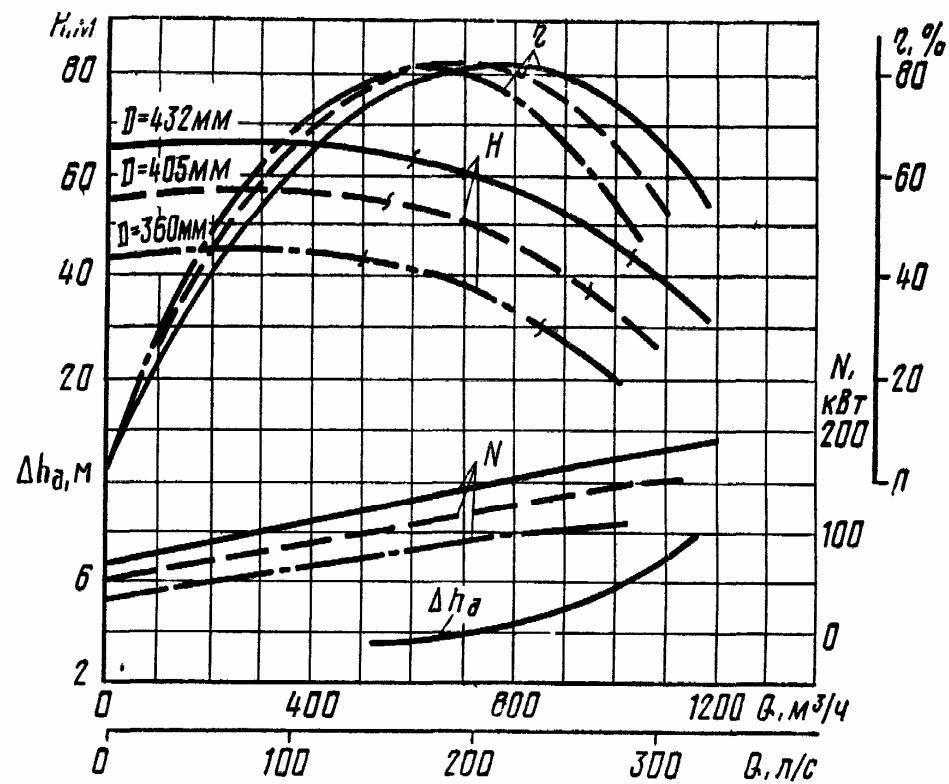


Рис. П.7-3.8.. Характеристика насоса Д800-57; $n = 1450$ об/мин

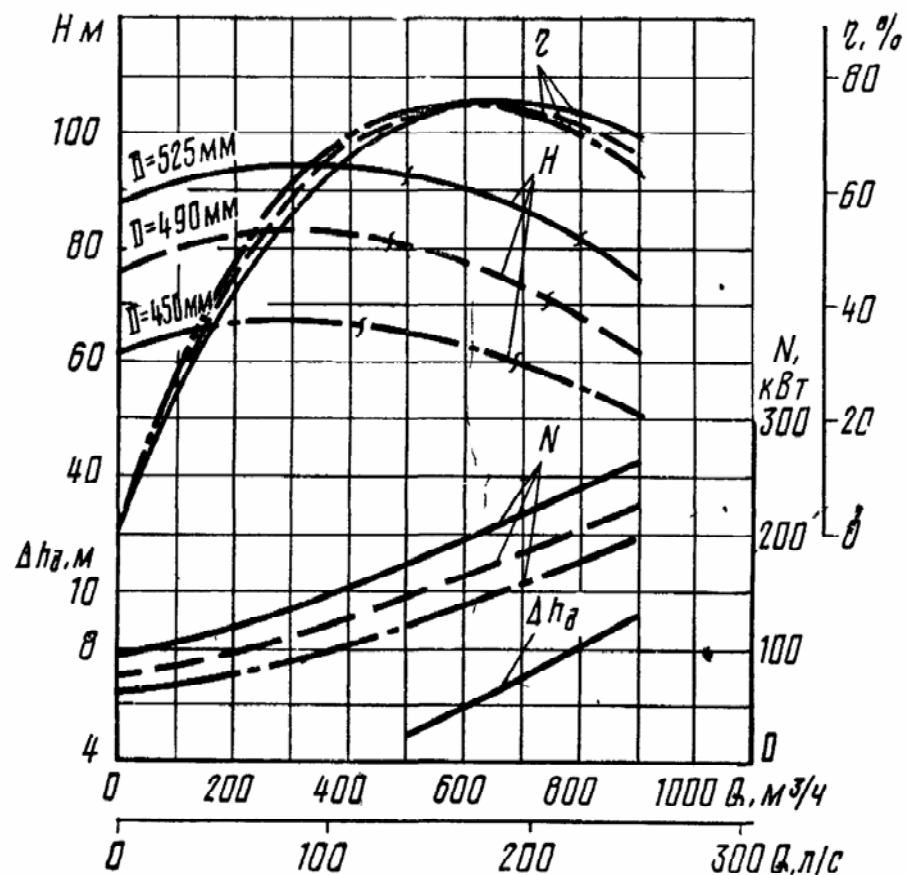


Рис. П.7-3.9.. Характеристика насоса Д630-90, $n=1450$ об/мин

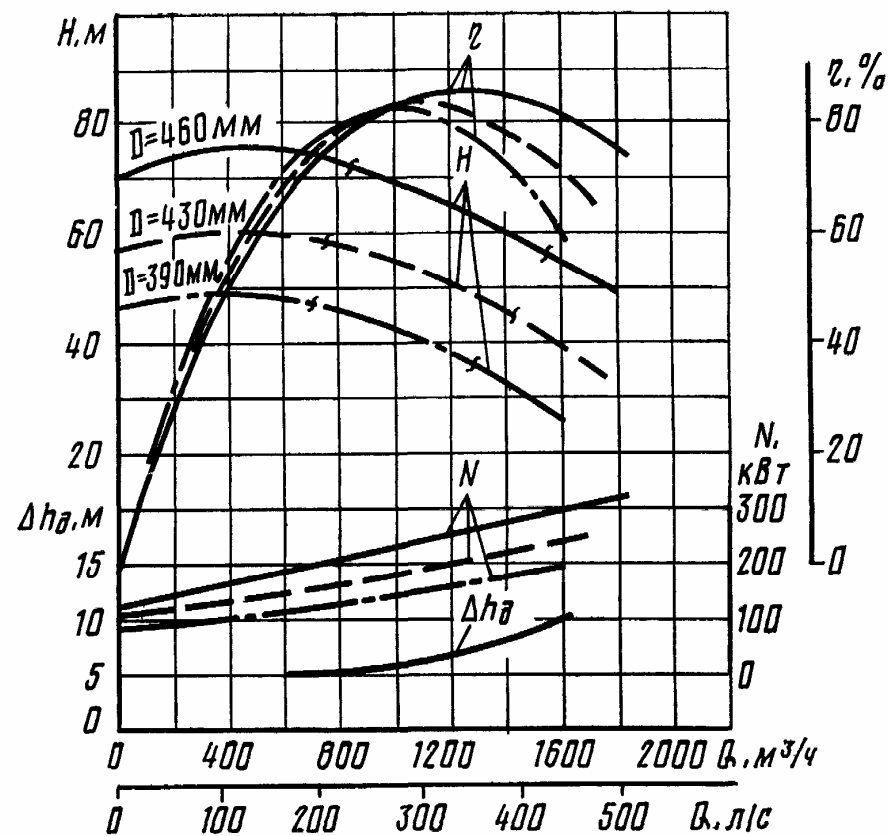


Рис. П.7-3.10.. Характеристика насоса Д1250-65, $n=1450$ об/мин

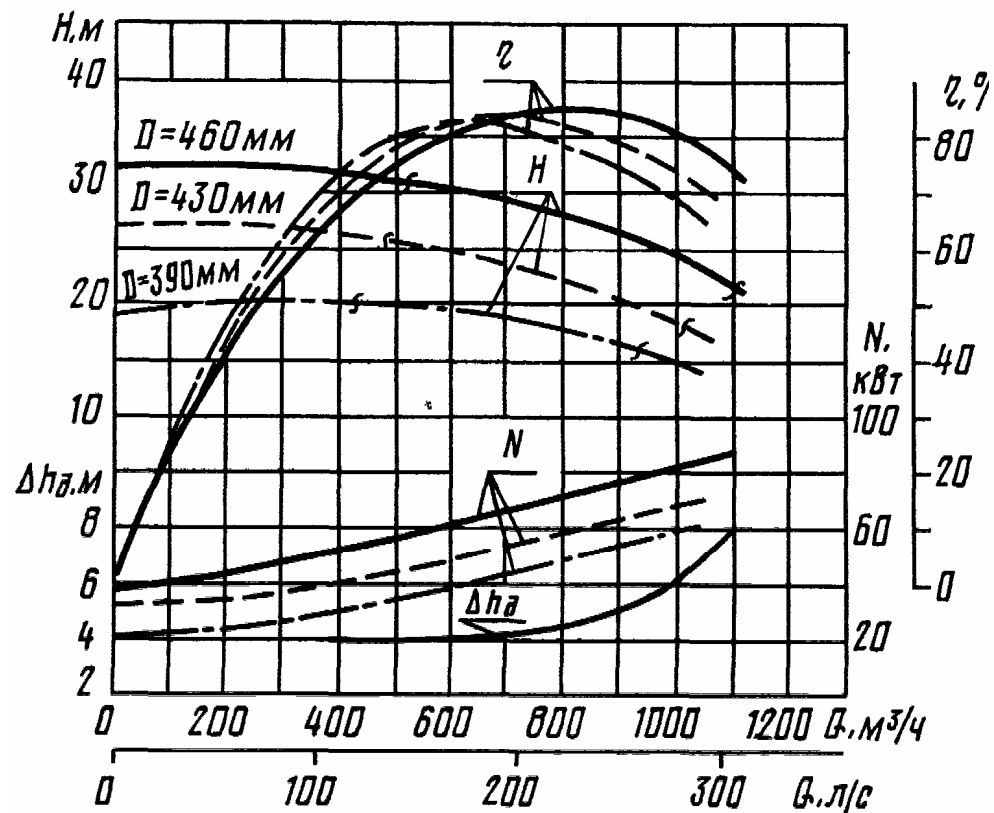


Рис. П.7-3.11.. Характеристика насоса Д1250-65; $n = 960$ об/мин

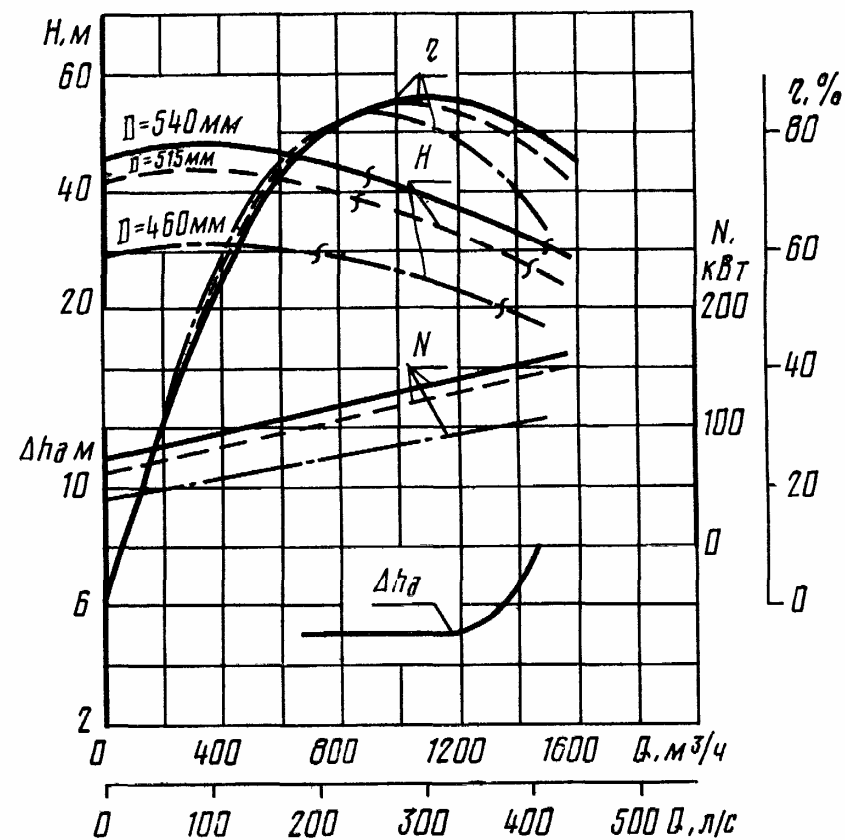


Рис. П.7-3.12.. Характеристика насоса Д1600-90; $n = 960$ об/мин

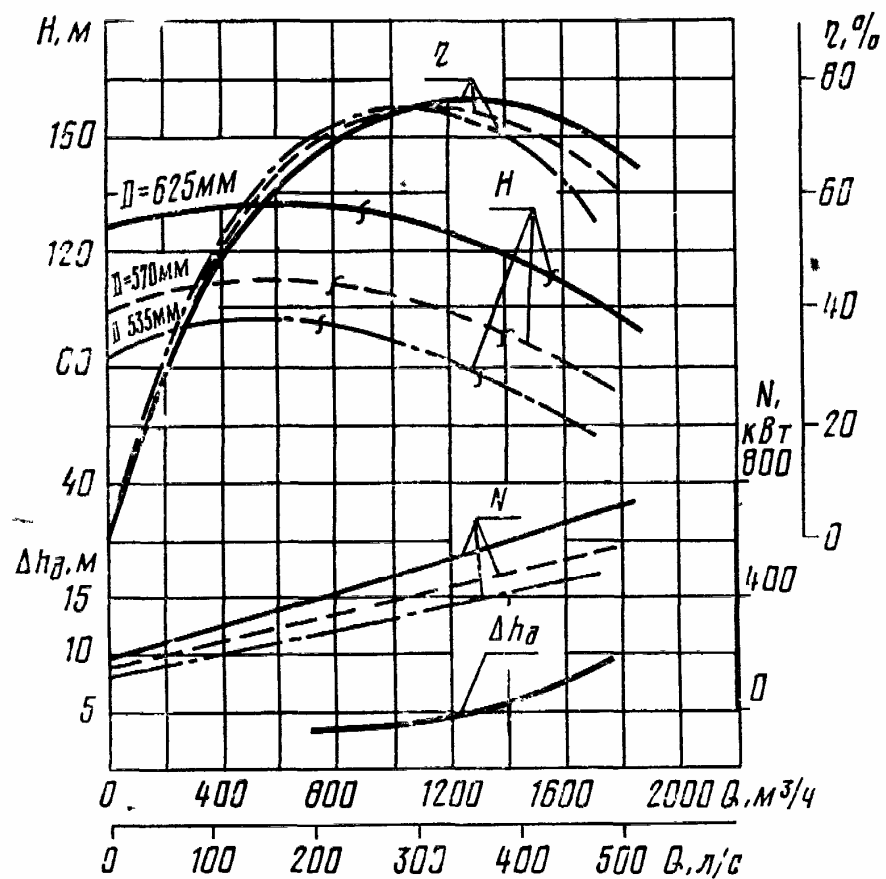


Рис. П.7-3.13.. Характеристика насоса Д1250-125; $n = 1450$ об/мин

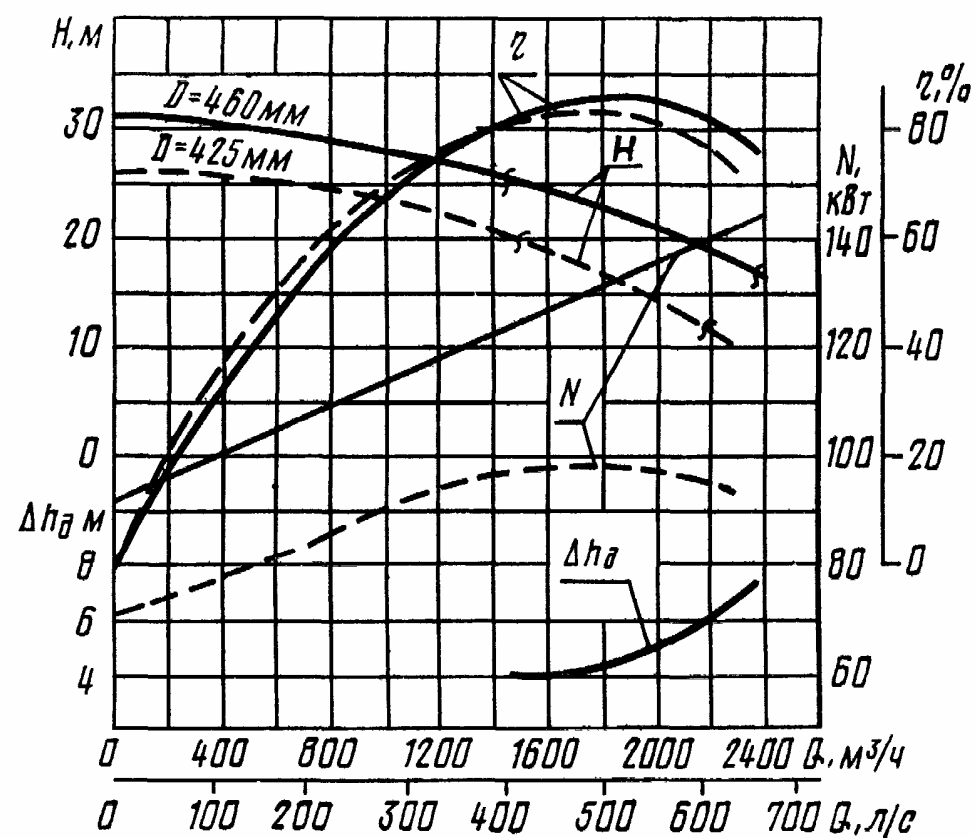


Рис. П.7-3.14.. Характеристика насоса Д2000-21; $n = 980$ об/мин

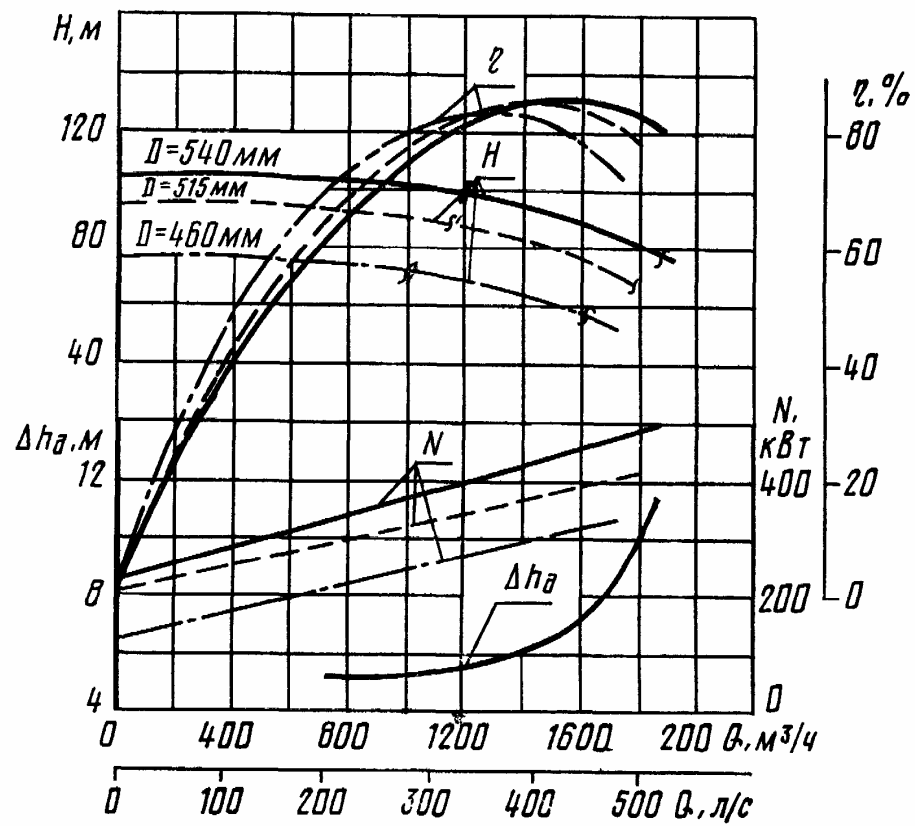


Рис. П.7-3.15.. Характеристика насоса Д1600-90; $n = 1450$ об/мин

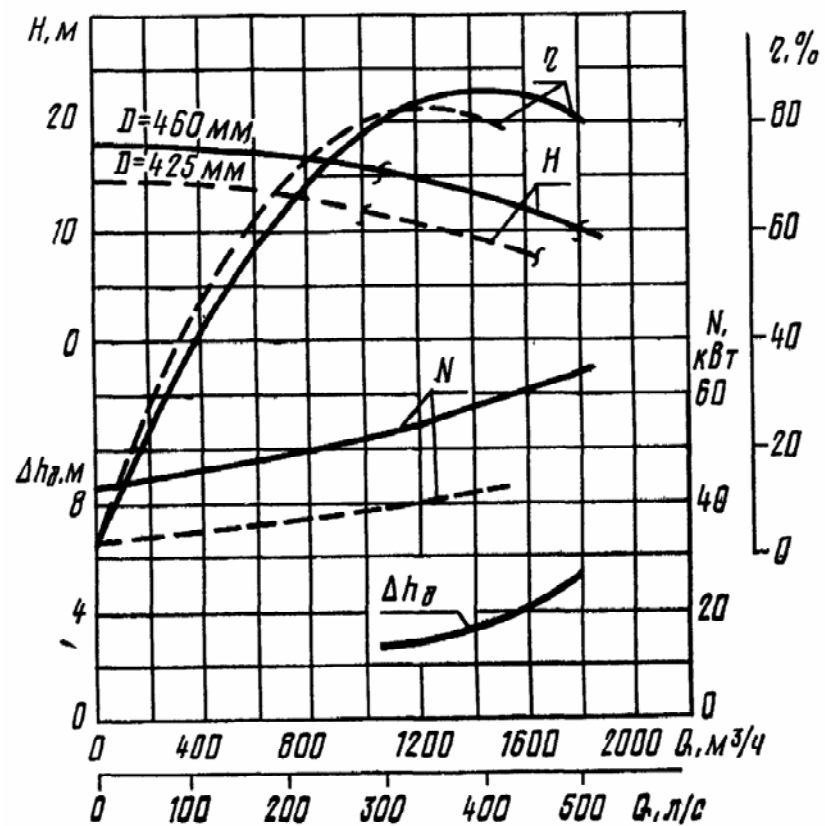


Рис. П.7-3.16.. Характеристика насоса Д2000-21; $n = 730$ об/мин

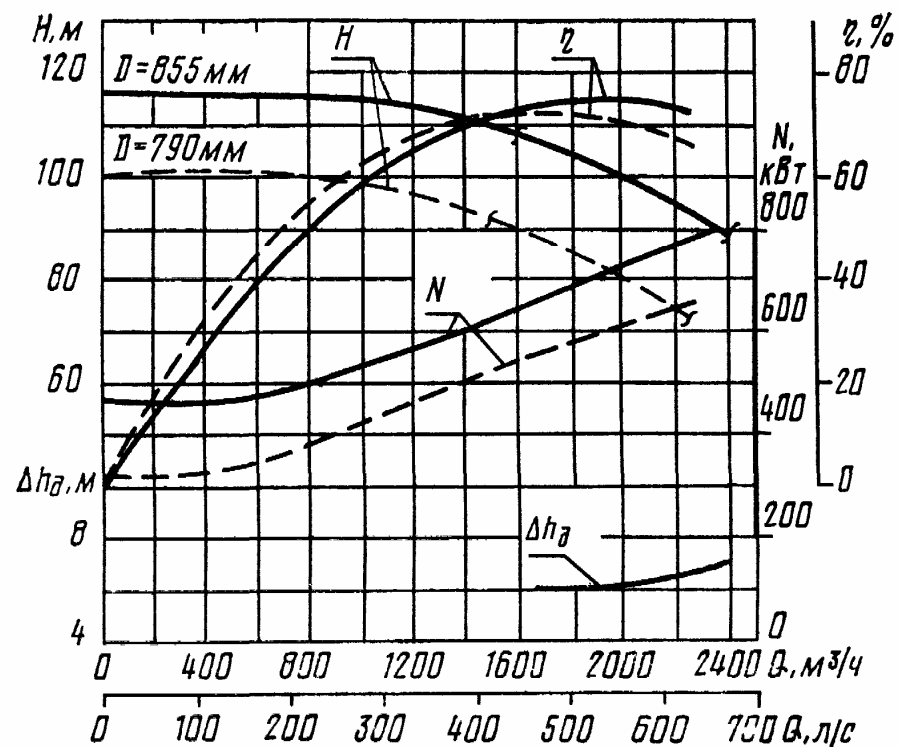


Рис. П.7-3.17.. Характеристика насоса Д2000-100; $n = 980$ об/мин

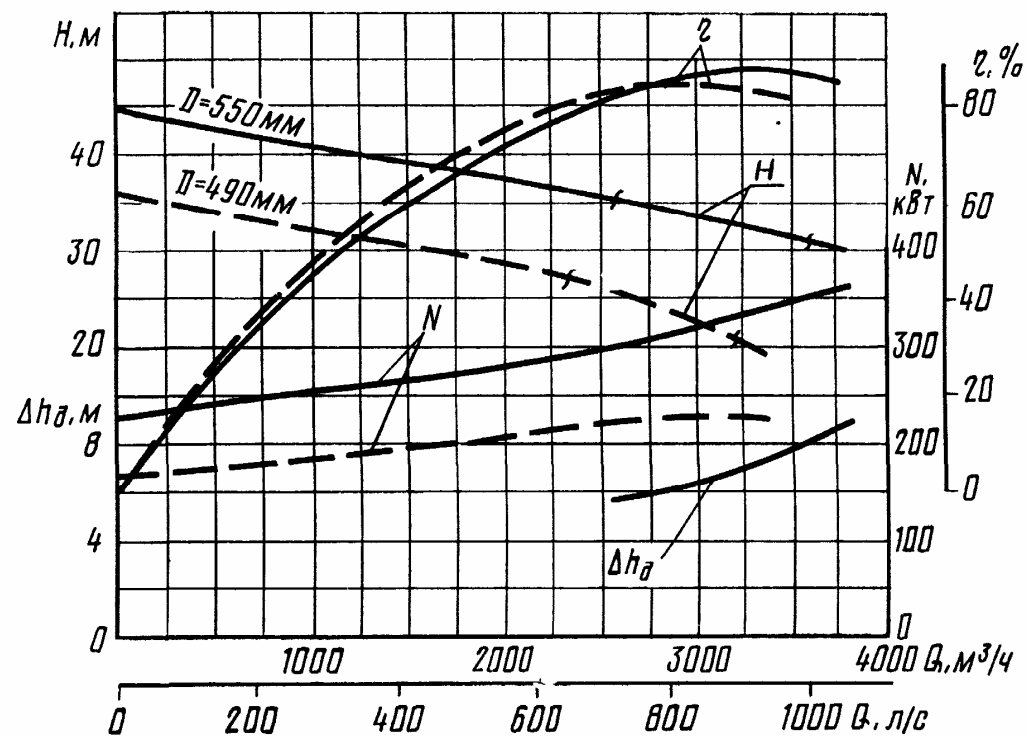


Рис. П.7-3.18.. Характеристика насоса Д3200-33; $n = 980$ об/мин

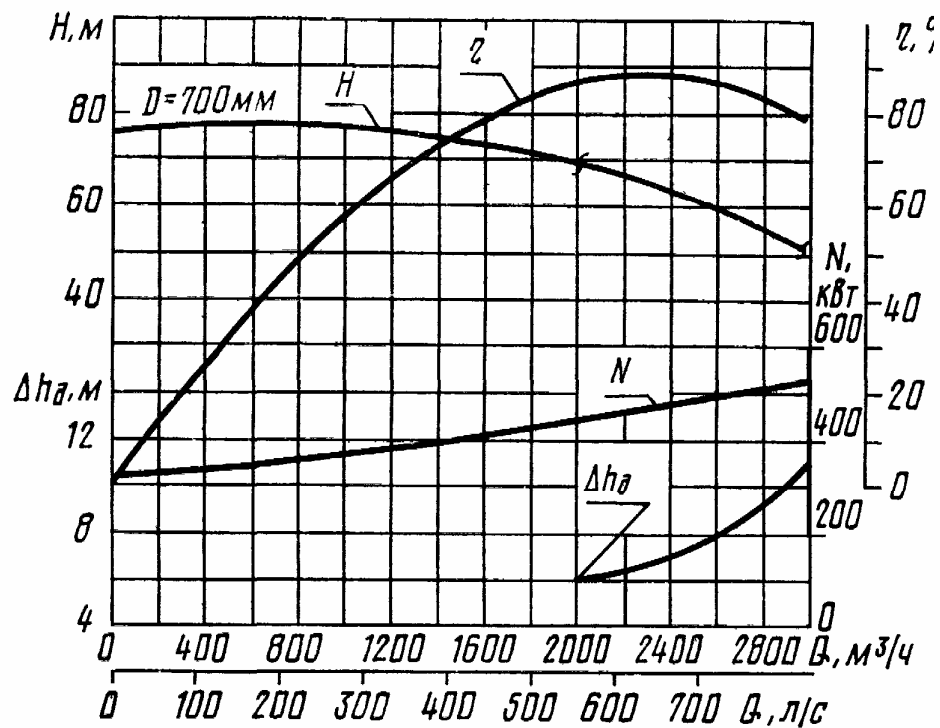


Рис. П.7-3.19.. Характеристика насоса Д2500-62; $n=980$ об/мин

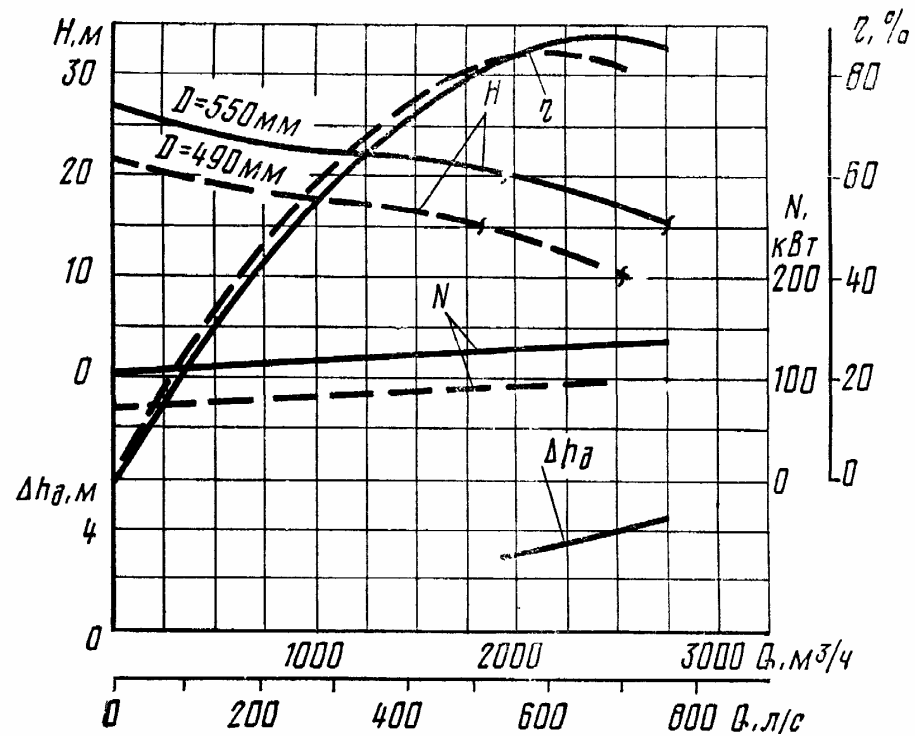


Рис. П.7-3.20.. Характеристика насоса Д3200-33; $n=730$ об/мин

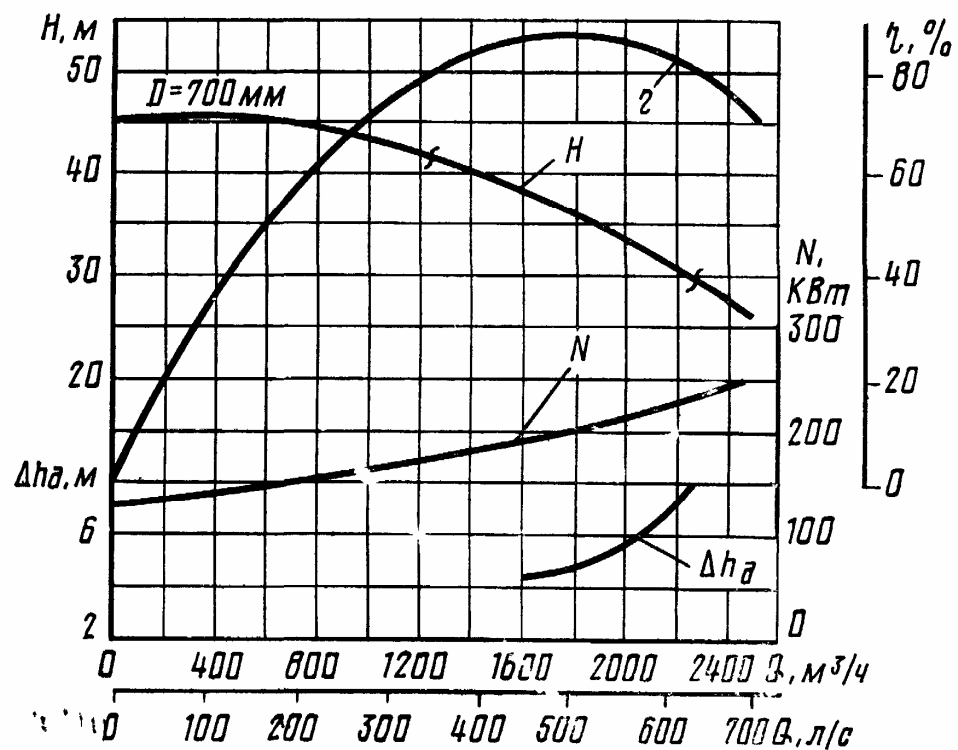


Рис. П.7-3.21.. Характеристика насоса Д2500-62; $n = 730$ об/мин

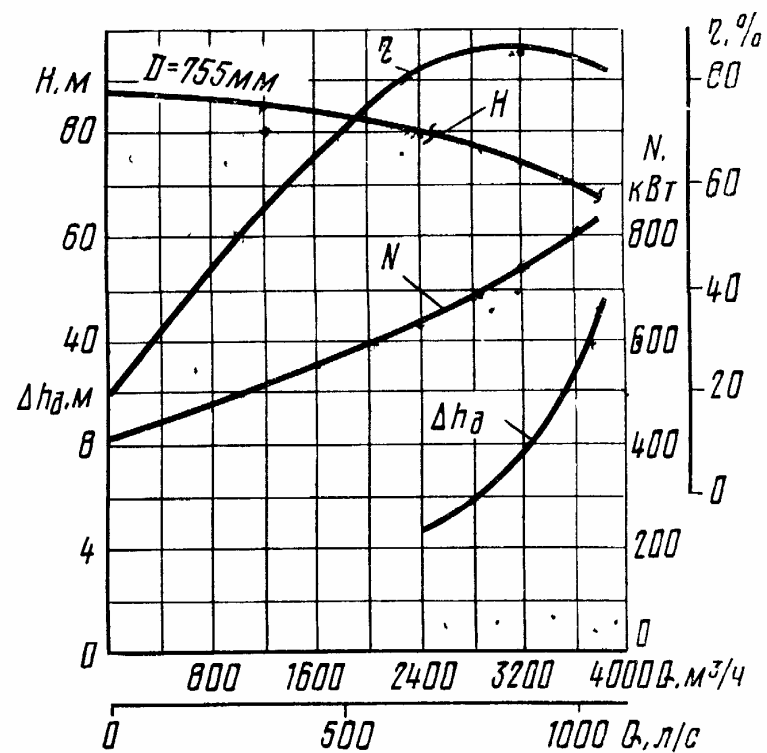


Рис. П.7-3.22.. Характеристика насоса Д3200-75; $n = 980$ об/мин

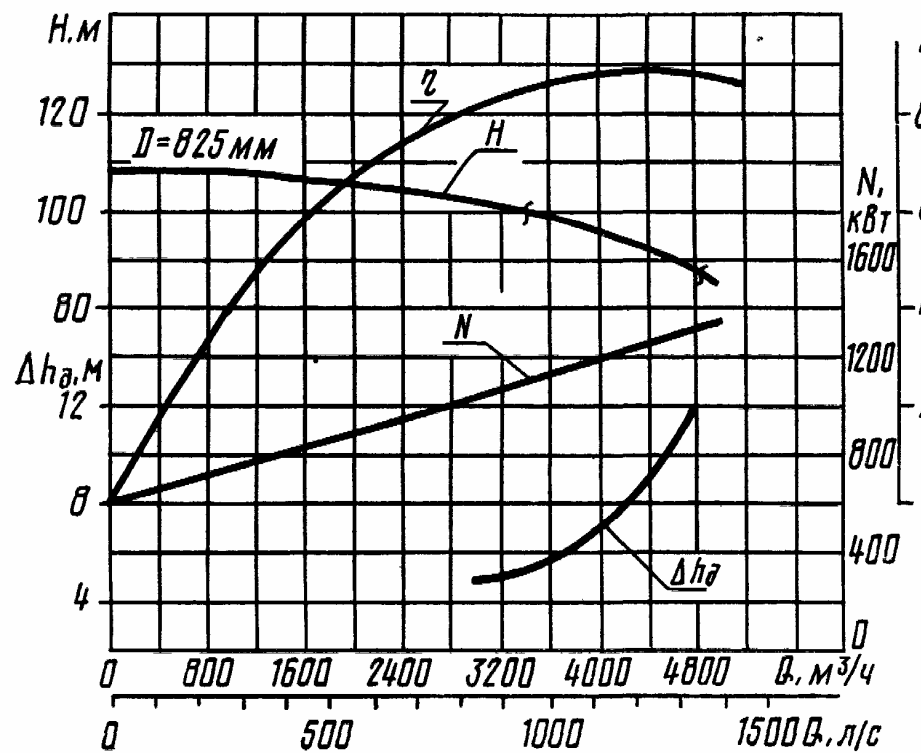


Рис. П.7-3.23.. Характеристика насоса Д4000-95; $n = 980$ об/мин

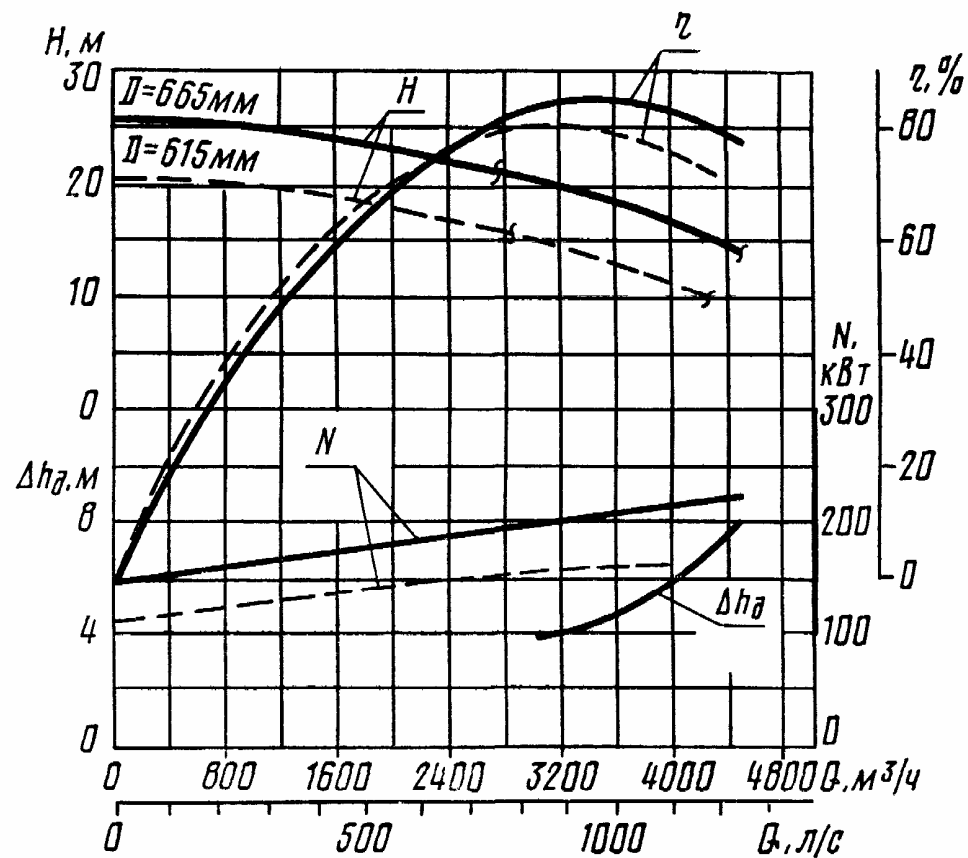


Рис. П.7-3.24.. Характеристика насоса Д5000-32; $n = 585$ об/мин

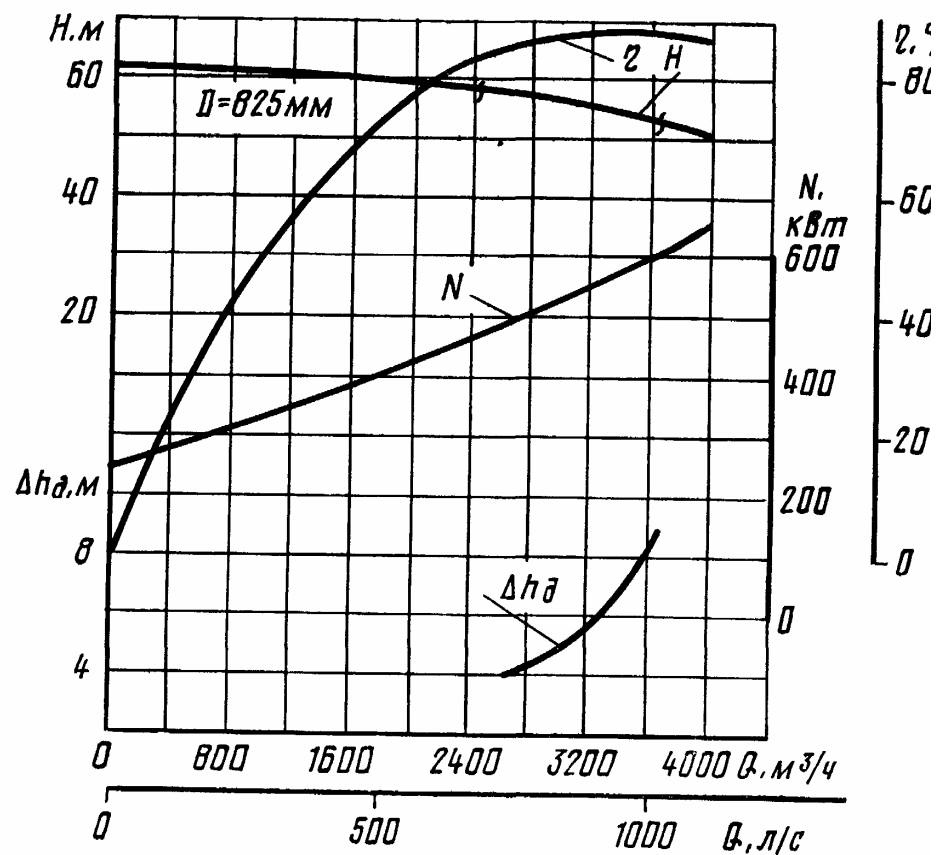


Рис. П.7-3.25.. Характеристика насоса Д4000-95; $n = 730$ об/мин

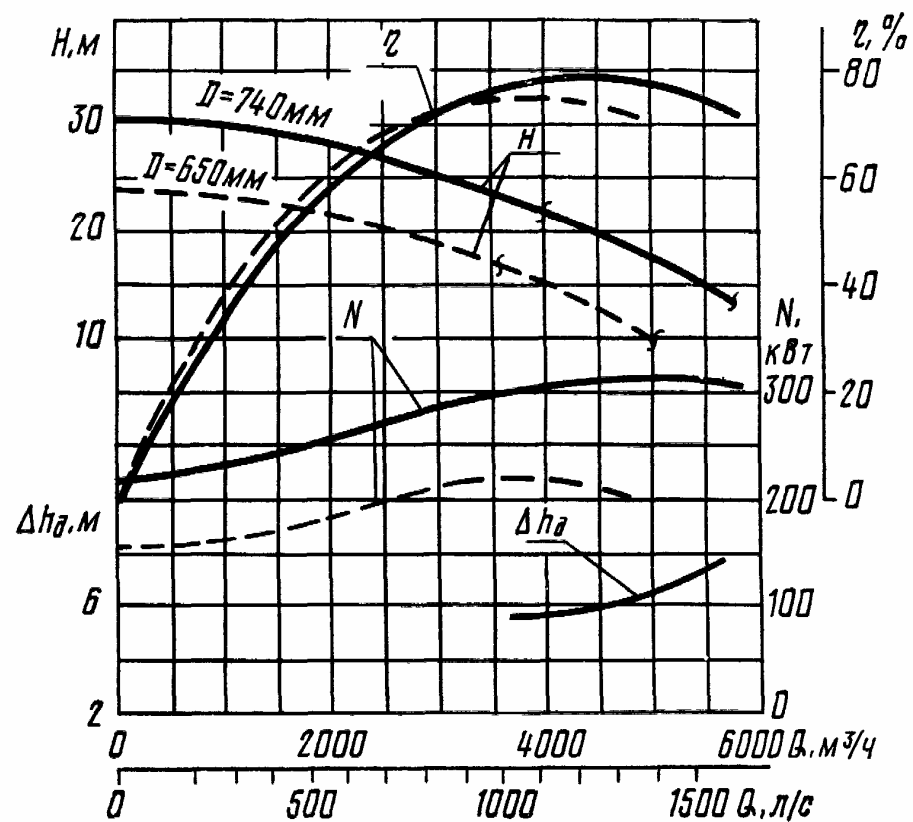


Рис. П.7-3.26.. Характеристика насоса Д6300-27; $n = 585$ об/мин

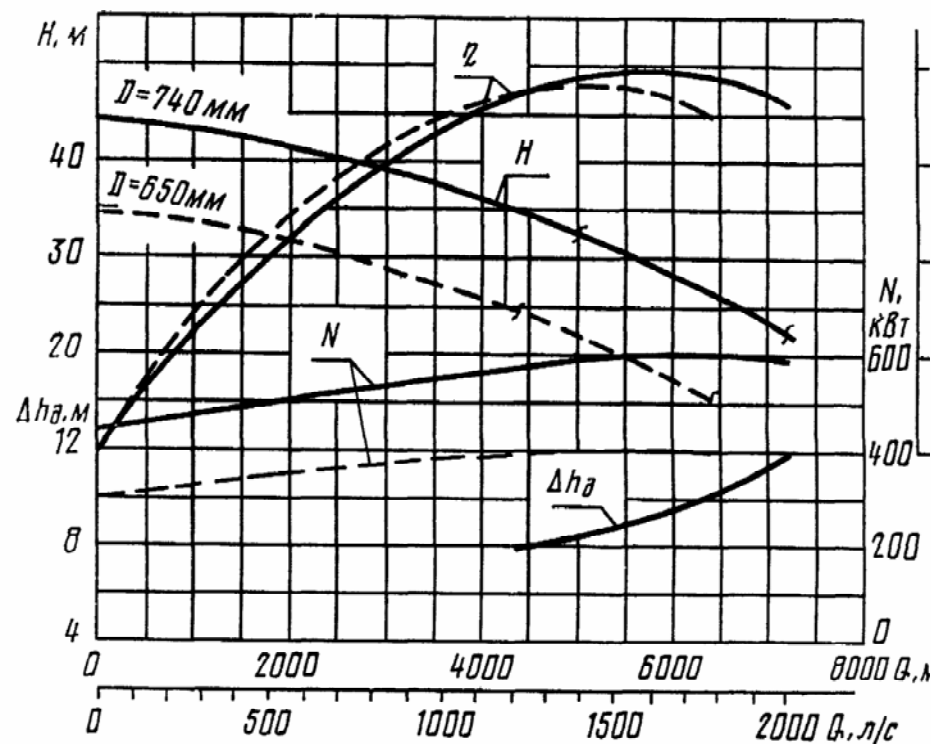


Рис. П.7-3.27.. Характеристика насоса Д6300-27; $n = 730$ об/мин

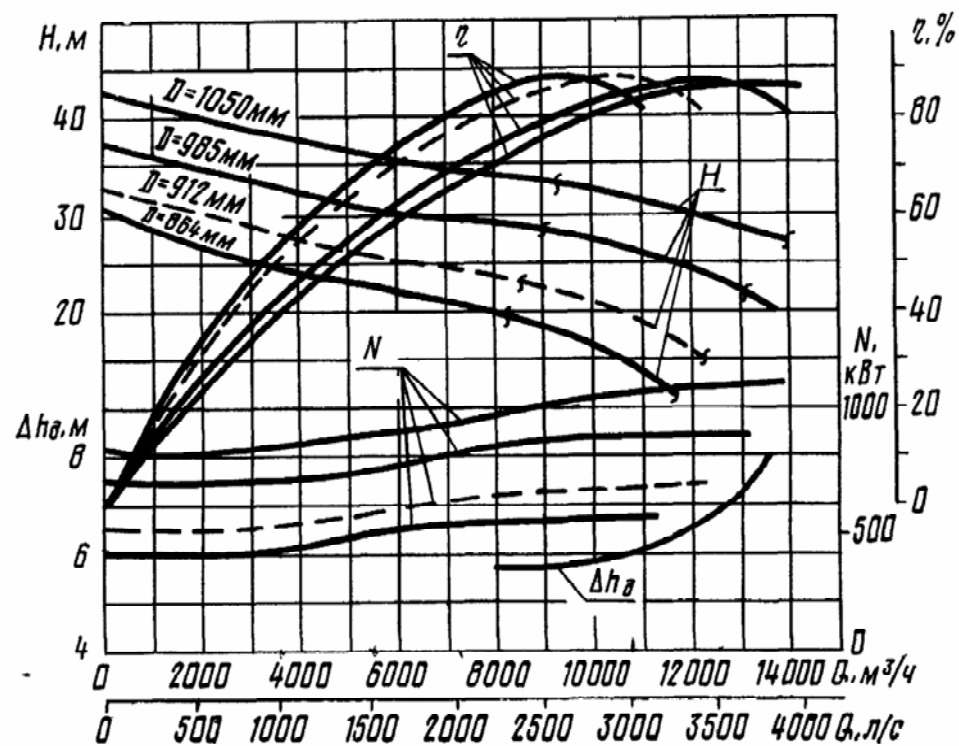


Рис. П.7-3.28.. Характеристика насоса Д12500-24; $n = 485$ об/мин

Табл. П.7-1

Технические характеристики насосов типа Д

Типоразмер	Подача, м ³ /ч макс. НОМИН. мин.	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность двигателя, кВт	Допускаемый кавитационный запас, м, не более	КПД, %, не менее
1	2	3	4	5	6	7
Д200-36	240 200 160	33 36 38	1450	37	4,3	74
Д200-36 а	230 190 150	26 29 32	1450	30	4,8	69
Д200-36 б	210 180 130	23 25 27	1450	22	5	67
1Д200-90	240 200 140	83 90 97	2900	90	5,5	75
1Д200-90Э	220 180 130	68 74 80	2900	75	5,5	75
1Д200-90 б	200 160 115	56 62 68	2900	55	5,5	75
1Д250-125	305 250 180	120 125 133	2900	160	6	73
1Д250-125а	300 240 170	94 101 108	2900	132	6	73
1Д315-50	380 315 200	43 50 60	2900	75	6,5	79
1Д315-50а	360 300 210	35 42 48	2900	55	6,5	79
1Д315-50 б	325 280 210	30 36 40	2900	45	6,5	79

Продолжение табл. П.7-1

1	2	3	4	5	6	7
1Д315-71	370 315 215	65 71 79	2900	110	6,5	80
1Д315-71а	355 300 210	57 63 69	2900	90	6,5	80
1Д500-63	560 500 340	58 63 69	1450	160	4,5	77
1Д500-63а	550 310 400	47 53 58	1450	132	4,8	74
1Д500-63 б	510 400 280	38 44 47	1450	110	5	69
1Д630-90	760 630 440	85 90 95	1450	250	5,5	77
1Д630-90а	710 550 360	68 74 78	1450	200	5,8	74
1Д630-90 б	660 500 290	57 60 64	1450	160	5,9	69
1Д630-125	740 630 420	117 125 129	1450	400	5,5	71
1Д630-125а	680 550 350	95 101 109	1450	315	5,6	68
1Д630-125 б	650 500 300	78 82 88	1450	250	5,7	63
1Д800-56	940 800 540	53 56 62	1450	200	5	83
1Д800-56а	870 740 520	43 48 52	1450	132	5,1	80
1Д800-56 б	800 700 490	35 40 43	1450	110	5,2	75

Продолжение табл. П.7-1

1	2	3	4	5	6	7
1Д1 250-63	1500 1250 880	56 63 68	1450	315	6	86
1Д1250-63а	1360 1100 760	45 52,5 56	1450	250	6,1	83
1Д1250-63 б	1280 1050 720	37 44 47	1450	200	6,2	78
1Д1250-125	1515 1250 890	110 125 134	1450	630	5,5	78
1Д1250-125Э	1380 1150 800	92 102 114	1450	500	5,6	75
1Д1250-125 б	1250 1030 710	80 84 96	1450	400	5,7	70
1Д1600-90	1980 1600 1150	82 90 99	1450	630	7	85
1Д1600-90а	1800 1450 1050	68 75 83	1450	400	7,1	82
1Д1600-90 б	1625 1300 950	55 65 68	1450	315	7,2	77
АД2000-21-2	2000	21	960	160	5	90
АД2000- 100-2	2000	100	960	800	6	82
АД2500-62-2	2500	62	960	630	6	88
АД3200-33-2	3200	33	960	400	6,5	86
АД3200-75-2	3200	75	960	1000	6,5	88
АД4000-95-2	4000	95	960	1600	7	86
АД6300-27-3	6300	27	730	630	7,5	90

Табл. П.7-2

Габаритные и присоединительные размеры насосных агрегатов «Д»

Типоразмер	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутр. диаметр всас. патрубка, мм	Внутр. диаметр напор. патрубка, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
Д200-36	1625	799	835	150	125	730
Д200-36а	1500	799	730	150	125	605
Д200-36б	1496	799	730	150	125	625
1Д200-90	1727	557	795	150	100	820
1Д200-90а	1477	530	740	150	100	575
1Д200-90 б	1582	530	755	150	100	635
1Д250-125	2007	895	910	150	100	1245
1Д250-125а	1952	865	845	150	100	1195
1Д315-50	1687	600	825	200	150	821
1Д315-50а	1582	600	785	200	150	670
1Д315-50 б	1572	600	770	200	150	596
1Д315-71	1912	660	855	200	150	1170
1Д315-71а	1727	600	790	200	150	861
1Д500-63	2435	900	985	250	150	1650
1Д500-63а	2360	890	955	250	150	1590
1Д500-63 б	2320	890	955	250	150	1520
1Д630-90	2555	1000	1085	250	200	2210
1Д630-90а	2470	1040	1035	250	200	1880

Продолжение табл. П.7-2

1	2	3	4	5	6	7
1Д630-90 б	2440	1040	1035	250	200	1750
1Д630-125	2705	1320	1580	250	150	2980
1Д630-125а	2705	795	1115	250	150	2635
1Д630-125 б	2555	795	2225	250	150	2451
1Д800-56	2470	1040	1100	300	200	1655
1Д800-56а	2362	935	1065	300	200	1474
1Д800-56 б	2325	935	1065	300	200	1566
1Д1250-63	2645	1060	1220	350	250	2740
1Д1250-63а	2595	1060	1220	350	250	2570
1Д1250-63 б	2510	990	1042	350	250	2250
1Д1250-125	3243	1470	1705	350	200	4934
1Д1250-125а	2938	1370	1640	350	200	3783
1Д1250-125 б	2938	1370	1640	350	200	3643
1Д1600-90	3243	1470	1705	350	300	4460
1Д1600-90а	2938	1370	1640	350	300	3614
1Д1600-90 б	2938	1370	1640	350	300	2251
АД2000-21-2	2895	1230	1350	500	400	3050
АД2000-100-2	3845	1390	1550	500	300	5730
АД2500-62-2	3460	1810	1670	500	400	5930
АД3200-33-2	3445	1800	1760	600	500	5250
АД3200-75-2	4310	1700	1740	600	400	8930
АД4000-95-2	4850	1800	1755	600	500	12050
АД6300-27-3	4162	1767	1760	800	600	8100
АД6300-80-2	5470	2150	2115	800	600	18170

ПРИЛОЖЕНИЕ П.8

МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ НАСОСЫ типов ЦН, ЦНС, ЦНСс

Насосные агрегаты типа ЦН - центробежные многоступенчатые горизонтальные спиральные, с рабочим колесом одностороннего входа [30].

Предназначены для перекачивания воды и жидкостей, имеющих сходные с водой свойства по вязкости и химической активности, температурой до 100°С, с максимальной концентрацией твердых частиц 0,05% и размером 0,2 мм.

Насосные агрегаты типа ЦНС, ЦНСс - центробежные горизонтальные секционные однокорпусные.

ЦНС - предназначены для подачи чистой речной и подтоварной воды температурой до 45°С в нефтеносные пласты.

ЦНСс - предназначены для подачи в нефтеносные пласты агрессивных нефтепромысловых вод, в том числе сероводородосодержащих, плотностью до 1200 кг/м³, температурой до 80°С.

Применяются – ЦН в теплоэнергетике; ЦНС(с) – в нефтедобывающей промышленности.

Выбор насосов типа ЦН, ЦНС, ЦНСс можно произвести по техническим характеристикам, приведенным в табл. П.8-1.

Габаритные и присоединительные размеры этих насосных агрегатов представлены в табл. П.8-2.

Табл. П.8-1

Технические характеристики насосов типа ЦН, ЦНС, ЦНСс.

Типоразмер	Подача, м ³ /ч макс. номин. мин.	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность двигателя, кВт	Допускаемый кавитационный запас, м, не более	КПД, %, не менее
1	2	3	4	5	6	7
ЦН 160-112	194 160 130	108 112 114	2900	90	4,8	74
ЦН 160-112а	186 150 118	95 100 103	2900	75	4,8	72
ЦН 160-112б	167 135 100	76 80 82	2900	55	48	71
ЦН 400- 105	500 400 290	95 105 116	1450	200	4,5	80
ЦН400-105а	470 380 260	85 96 105	1450	160	4	78
ЦН 400-105б	450 360 250	74 83 92	1450	132	4	77
ЦН 400-210	480 400 295	191 210 230	1450	400	4,5	79
ЦН 400-210а	470 380 260	170 192 215	1450	315	4	77
ЦН 400-210б	455 360 250	91 166 185	1450	250	4	76
ЦН 1000-180-3	1100 1000 690	170 180 190	1450	630	8	83
ЦНС 63-1400	70 63 32	1350 1400 1520	2900	630	5	57

Продолжение табл. П.8-1

1	2	3	4	5	6	7
ЦНС90-1100	100 90 45	1050 1100 1200	2900	630	5	59
ЦНС 90- 1400	100 90 45	1330 1400 1500	2900	800	5	59
ЦНС 90- 1900	100 90 45	1820 1900 2000	2900	1000	5	60
ЦНС 630- 1700	760 630 300	1500 1700 2050	2900	4000	16	80
ЦНСс 180-1050	180 180 100	1050 1050 1250	2900	800	7	71
ЦНСс 180-1422	180 180 100	1422 1422 1750	2900	1250	7	71
ЦНСс 180-1900	180 180 100	1900 1900 2300	2900	1600	7	71

Габаритные и присоединительные размеры
насосных агрегатов ЦН, ЦНС, ЦНСс.

Типоразмер	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутр. диаметр всас. патрубка, мм	Внутр. диаметр напор. патрубка, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
ЦН 160-112	1850	820	885	150	100	920
ЦН 160-112a	1850	820	885	150	100	960
ЦН 160-112 б	1625	710	875	150	100	720
ЦН 400- 105	2690	1215	1148	250	200	3180
ЦН 400-105a	2485	1215	1148	250	200	2605
ЦН 400-105б	2445	1215	1148	250	200	2555
ЦН 400-210	3710	1370	1645	250	200	5550
ЦН 400-210a	3785	1370	1440	250	200	5225
ЦН 400-210б	3725	1370	1440	250	200	4975
ЦН 1000-180-3	3405	1475	1630	350	250	4730
ЦНС 63- 1400	6140	1410	1645	125	105	9900
ЦНС 90-1100	5570	1410	1645	125	105	9600
ЦНС 90- 1400	5760	1410	1645	125	105	9900
ЦНС 90-1900	6140	1410	1645	125	105	10600
ЦНС 630- 1700	6760	1340	1477	300	200	20730
ЦНСс 180-1050	5232	1200	1230	150	125	9760
ЦНСс 180-1422	5890	1510	1305	150	125	12255
ЦНСс 180-1900	6372	1430	1300	150	125	13730

МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ НАСОСЫ типа ЦНС (Г;К)

Центробежные секционные горизонтальные высоконапорные по конструктивным особенностям и области применения разделяются на группы [30]:

ЦНС – предназначены для перекачивания нейтральной холодной воды температурой от 1 до 45°C с содержанием механических примесей не более 0,2% по массе;

ЦНСГ – предназначены для перекачивания нейтральной горячей воды температурой от 45 до 105°C;

ЦНСК – предназначены для откачки кислотных вод с показателем $pH < 6,5$, температурой от 1 до 40°C.

Общий вид и разрез насоса типа ЦНС приведены на рис. П.9-1 и рис. П.9-2.

Выбор насосов типа ЦНС (Г; К) можно произвести по техническим характеристикам, приведенным в табл. П.9-1.

Габаритные и присоединительные размеры этих насосных агрегатов показаны в табл. П.9-2.

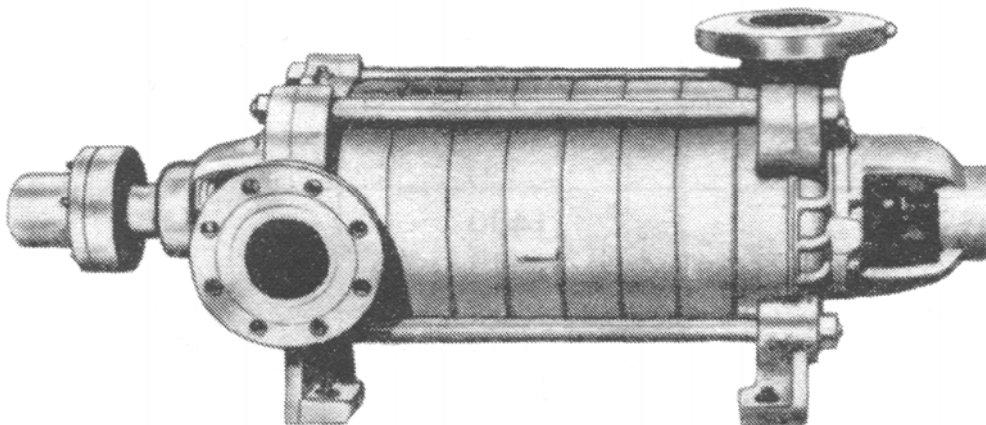


Рис.П.9-1. Общий вид насоса типа ЦНС

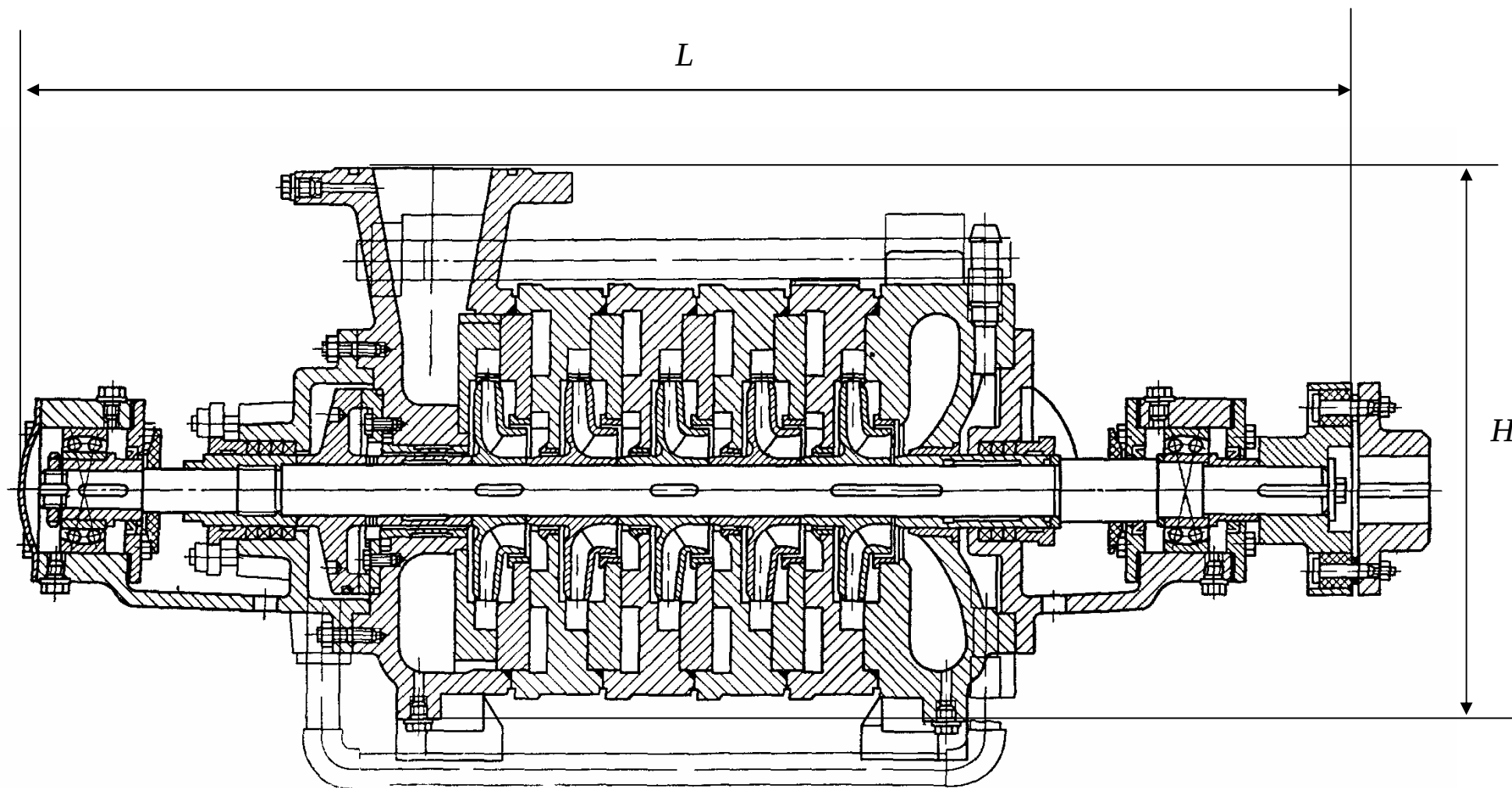


Рис. П.9-2. Разрез секционного насоса типа ЦНС

Технические характеристики насосов типа «ЦНС (Г; К)»

Типоразмер	Подача, м ³ /ч макс. номин. мин.	Напор, м	Частота вращения, об/мин	Мощность двигателя, кВт	КПД, %, не менее
1	2	3	4	5	6
ЦНС 13-70	13	70	2950	11	40
ЦНС 13-105	13	105	2950	11	40
ЦНС 13-140	13	140	2950	15	40
ЦНС 13-175	13	175	2950	18,5	40
ЦНС 13-210	13	210	2950	18,5	49
ЦНС 13-245	13	245	2950	22	49
ЦНС 13-280	13	280	2950	30	49
ЦНС 13-315	13	315	2950	30	49
ЦНС 13-350	13	350	2950	30	49
ЦНС 38-44	48	5	2950	11	67
	38	44			
	28	54			
ЦНС 38-66	48	28	2950	15	67
	38	66			
	28	79			
ЦНС 38-88	48	51	2950	18,5	67
	38	88			
	28	103			
ЦНС 38-110	48	74	2950	22	67
	38	110			
	28	126			
ЦНС 38-132	48	98	2950	30	69
	38	132			
	28	158			
ЦНС 38-154	48	120	2950	30	69
	38	154			
	28	184			
ЦНС 38-176	48	144	2950	30	69
	38	176			
	28	210			

Продолжение табл. П.9-1

1	2	3	4	5	6
ЦНС 38-220	48 38 28	190 220 256	2950	45	69
ЦНС 60-66	80 60 48	25 66 75	2950	22	69
ЦНС 60-99	80 60 48	53 99 112	2950	30	69
ЦНС 60-132	80 60 48	81 132 149	2950	45	69
ЦНС 60-165	80 60 48	109 165 186	2950	55	69
ЦНС 60-198	80 60 48	137 198 223	2950	55	71
ЦНС 60-231	80 60 48	165 231 260	2950	75	71
ЦНС 60-264	80 60 48	193 264 297	2950	75	71
ЦНС 60-297	80 60 48	221 297 334	2950	75	71
ЦНС 60-330	80 60 48	250 330 371	2950	110	71
ЦНС 105-98	130 105 80	46 98 110	2950	55	65
ЦНС 105-147	130 105 80	92 147 164	2950	75	65
ЦНС 105-196	130 105 80	138 196 218	2950	110	65
ЦНС 105-245	130 105 80	184 245 271	2950	132	65

Продолжение табл. П.9-1

1	2	3	4	5	6
ЦНС 105-294	130 105 80	230 294 325	2950	160	65
ЦНС 105-343	130 105 80	276 343 379	2950	160	65
ЦНС 105-392	130 105 80	322 392 432	2950	200	65
ЦНС 105-441	130 105 80	368 441 486	2950	250	65
ЦНС 105-490	130 105 80	414 490 540	2950	250	65
ЦНС 180-85	220 180 130	80 85 95	1475	75	70
ЦНС 180-128	220 180 130	119 128 141	1475	110	70
ЦНС 180-170	220 180 130	159 170 186	1475	132	70
ЦНС 180-212	220 180 130	198 212 232	1475	160	70
ЦНС 180-255	220 180 130	237 255 278	1475	200	70
ЦНС 180-297	220 180 130	276 297 323	1475	250	70
ЦНС 180-340	220 180 130	316 340 369	1475	250	70
ЦНС 180-383	220 180 130	356 383 414	1475	315	70
ЦНС 180-425	220 180 130	395 425 460	1475	315	70

Продолжение табл. П.9-1

1	2	3	4	5	6
ЦНС 300- 120	360 300 220	100 120 130	1475	160	70
ЦНС 300- 180	360 300 220	157 180 191	1475	250	70
ЦНС 300-240	360 300 220	215 240 252	1475	320	70
ЦНС 300-300	360 300 220	272 300 313	1475	400	70
ЦНС 300-360	360 300 220	330 360 375	1475	500	70
ЦНС 300-420	360 300 220	387 420 436	1475	500	70
ЦНС 300-480	360 300 220	445 480 497	1475	630	70
ЦНС 300-540	360 300 220	502 540 559	1475	800	70
ЦНС 300-600	360 300 220	560 600 620	1475	800	70
ЦНС 300-480	360 300 220	445 480 497	1475	630	70
ЦНС 300-540	360 300 220	502 540 559	1475	800	70
ЦНС 300-600	360 300 220	560 600 620	1475	800	70

Табл. П.9-2

Габаритные и присоединительные размеры
насосных агрегатов «ЦНС (Г; К)»

Типоразмер	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутр. диаметр всас. патрубка, мм	Внутр. диаметр напор. а.трубка, мм	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
ЦНС 38-44	1337	460	686	80	80	448
ЦНС 38-66	1623	450	715	80	80	458
ЦНС 38-88	1744	450	717	80	80	511
ЦНС 38-110	1825	450	735	80	80	549
ЦНС 38-132	1941	450	735	80	80	646
ЦНС 38-154	2012	450	735	80	80	672
ЦНС 38-176	2083	450	735	80	80	694
ЦНС 38- 198	2279	450	760	80	80	759
ЦНС 38-220	2400	450	760	80	80	858
ЦНС 60-66	1643	534	656	100	80	516
ЦНС 60-99	1768	534	656	100	80	622
ЦНС 60-132	2023	534	650	100	80	768
ЦНС 60-165	2153	534	810	100	80	894
ЦНС 60-198	2213	534	810	100	80	918
ЦНС 60-231	2318	534	670	100	80	1060
ЦНС 60-264	2398	534	670	100	80	1086
ЦНС 60-297	2478	534	670	100	80	1112
ЦНС 60-330	2628	534	710	100	80	1282
ЦНС 105-98	1900	640	780	125	125	950
ЦНС 105-147	2100	640	820	125	125	1120
ЦНС 105-196	2450	875	820	125	125	1475
ЦНС 105-245	2550	875	870	125	125	1600

Продолжение табл. П.9-2

1	2	3	4	5	6	7
ЦНС 105-294	2400	820	770	125	125	1565
ЦНС 105-343	2500	820	770	125	125	1655
ЦНС 105-392	2700	820	770	125	125	1830
ЦНС 105-441	2800	820	1095	125	125	2000
ЦНС 105-490	2900	910	1095	125	125	2070
ЦНС 180-85	2190	890	940	150	150	1670
ЦНС180-128	2480	1000	940	150	150	2030
ЦНС 180-170	2590	1000	940	150	150	2230
ЦНС 180-212	2770	1000	940	150	150	2430
ЦНС 180-255	2900	1000	950	150	150	2900
ЦНС 180-297	3050	1020	930	150	150	3160
ЦНС 180-340	3150	1020	930	150	150	3290
ЦНС 180-383	3560	1230	1230	150	150	4300
ЦНС 180-425	3800	1230	1230	150	150	4600
ЦНС 300-120	2785	900	1180	200	200	3250
ЦНС 300-180	3115	950	1200	200	200	4150
ЦНС 300-240	3115	1100	1440	200	200	4710
ЦНС 300-300	3505	1130	1440	200	200	5250
ЦНС 300-360	3625	1130	1440	200	200	5400
ЦНС 300-420	3815	1160	1440	200	200	6300
ЦНС 300-480	3935	1160	1440	200	200	6500
ЦНС 300-540	4055	1160	1440	200	200	6660
ЦНС 300-600	4175	1160	1440	200	200	6820

ПРИЛОЖЕНИЕ П.10

МНОГОСТУПЕНЧАТЫЕ НАСОСЫ типа ЦНС (Н, М)

Центробежные секционные горизонтальные высоконапорные по конструктивным особенностям и области применения разделяются на группы [30]:

ЦНСН – предназначены для перекачивания обводненной газонасыщенной и товарной нефти в системах внутрипромыслового сбора, подготовки и транспорта нефти без сероводорода с плотностью $900...1050 \text{ кг/м}^3$, объемным содержанием газа не более 3 %, содержанием парафина не более 20% и давлением насыщенных паров не более 665 ГПа (500 мм.рт.ст.).

Насосы могут применяться для перекачивания воды температурой от 45 до 105°C , с водородным показателем $\text{pH} = 7...8,5$, с массовой долей механических примесей не более 0,2%, размером твердых частиц не более 0,2 мм и плотностью не более 1050 кг/м^3 . Микротвердость частиц не более 1,47 ГПа.

Насос ЦНСН 105-490 используется только для перекачивания воды, насосы ЦНСН 180-425 и ЦНСН 300-600 используются только для перекачивания воды и масла.

Напорные характеристики, диаметры присоединительных патрубков и число оборотов валов электродвигателей насосов ЦНСН и ЦНСМ соответствуют насосам ЦНСА38-; 60-; 105-; 180-; 300-, предназначенных для перекачивания воды (см. приложение П.8).

Габаритные и присоединительные размеры насосных агрегатов ЦНС (Н, М) приведены в табл. П.10-1.

Табл. П.10-1

**Габаритные и присоединительные размеры
насосных агрегатов «ЦНС (Н, М)»**

Типоразмер	Мощность двигателя, кВт	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	КПД, %	Масса, кг
1	2	3	4	5	6	7
ЦНСМ 38-44	18,5	1337	460	686	66	448
ЦНСМ 38-66	18,5	1623	450	715	66	458
ЦНСМ 38-88	30	1744	450	717	66	511
ЦНСМ 38-1 10	30	1825	450	735	66	549
ЦНСМ 38-132	37	1941	450	735	69	646
ЦНСМ 38- 154	45	2012	450	735	69	672
ЦНСМ 38-176	55	2083	450	735	69	694
ЦНСМ 38- 198	55	2279	450	760	69	759
ЦНСМ 38-220	75	2400	450	760	69	858
ЦНСМ 60-66	30	1643	534	656	67	516
ЦНСМ 60-99	45	1768	534	656	67	622
ЦНСМ 60-132	55	2023	534	650	67	768
ЦНСМ 60- 165	75	2153	534	810	67	894
ЦНСМ 60-198	75	2213	534	810	70	918
ЦНСМ 60-231	110	2318	534	670	70	1060
ЦНСМ 60-264	110	2398	534	670	70	1086
ЦНСМ 60-297	132	2478	534	670	70	1112
ЦНСМ 60-330	132	2628	534	710	70	1282
ЦНСН 105-98	75	1900	640	780	64	950
ЦНСН 105-147	110	2100	640	820	64	1120
ЦНСН 105-196	132	2450	875	820	64	1475
ЦНСН 105-245	160	2550	875	870	64	1600

Продолжение табл. П.10-1

1	2	3	4	5	6	7
ЦНСН 105-294	200	2400	820	770	64	1565
ЦНСН 105-343	250	2500	820	770	64	1655
ЦНСН 105-392	250	2700	820	770	64	1830
ЦНСН 105-441	315	2800	820	1095	64	2000
ЦНСН 105-490	250	2900	910	1095	64	2070
ЦНСН(М) 180-85	75	2190	890	940	71(72)	1670
ЦНСН(М) 180-128	110; 132	2480	1000	940	71(72)	2030
ЦНСН(М) 180-170	160	2590	1000	940	71(72)	2230
ЦНСН(М) 180-212	200	2770	1000	940	71(72)	2430
ЦНСН(М) 180-255	250	2900	1000	950	71(72)	2900
ЦНСН(М) 180-297	315	3050	1020	930	71(72)	3160
ЦНСН(М) 180-340	315	3150	1020	930	71(72)	3290
ЦНСН(М) 180-383	315	3560	1230	1230	71(72)	4300
ЦНСН(М) 180-425	315	3800	1230	1230	71(72)	4600
ЦНСН(М) 300-120	200; 250	2785	900	1180	70(73)	3250
ЦНСН(М) 300-180	250; 400	3115	950	1200	70(73)	4150
ЦНСН(М) 300-240	315; 500	3115	1100	1440	70(73)	4710
ЦНСН(М) 300-300	400; 630	3505	1130	1440	70(73)	5250
ЦНСН(М) 300-360	500; 630	3625	1130	1440	70(73)	5400
ЦНСН(М) 300-420	630; 800	3815	1160	1440	70(73)	6300
ЦНСН(М) 300-480	630; 800	3935	1160	1440	70(73)	6500
ЦНСН(М) 300-540	800	4055	1160	1440	70(73)	6660
ЦНСН(М) 300-600	800	4175	1160	1440	70(73)	6820

ПРИЛОЖЕНИЕ П.11

НАСОСЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ

Насосы предназначены для транспортировки нефтепродуктов и нефти с температурой до 353 К (+80° С), кинематической вязкостью не выше 3 см²/сек, механическими примесями по объему не более 0,05% и размером не более 0,2 мм (рис. П.11-1). Насосы с подачей 1800 м³/ч (500 л/с) и более предназначены только для перекачки нефти. Насосы с подачей до 1250 м³/ч – секционные многоступенчатые, с подачей 1250 м³/ч и выше – спиральные одноступенчатые [34].

Основные параметры насосов для номинальных режимов работы при частоте вращения вала 3000 об/мин приведены в табл. П.11-1.

Ряды полей $H - Q$ центробежных насосов типа НМ приведены на рис. П.11-2. Поле $H - Q$ представляет собой рекомендуемую зону режимов работы каждого типоразмера насоса при больших значениях КПД. Верхняя линия определяет рабочую характеристику насоса при максимальном наружном диаметре колеса D_2 , нижняя соответствует минимальному размеру наружного диаметра рабочего колеса, который может быть получен путем обточки.

По подаче и напору на сводном графике полей $Q - H$ предварительно выбирают насос требуемого типоразмера, а затем по графической характеристике (рис.П.11-3.1...П.11-3.9) уточняют правильность выбора. По графической характеристике определяют необходимый диаметр рабочего колеса насоса.

Конструкция нефтяного магистрального спирального насоса типа НМ приведена на рис. П.11-1

Габаритные размеры магистральных насосов указаны в табл. П.11-2 [31].

Вал, рабочее колесо и корпус насоса изготавливают из следующих материалов:

- корпус – чугун СЧ 21-40;
- вал – сталь 40Х;
- рабочее колесо – сталь 15Л-1 для насоса НМ 10000-210;
чугун СЧ 21-40 для насоса НМ 1250-260;
сталь 25Л-1 для остальных марок НМ.

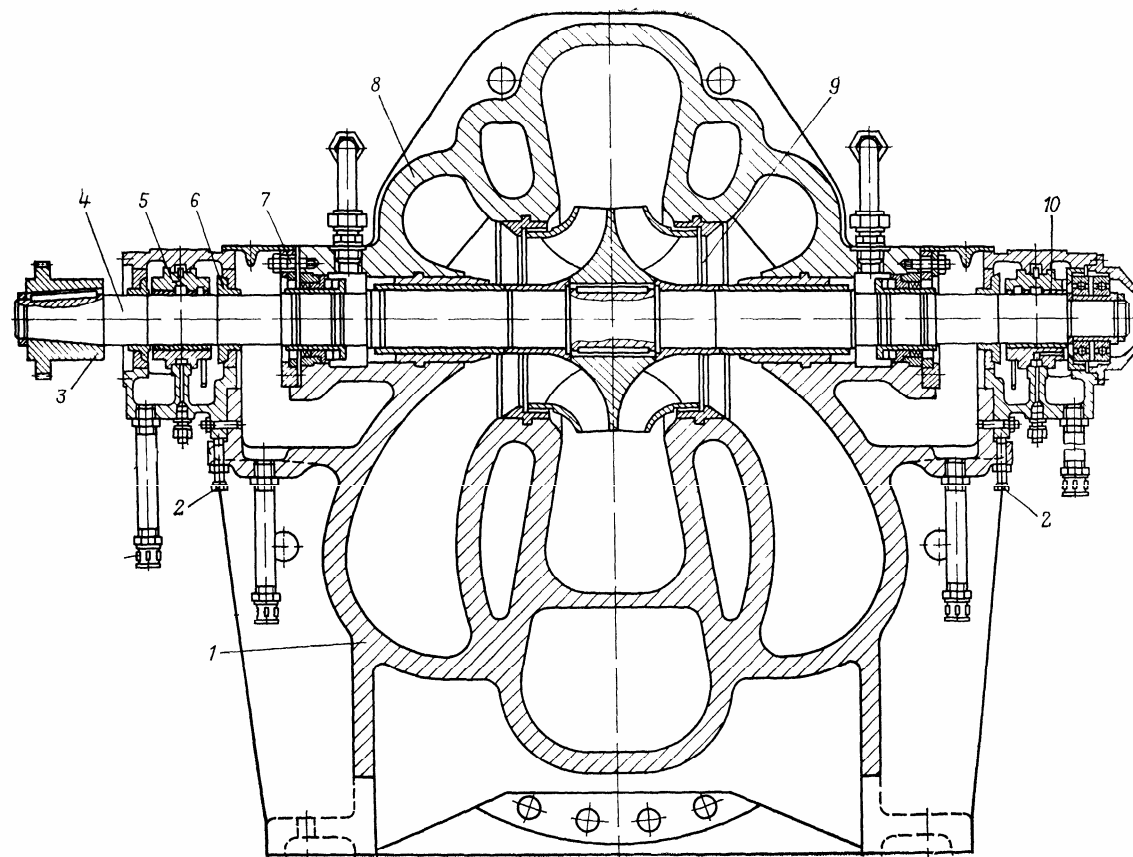


Рис. П.11-1. Нефтяной магистральный спиральный насос типа НМ:

1 – корпус, 2 – регулировочный винт, 3 – втулка зубчатая, 4 – ротор,
 5 – подшипник опорный, 6 – маслоотражатель; 7 – торцовое уплотнение, 8 – крышка корпуса,
 9 – уплотнительное кольцо, 10 – подшипник радиально упорный

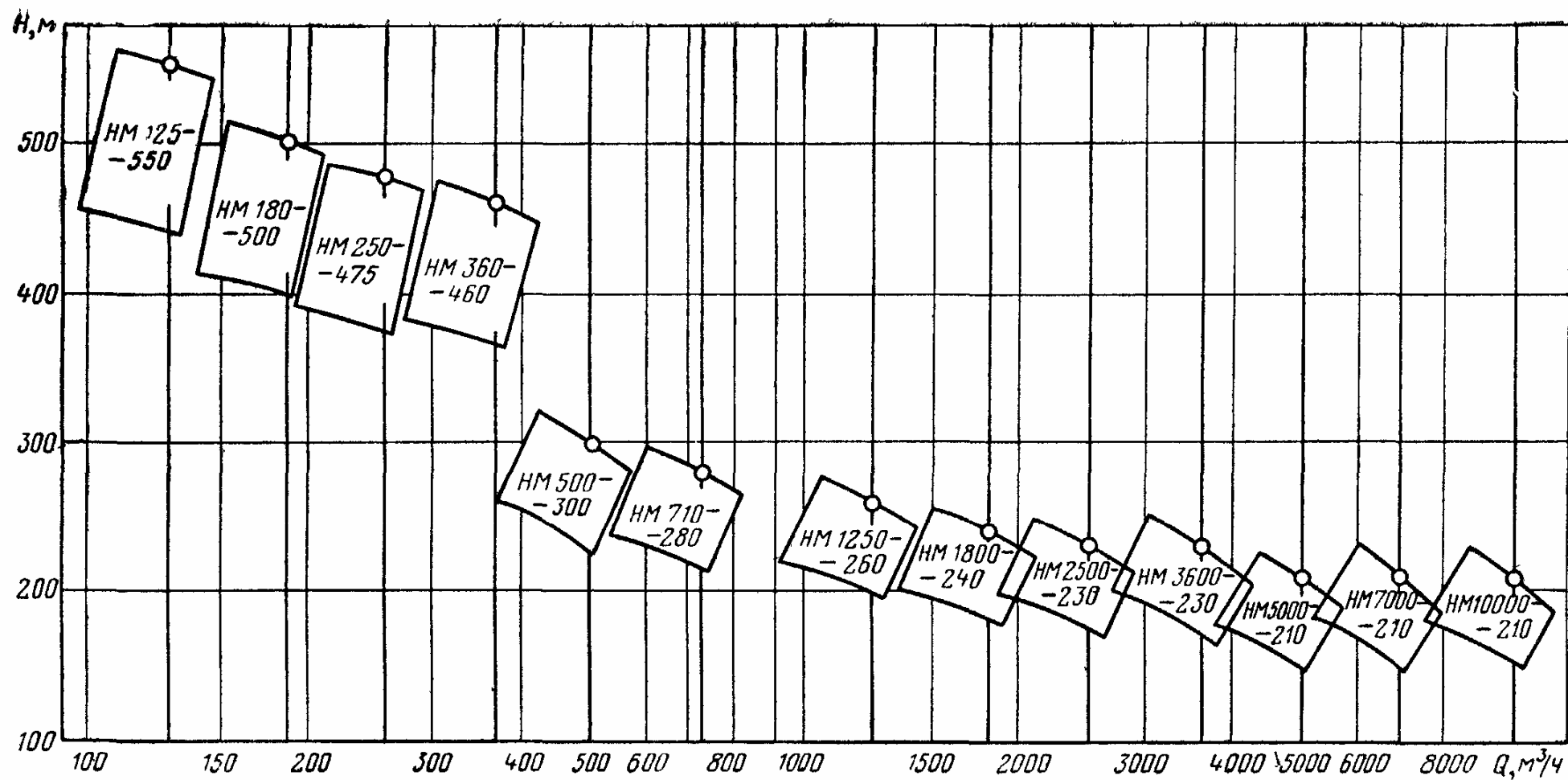


Рис. П.11-2 . Нормальный ряд нефтяных магистральных центробежных насосов

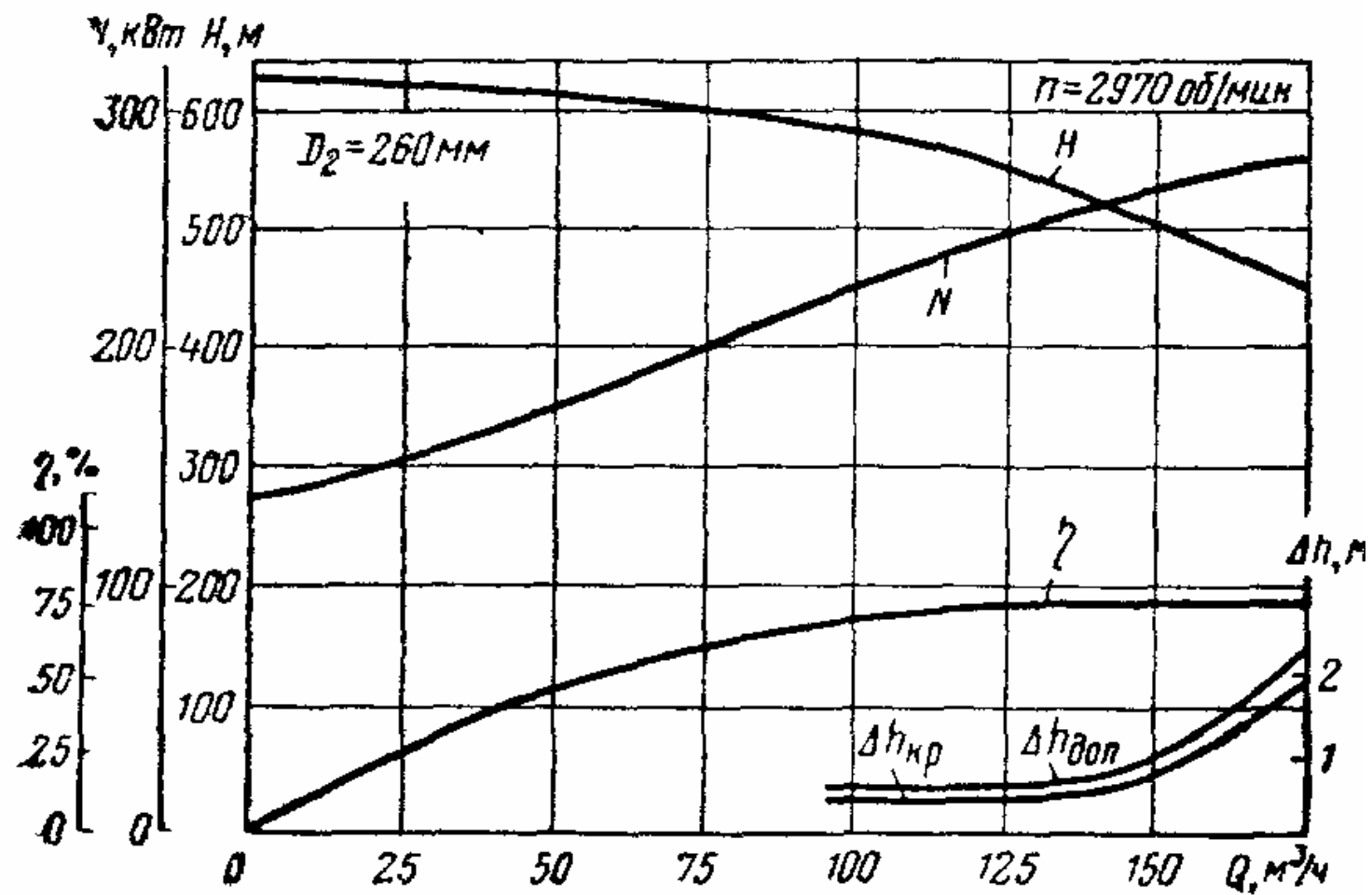


Рис. П.11-3.1. Характеристика насоса НМ 125-550

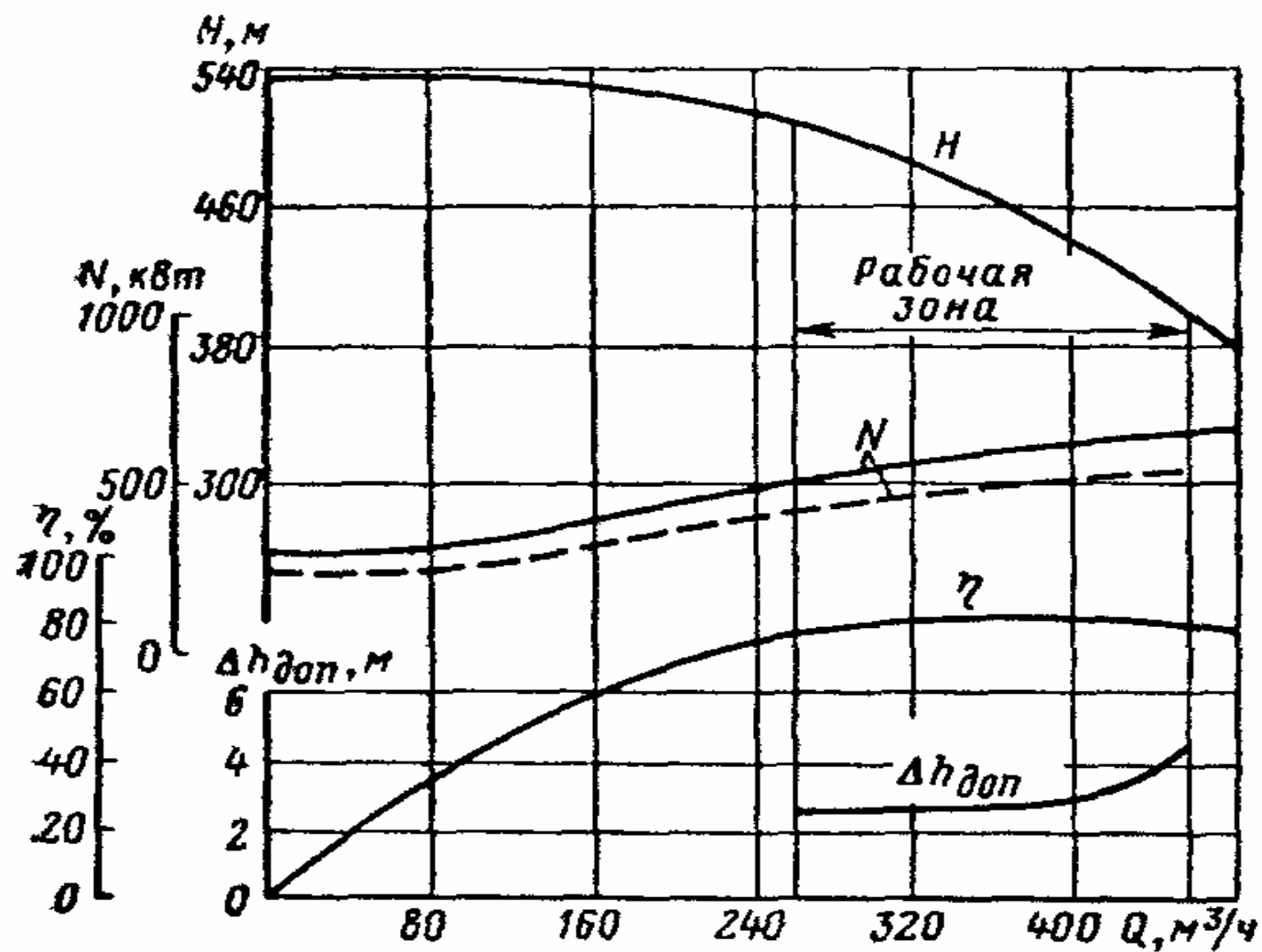


Рис. П.11-3.2. Характеристика насоса НМ 360-460

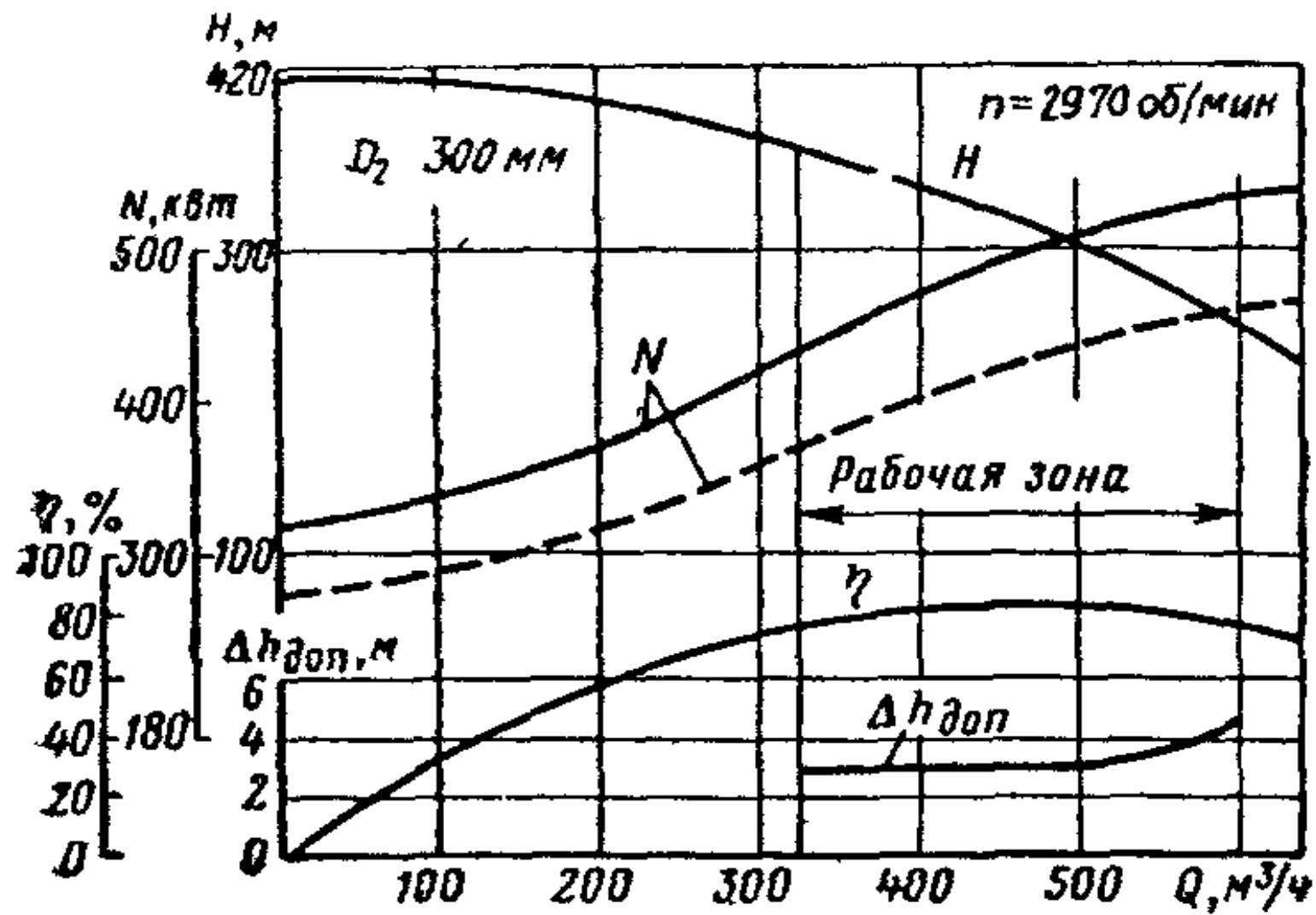


Рис. П.11-3.3. Характеристика насоса НМ 500-300

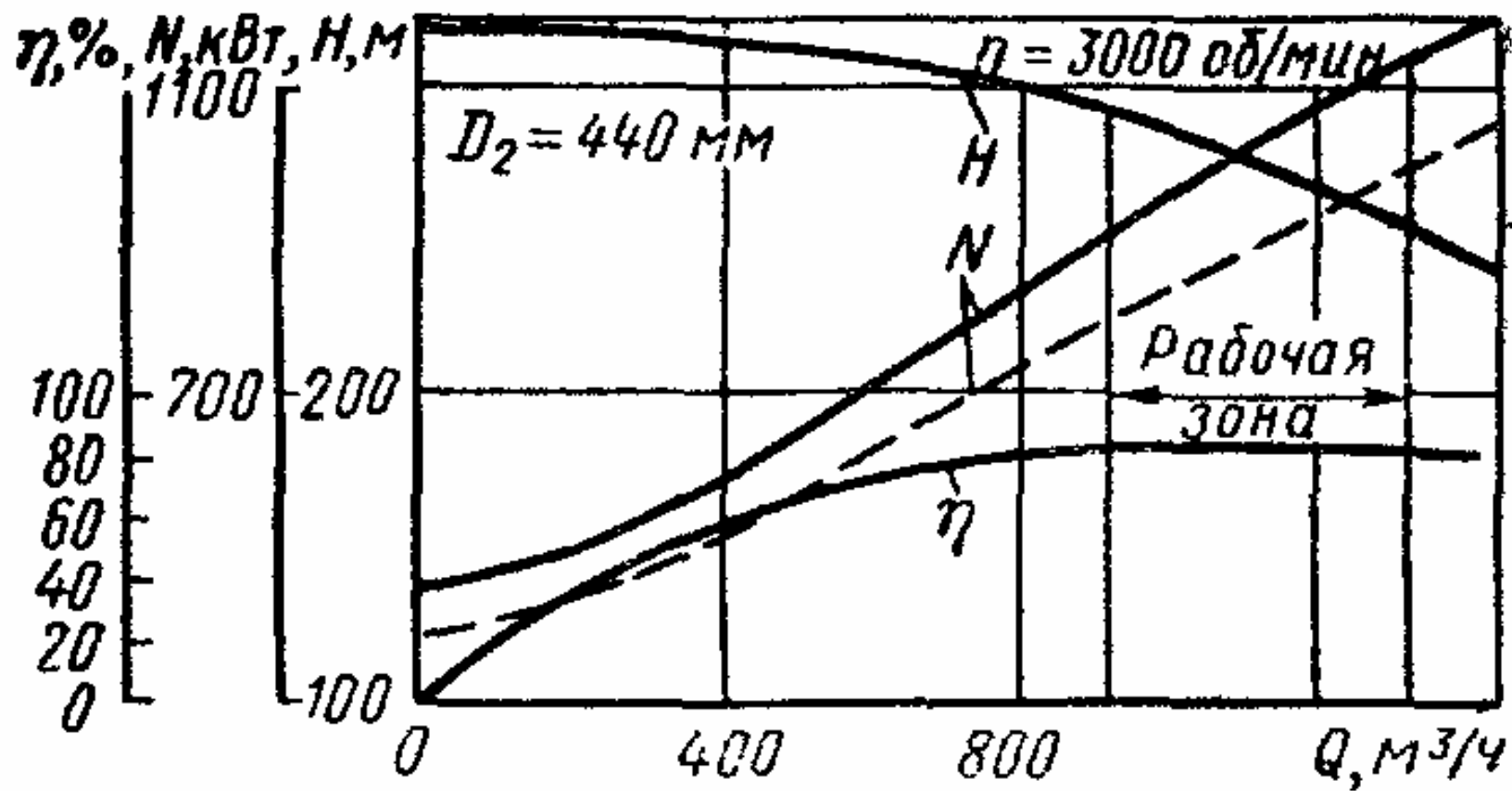


Рис. П.11-3.4. Характеристика насоса НМ 1250-260

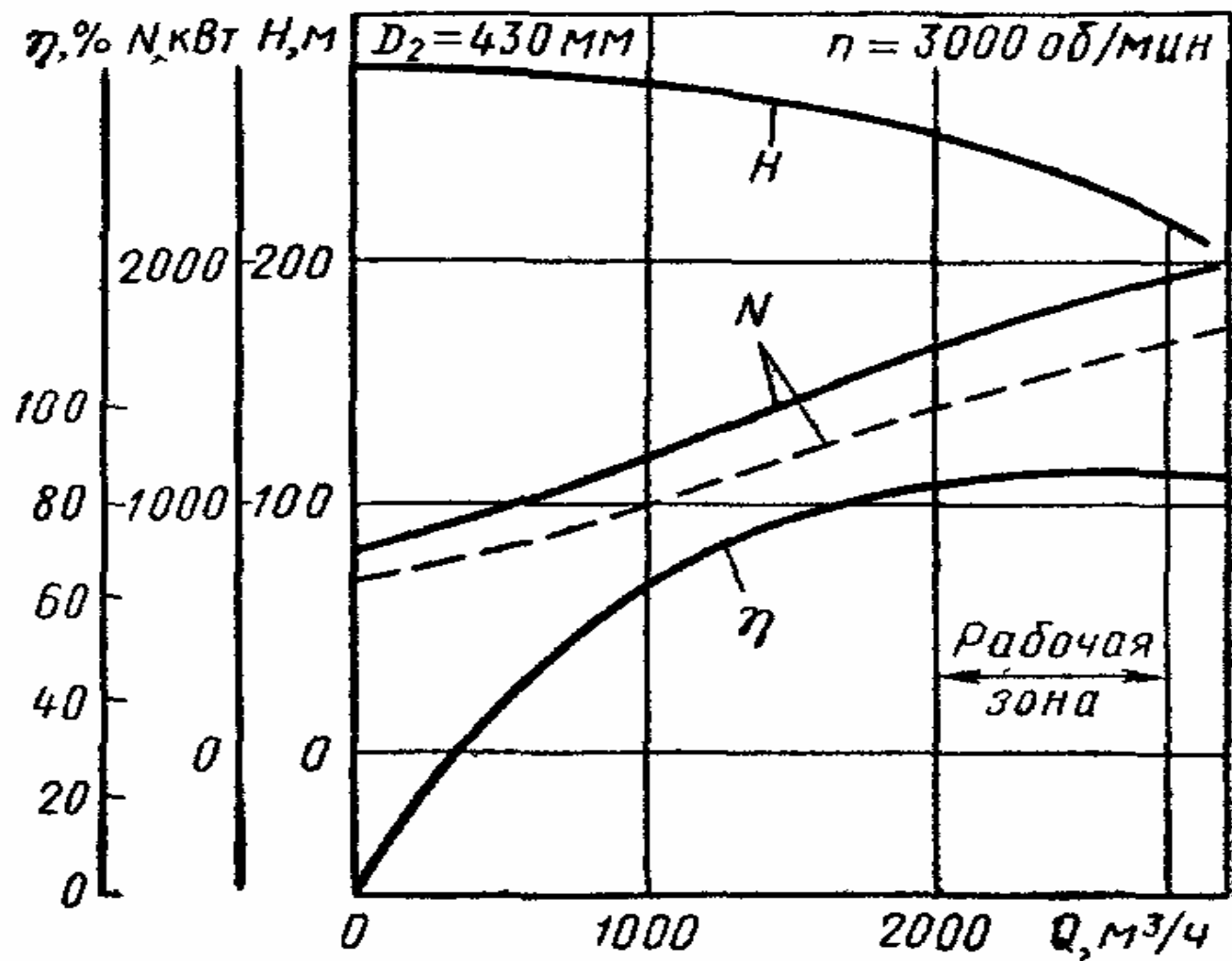


Рис. П.11-3.5. Характеристика насоса НМ 2500-230

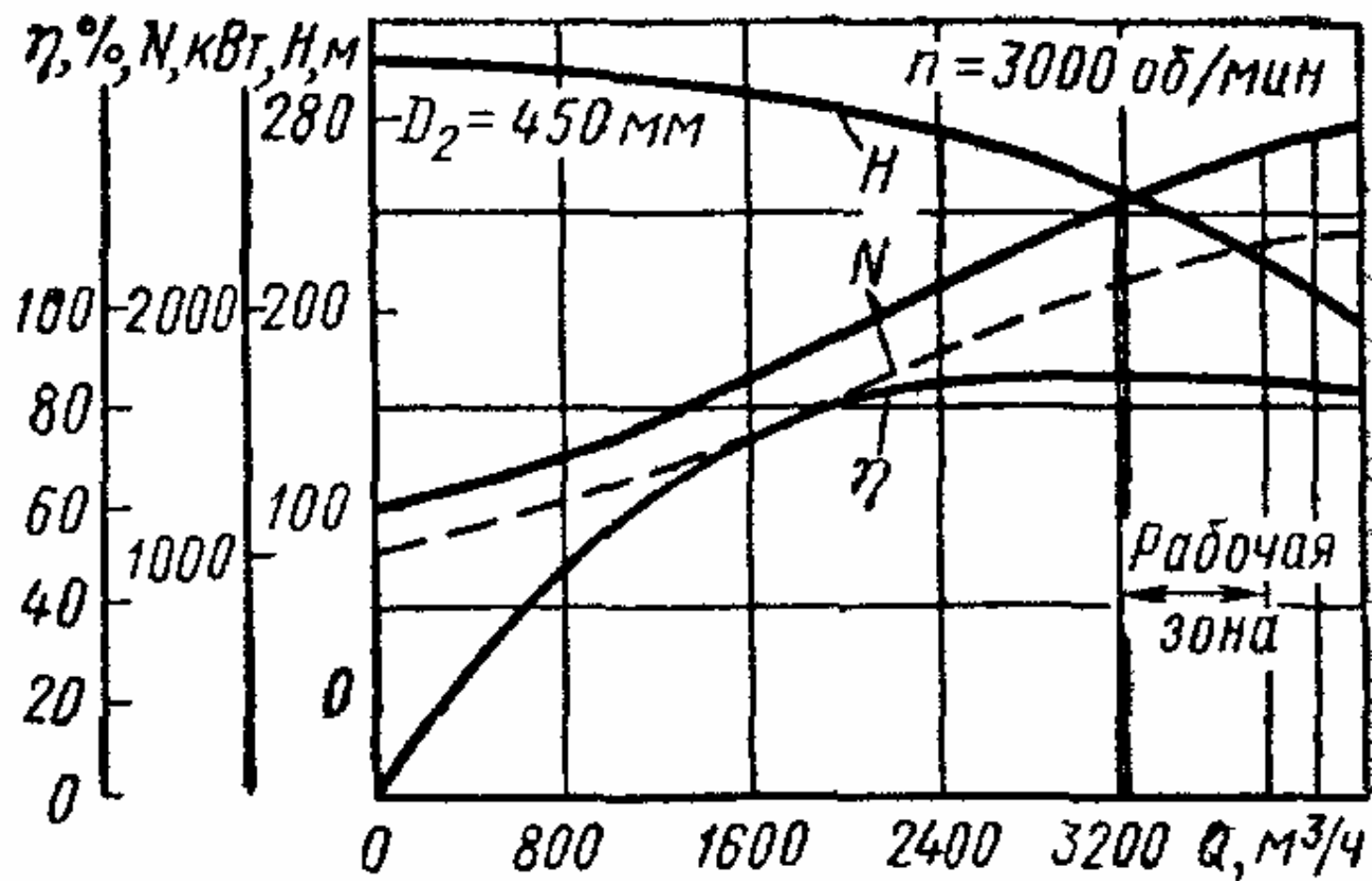


Рис. П.11-3.6. Характеристика насоса НМ 3600-230

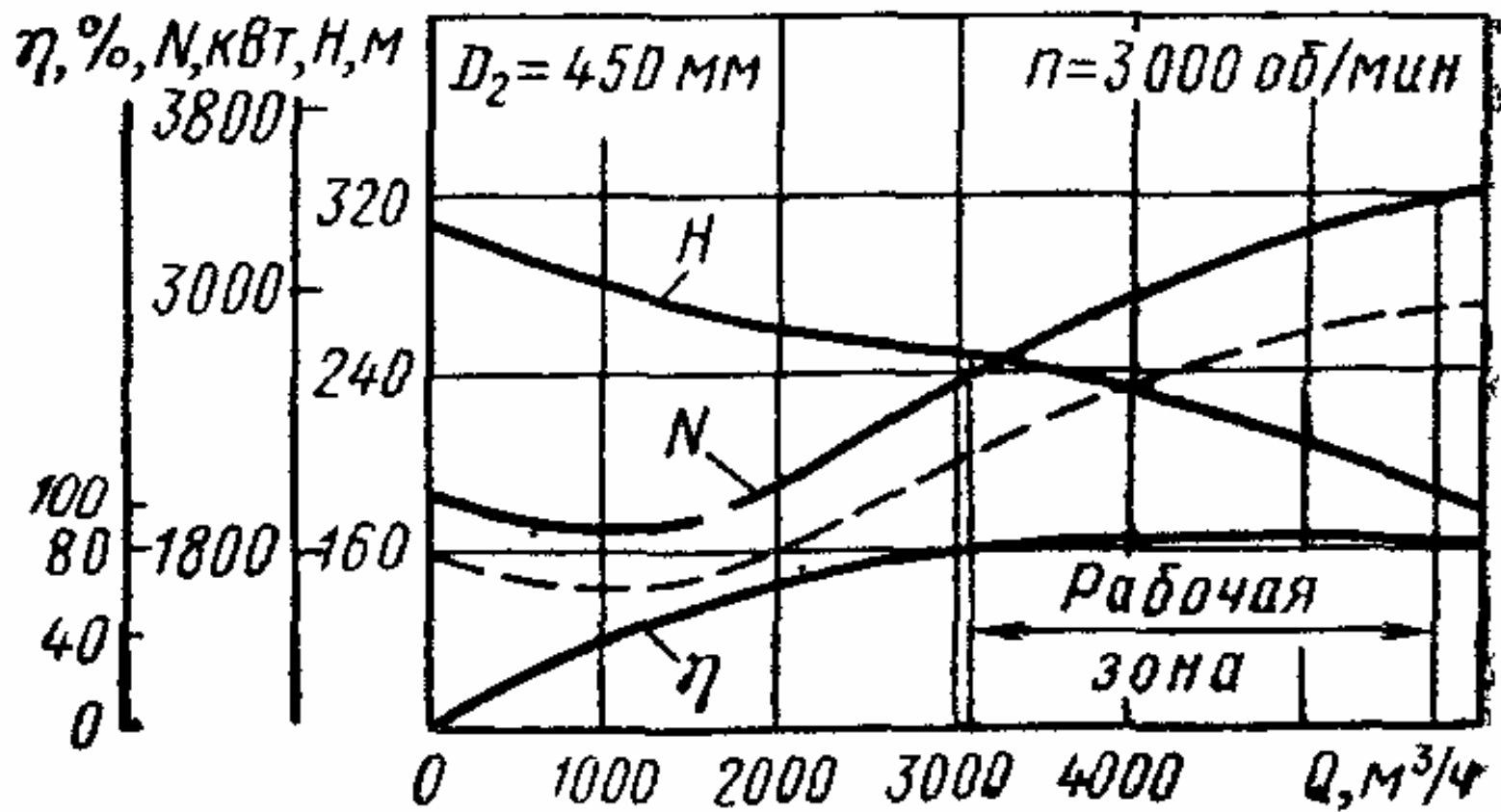


Рис. П.11-3.7. Характеристика насоса НМ 5000-210

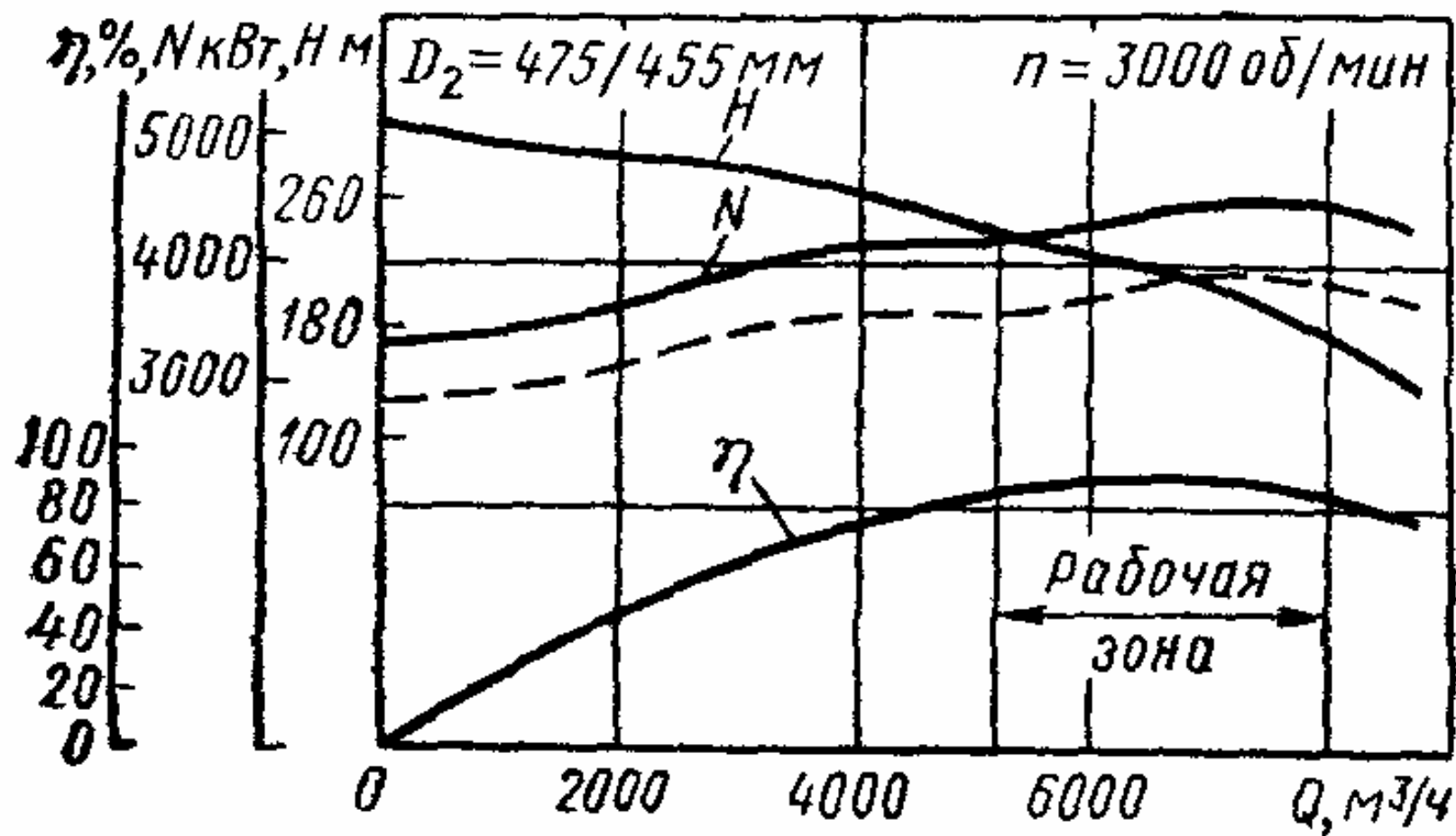


Рис. П.11-3.8. Характеристика насоса НМ 7000-210

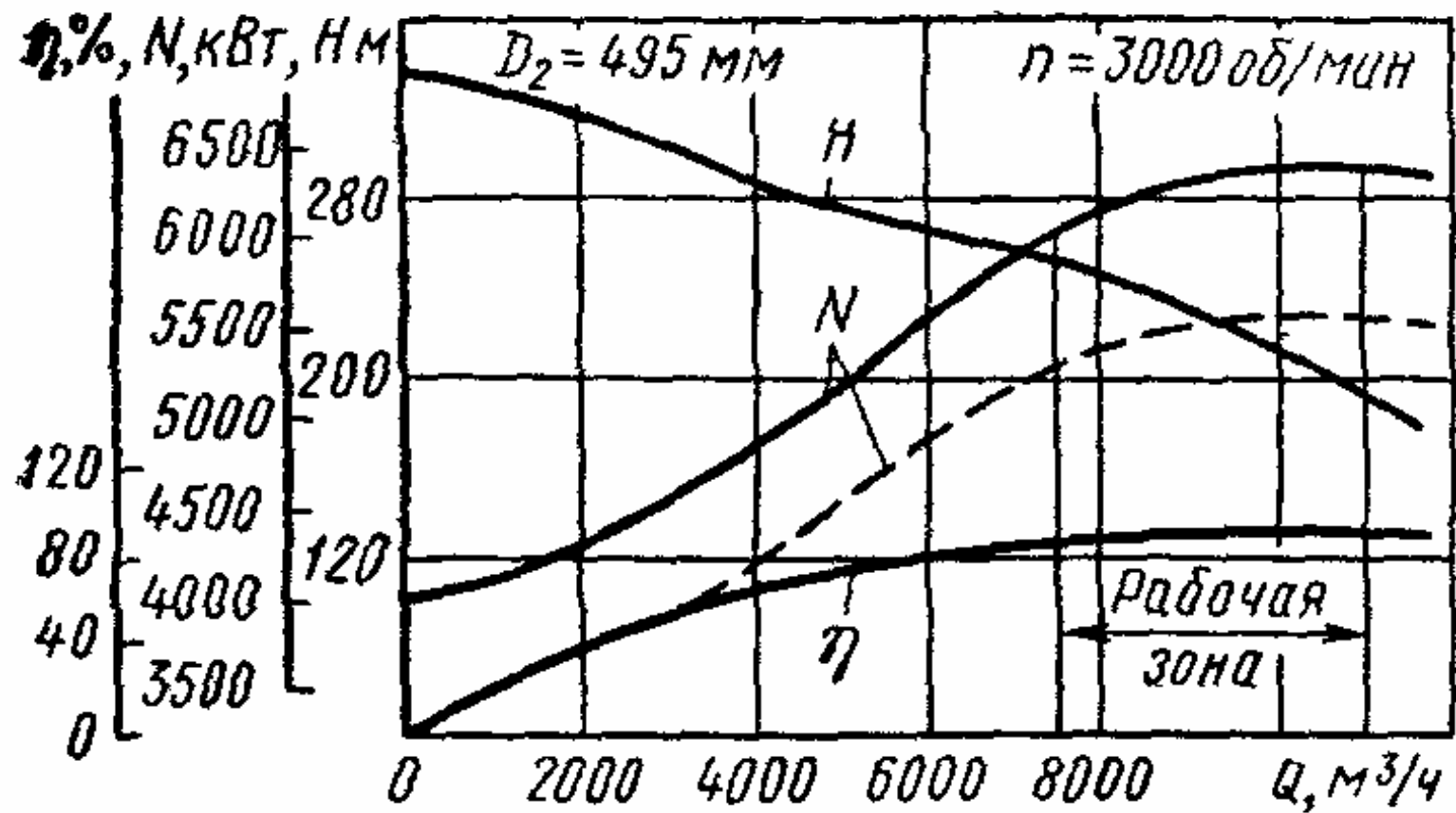


Рис. П.11-3.9. Характеристика насоса НМ 10000-210

Табл. П.11-1

Технические характеристики нефтяных магистральных насосов

Показатели	НМ 125-550	НМ 180-500	НМ 250-475	НМ 360-460	НМ 500-300	НМ 710-280	НМ 1250 260	НМ 1800-240	НМ 2500-230	НМ 3600-230	НМ 5000-210	НМ 7000-210	НМ 10000-210
Подача, м ³ /ч	125	180	250	360	500	710	1250	1800	2500	3600	5000	7000	10000
Подача, л/с	35	50	70	100	139	197	348	500	695	1000	1390	1940	2780
Напор, м	550	500	475	460	300	280	260	240	230	230	210	210	210
Допустимый кавитационный запас, не менее, м	4	5	6	8	12	14	20	25	32	40	42	52	65
К. п. д., не менее, %	68	70	72	76	78	80	80	83	86	87	88	89	89
Масса, не более, кг	1950	1950	3300	3300	3100	3200	3000	4300	5350	5750	7050	7300	11400

Габаритные размеры магистральных насосов (в мм)

Марка насоса	Длина (мм)	Ширина (мм)	Высота (мм)
НМ 125-550	2050	2510	1230
НМ 180-500	2050	1510	1230
НМ 250-475	2360	1620	1260
НМ 360-460	2360	1620	1260
НМ 500-300	2210	1620	1260
НМ 710-280	2210	1620	1260
НМ 1250-260	1750	1580	1000
НМ 1800-240	1950	1800	1200
НМ 2500-230	2140	2050	1460
НМ 3600-230	2140	2120	1500
НМ 5000-210	2300	3050	1660
НМ 7000-210	2400	2700	1720
НМ 10000-210	2500	2900	2130

**НАСОСЫ МАГИСТРАЛЬНЫЕ
НЕФТЯНЫЕ ПОДПОРНЫЕ**

Для создания необходимого напора на входе основных магистральных насосов применяют подпорные насосы. Они могут быть различных конструкций. Наиболее широко используются подпорные насосы типа НД [34]. Техническая характеристика подпорных центробежных насосов типа НД. приведена в табл. П.12-1, а их габаритные и присоединительные размеры в табл. П.12-2.

Насосы серии НД по конструкции аналогичны, все одноступенчатые с рабочим колесом двустороннего входа.

Опорой вала насосов 8НДвН, 12НДсН, 20НДсН и 32НД-8 X 1 являются шарикоподшипники. У насосов 14НДсН, 18НДсН, 22НДсН и 24НДсН имеются подшипники скольжения с разъемом в горизонтальной плоскости. Вкладыши подшипников залиты высококачественным баббитом.

У насосов НДсН коэффициент быстроходности составляет 90...110, у насосов НДвН – 60. Габаритные размеры насосов НД даны в табл. П.12-2. Подпорные насосы работают с частотой вращения вала 600, 750 и 1000 об/мин (синхронных). При этом они имеют высокие значения КПД, обладают хорошей всасывающей способностью, работают плавно, без вибраций, удобны и надежны в эксплуатации.

Другим типом подпорных нефтяных насосов являются насосы серии НМП. Насосы НМП — центробежные, горизонтальные, спиральные одноступенчатые.

Техническая характеристика этих насосов приведена в табл. П.12-3. Основные детали насосов НМП выполнены из следующих материалов:

- корпус – чугун СЧ 18-36;
- вал – сталь 40 (для насосов НМП 250-74 и НМП 3600-78), сталь 45 (для насосов НМП5000-415);
- рабочее колесо – чугун СЧ 21-40;
- предвключенное колесо – сталь 2Х13Л.

Табл. П.12-1

Техническая характеристика подпорных насосов типа НД

Показатели	8НДвН	12НДсН	14НДсН	18НДсН	20НДсН	22НДсН	32НД8х1	24НДсН
Подача, м3/ч	600	1000	1260	1980	2700	3600	3000	4000
Напор, м	35	24	37	34	39	52	76	69
КПД, %	79	85	87	91	90	92	76	82
Частота вращения вала, об/мин	960	960	960	730	730	730	735	590
Наружный диаметр колеса, мм	525	460	540	700	765	860	935	1100
Ширина лопатки по наружному торцу, мм	—	63	67	84	92	—	102	—
Диаметр всасывающего патрубка, мм	250	350	400	500	600	700	800	•800
Диаметр нагнетательного патрубка, мм	200	300	350	450	500	600	600	600
Допустимая вакуумметрическая высота всасывания, м	5,5	5	5	4,8	4,8	3,9	3,9	5,5
Масса насоса, кг	865	1592	—	—	4300	5750	8000	8000

Табл. П.12-2

Габаритные и присоединительные размеры подпорных насосов типа НД

Типоразмер	Длина, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Внутр. диаметр всас. патрубка, мм	Внутр. диаметр напор. патрубка, мм	Масса, кг
8НДвН	1258	825	1236	250	200	865
12НДсН	1392	1005	1354	350	300	1400
14НДсН	1645	1117	1747	400	350	1592
18НДсН	2080	1430	2130	500	450	3300
20НДсН	2300	1590	2104	600	500	4212
24НДсН	2695	2089	2841	800	600	9058

Табл. П.12-3

Техническая характеристика подпорных насосов типа НМП

Показатели	НМП 2500-74	НМП 3600-78	НМП 5000-115
Подача, м ³ /ч	2500	3600	5000
Напор, м	74	78	115
КПД (при работе на воде), %	72	83	85
Частота вращения вала, об/мин	1000	1000	1000
Диаметр рабочего колеса, мм	690	725	840
Допускаемый кавитационный запас (при работе на воде), м	3	3	3,5
Мощность насоса (при работе на нефти), кВт	602	792	1590
Электродвигатель	ДС-118/44-6	ДС-118/44-6	СДН-2-16-59-6
Мощность электродвигателя, кВт	800	800	1600
Масса, кг:			
насоса	7775	7775	9321
агрегата	15637	15637	19 735 или 17 235

ЛИТЕРАТУРА

1. Есьман И.Г. Насосы, М. Гостоптехиздат, 1954, 286 с.
2. Караев М.А., Меликов М.А., Мустафаева Г.А. О коэффициенте быстроходности центробежных насосов и пересчете их характеристики с воды на более вязкую жидкость. // Известие высших технических учебных заведений Азербайджана, №6, 2003, с.24-27.
3. Ибатулов К.А. Практические расчеты по буровым и эксплуатационным машинам и механизмам, Баку, Азнефтеиздат 1955, 293 с.
4. Караев М.А. Проблемы повышения эффективности работы буровых и нефтепромысловых насосов. Докторская диссертация, Баку, 1981.
5. Караев М.А., Амиров Ф.А. Распределение общего КПД в центробежном насосе 4К-6 при работе на водных растворах полиакриламида // нефть и газ, 1975, №9.
6. Методическое руководство по определению характеристик центробежных насосов. Уфа, 1976, с-70.
7. Руководящий документ. Методика расчета напорных характеристик и пересчета параметров центробежных насосов магистральных нефтепроводов при изменении частоты вращения и вязкости перекачиваемой жидкости. РД39-30-990-84, 1984, 37 с.
8. Степанов А.И. Центробежные и осевые насосы. М. Машгиз, 1960.
9. Аитова Н.З. Режимы работы насосных станций с высокооборотными регулируемые насосами при перекачке вязких нефтей по магистральным трубопроводам. Автореферат кандидатской диссертации. Уфа, 1984.

10. Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. М.Машиностроение, 1977, 288 с.
11. Башта Т.М. и др. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. М. Машгиз, 1970, 246 с.
12. Суханов Д.Я. Работа лопастных насосов на вязких жидкостях. М. Машгиз, 62 с.
13. Ляпков П.Д. О влиянии вязкости жидкости на характеристики центробежных насосов: Тр. ВНИИНЕФТЕГАЗ, 1964, вып.41.
14. Шищенко Р.И. Буровые и эксплуатационные машины и механизмы, Азнефтехимиздат, 1947.
15. Шерстюк К.Н. Насосы, вентиляторы, компрессоры, Высшая школа, 1972.
16. Есьман И.Г. Насосы. ГОНТИ, 1939.
17. Ippen A.T. The influence of viscosity on Centrifugal – pump Performance. The Trans. of the ASME, vol. 68, № 18, 1946.
18. Пфлейдерер К. Лопаточные машины для жидкостей и газов. Машгиз. 1960, 883 с.
19. Жукова Т.И. Исследование всасывающей способности центробежных насосов, работающих на вязких жидкостях. Автореферат кандидатской диссертации. МИНХиГП им.И.М.Губкина, М. 1955.
20. Абдурашитов С.А., Караев М.А., Гусейнов С.К. Экспериментальное исследование однодисковых центробежных насосов 8HD6x1 и 14 HDCK при перекачке высоковязких жидкостей.//Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, №10, 1967.
21. Поляков В.В., Скворцов Л.С. Насосы и вентиляторы. М. Стройиздат 1990, 336 с.

22. Игнатъев В.Г. Экспериментальное исследование особенности работы центробежных насосов в системе промыслового сбора и транспорта парафинистых нефтей. Канд. дисс. Небитдаг, 1968.
23. Айзенштейн М.Д. Центробежные насосы для нефтяной промышленности. М. Госшоптехиздат, 1957, 363 с..
24. Ибатулов К.А. Исследование в области нефтепромысловых машин и механизмов. Докторская диссертация, Баку, 1961.
25. Ибатулов К.А. Гидравлические машины и механизмы в нефтяной промышленности. М.Недра, 1972, 286 с.
26. Ибатулов К.А. Перекачка глинистых растворов центробежными насосами, Журнал «Нефть и газ», №3, 1961.
27. Белоусов В.А., Еронин В.И., Попов А.М. Результаты промышленных испытаний подпорного насосного агрегата НМП2500-74.//Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, №9, 1975.
28. Еронин В.И., Колпаков Л.Г., Овечкин В.В. Результаты промышленных испытаний насосного агрегата НМ7000-230/РНТС, Транспорт и хранение нефти и нефтепродуктов, №8, 1973, М.ВНИИОЭНГ.
29. Френкель Н.З. Гидравлика, М. Госэнергоиздат, 1956, 456 с.
30. Каталог насосного оборудования. Часть 1. Россия и СНГ, Гидромашсервис. М., 2003, 48 с
31. Нефтепромысловое оборудование. Справочник, под редакцией Е.И. Бухаленко. «Недра», М.,1990, 559 с.
32. Насосы центробежные двустороннего входа. Каталог, М.,1982, 24 с.

33. Насосы общего назначения типа К. Каталог, М.,1977, 30 с.
34. Центробежные нефтяные магистральные и подпорные насосы. Каталог, М., 1973, 20 с.
35. <http://www.fokino.ru/ns.htm>
36. <http://document.org.ua/techno/pump/>
37. http://www.ges.ru/book/book_pumps/
38. www.irimex.ru/services/catalog/nasos/
39. <http://www.chemicalpumps.ru/>