

Министерство нефтяной промышленности
НИИСПнефть

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

РД 39-0147103-307-85

1986

Министерство нефтяной промышленности
Всесоюзный научно-исследовательский институт по сбору,
подготовке и транспорту нефти и нефтепродуктов
(ВНИИСПНефть)

УТВЕРЖДЕН

первым заместителем министра
нефтяной промышленности

В.П.Филановским

14 декабря 1985 года

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А

ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

РД 39-0147103-307-85

1986

При отсутствии на НПС датчиков мощности КПД насосных агрегатов можно определять, используя электронизмерительные комплекты К-51 (К-505).

В РД приводится подробное описание схемы подключения комплекта, порядок измерения и обработки электрических параметров.

Даны формулы для определения полезной мощности насоса, насосного агрегата по гидравлическим параметрам и относительной погрешности вычисления КПД.

Использование РД работниками УМН позволяет:

- обеспечить контроль за экономным расходованием электроэнергии насосными агрегатами на перекачку нефти;
- повысить надежность насосного оборудования НПС.

В методике приводятся необходимые справочные данные в виде графиков и таблиц.

При разработке методики учтены замечания Гипротрубопровода, Главтранснефти, нефтепроводных управлений.

Методику составили: Захаров Н.П., Володин В.Г., Антова Н.Э., Ерохин В.И.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ
М Е Т О Д И К А
определения КПД насосных агрегатов магистральных
нефтепроводов
РД 39-0147103-307-85

Вводится впервые

Срок введения установлен с 01.03.86 г.

Срок действия до 01.03.89 г.

Настоящая методика предназначена для работников управлений и НПС магистральных нефтепроводов для обеспечения контроля за экономным расходом электроэнергии насосами на перекачку нефти, для определения времени вывода насосного агрегата в ремонт, для оценки качества ремонта насосного агрегата.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Документом регламентируются приборы и расчетные формулы для определения КПД насосных агрегатов в целом и КПД электродвигателя и насоса.

1.2. Учитывая отсутствие опыта работы у обслуживающего персонала НПС с электроизмерительным комплектом К-51 или К-505, в РД приводится подробное описание схемы подключения и работы с комплектом К-51 (К-505).

1.3. Документом предусмотрено последовательное соединение насосных агрегатов на НПС. При параллельном соединении насосов замер параметров для определения КПД должен производиться при одном работающем агрегате.

Условные обозначения:

- Q - подача насоса, м³/с;
 H - дифференциальный напор, создаваемый насосом, м;
 $P_{вх}$ - давление на входе в насос, кгс/см²;
 $P_{вых}$ - давление на выходе из насоса, кгс/см²;
 ρ - плотность перекачиваемой нефти, кг/м³;
 N_n - полезная мощность насоса, кВт;
 $\eta_{агр}$ - КПД агрегата;
 η_n - коэффициент полезного действия насоса;
 t - температура перекачиваемой насосом нефти, °С;
 $d_{вх}$ - внутренний диаметр входного патрубка насоса, м;
 $d_{вых}$ - внутренний диаметр выходного патрубка насоса, м;
 $\Delta Z = Z_2 - Z_1$ - разность уровней установки манометров на выходе
и входе насоса, м;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 $U_{вх}, U_{вых}$ - показания манометров, дел.,
 $H_c = \frac{C_{вх}^2 - C_{вых}^2}{2g}$ - скоростной напор, м;
 P_1 - мощность, потребляемая насосным агрегатом из сети, кВт;
 P_2 - мощность на валу электродвигателя, кВт;
 $P_{ст}$ - потери в стали статора электродвигателя, кВт;
 $P_{мех}$ - механические потери в электродвигателе, кВт;
 $P_{Cu ст \Delta}$ - потери в меди (обмотках) статора при соединении обмоток
"звездой", кВт;
 $P_{Cu ст \Delta}$ - потери в меди статора при соединении обмоток "треуголь-
ником", кВт;
 $P_{ротор}$ - потери в обмотках ротора, кВт;
 ω_0 - синхронная частота вращения электродвигателя, об/мин;
 ω - действительная частота вращения, замеренная при проведении
эксперимента;
 S - скольжение ротора;

\mathcal{I}_A - показания амперметров, дел;

\mathcal{I}_V - показания вольтметра, дел;

\mathcal{I}_W - показания ваттметра, дел;

\mathcal{I}_ξ - ток возбуждения, А;

$\mathcal{I}_A, \mathcal{I}_B, \mathcal{I}_C$ - ток, потребляемый электродвигателем по фазам, А;

C_A - постоянная амперметра, А/дел;

C_V - постоянная вольтметра, В/дел;

C_W - постоянная ваттметра, В/дел;

U_1 - напряжение в сети, В;

U_2 - напряжение во вторичной цепи трансформатора напряжения, В;

K_{II} - коэффициент трансформации трансформатора тока;

K_{UI} - коэффициент трансформации трансформатора напряжения;

t - температура, при которой на заводе определено сопротивление обмотки статора (ротора), $^{\circ}\text{C}$;

R_t, r_t - сопротивление обмоток статора и ротора соответственно при температуре t $^{\circ}\text{C}$, Ом;

R_{75}, r_{75} - сопротивление обмоток статора и ротора, приведенные к температуре 75°C , Ом.

2. ИЗМЕРЯЕМЫЕ ПАРАМЕТРЫ И ПРИБОРЫ

2.1. Давление на входе и выходе из насоса измеряется образцовыми пружинными манометрами МО класса 0,4. Допускается применять при отсутствии образцовых манометров, манометры для точных измерений МТИ класса 0,6.

2.2. Подача - объем жидкости подаваемой насосом через запорный патрубок в единицу времени. Подача определяется при установившемся режиме по диспетчерским данным. На НПС, оборудованных узлами учета, или на которых производится замеры объемов перекачки по

резервуарам, подача определяется специально для расчета КПД независимо от диспетчерских данных.

Контрольные замеры и расчеты КПД производить на одинаковых подачу (3-5 значений в рабочей зоне).

2.3. Температура перекачиваемой нефти измеряется с точностью до 1°C ртутным термометром или с помощью термометров сопротивления, термопар.

2.4. Плотность нефти определяется с помощью нефтесометра или другого плотномера при температуре перекачки.

2.5. Мощность, потребляемая насосным агрегатом из сети, напряжение и сила тока измеряются с помощью комплекта К-51 (или подобных ему приборов) с классом точности 0,5.

2.6. Замер параметров производится при установившемся режиме потока в нефтепроводе, при стабильности показаний приборов в течение 1,5-2 часов и отсутствии перетока жидкости через обратный клапан.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ НАСОСНЫМ АГРЕГАТОМ ИЗ ЭЛЕКТРОСЕТИ

3.1. Включение комплекта К-51 (К-505).

3.1.1. Включение комплекта К-51 (К-505) при первичном напряжении 6 и 10 кВ производить по вторичным цепям трансформаторов тока и напряжения цепей управления ячеек ЗРУ по схеме (рис. 1).

3.1.2. Установить комплект в горизонтальное положение.

3.1.3. Установить стрелки приборов с помощью корректоров на нулевые отметки шкал.

3.1.4. Установить переключатель номинальных напряжений в положение 500 В, переключатель номинальных токов в положение 50 А, колодку "К" (штырьковый переключатель с обозначением стрелки) установить стрелкой в сторону от приборов.

3.1.5. Установить переключатель активно-реактивной мощности в положение "+W" для измерения активной мощности.

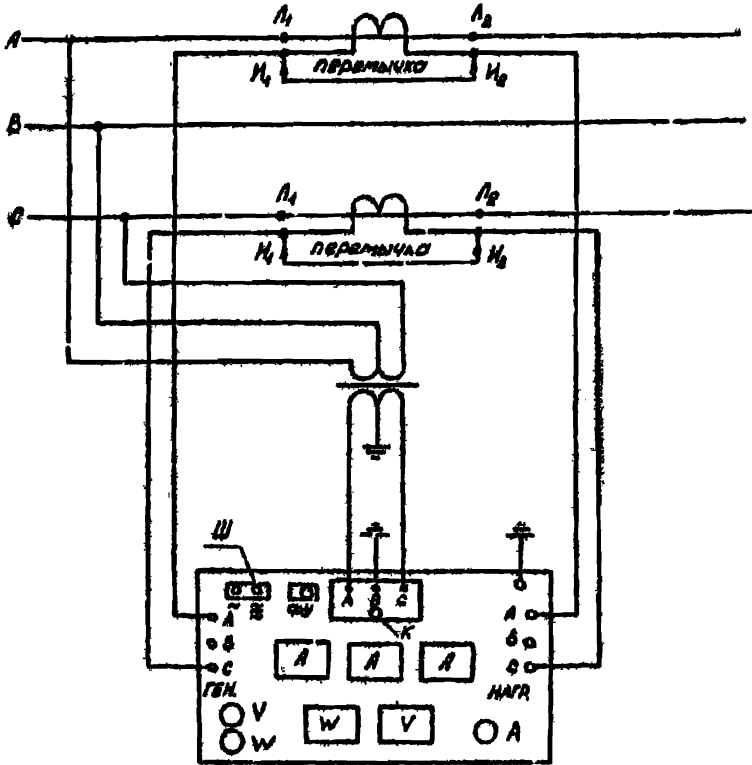


Рис. 1. Схема включения комплекта К-51 при напряжениях 6 и 10 кВ

3.1.6. Установить испытательный переключатель в положение "Ф_В".

3.1.7. Комплект заземлить.

3.1.8. Включить комплект К-51 (К-505) в схему для измерений, подключить контакты питания (начало фаз А и С вторичных обмоток трансформатора тока в цепи управления в ЗРУ) к А и С группы зажимов, обозначенной "Тен", нагрузку (конец фаз А и С вторичных обмоток трансформатора тока в цепи управления в ЗРУ) к L и C группы зажимов, имеющей обозначение "Нагр."

3.1.9. Подсоединить фазы А и С напряжения к соответствующим фазам трансформатора напряжения в цепи управления в ячейках ЗРУ.

Подсоединять фазу В напряжения комплекта К-51 к массе ячейки ЗРУ.

Вольтметр должен показывать напряжение; если отклонение стрелки вольтметра будет меньше 50% конечного значения шкалы, то переключатель номинальных напряжений перевести на меньший предел измерений.

3.1.10. Снять перемычки на разрыве вторичной обмотки фаз А и С трансформатора тока (на клеммнике ячейки ЗРУ).

Амперметры должны показывать ток; если отклонение стрелки амперметров будет меньше 50% конечного значения шкалы, то переключатель номинальных токов перевести на меньший предел измерений.

3.1.11. Проверить правильность чередования фаз кратковременным включением фазоуказателя путем кратковременного нажатия кнопки. Последовательность фаз определяется по направлению вращения диска фазоуказателя, на шкале которого нанесена стрелка направления вращения при нормальном чередовании фаз.

При обратном вращении диска фазоуказателя проверить правильность включения комплекта К-51 (К-505).

3.2. Измерение параметров.

3.2.1. Измерять токи во всех трех фазах А, В, С.

3.2.2. Измерить напряжение между всеми фазами поочередно, соответственно устанавливая переключатель вольтметра в положение АВ

BC и CA .

3.2.3. Измерить активную потребляемую из сети мощность.

3.2.4. Измерить ток возбуждения I_B амперметром, установленным в шкафу управления возбуждением электродвигателя в электростале.

3.2.5. Измерить частоту вращения электродвигателя любым тахометром не ниже кл. 0,5.

3.2.6. Внести в "Протокол испытаний" (табл. I):

- значение тока возбуждения I_B ;
- значение частоты вращения n ;
- d_A , d_B , d_C - отсчет по шкале амперметров фаз А ,

В и С соответственно, делений;

- $d_{V_{AB}}$, $d_{V_{BC}}$, $d_{V_{CA}}$ - отсчет по шкале вольтметра, делений;

- d_W - отсчет по шкале ваттметра, делений;

- положение переключателей номинальных значений токов и напряжений.

3.3. Подсчет результатов измерений.

3.3.1. Коэффициенты трансформации трансформаторов тока и напряжения, к которым подключается комплект К-51 (К-505) - Ктн, Ктн.

Например, при напряжении в сети $U_1 = 10000В$ и в цепи управления

$$U_2 = 100В$$

$$Ктн = \frac{U_1}{U_2} = \frac{10000}{100} = 100;$$

при $I_1 = 1000А$ и $I_2 = 5А$ коэффициент трансформации трансформатора тока равен Ктт = 200.

3.3.2. Постоянные амперметра C_A , вольтметра C_V и ваттметра C_W определяются по таблице 3 приложения в зависимости от положения переключателей номинальных токов и напряжений.

3.3.3. Определить действительную величину переменного тока в амперах по формуле

$$I_A = d_A C_A Ктт. \quad (I)$$

Аналогично определяются токи в фазах В и С.

3.3.4. Вычислить среднее значение тока в амперах по формуле

$$I_{cp} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3}. \quad (2)$$

3.3.5. Определить действительную величину напряжения между фазами, в вольтах

$$U_{AB} = \Delta V_{AB} \cdot C_V \cdot K_{TH}. \quad (3)$$

3.3.6. Вычислить среднее значение напряжения в вольтах по формуле

$$U_1 = \frac{U_{AB} + U_{BC} + U_{CA}}{3}. \quad (4)$$

3.3.7. Рассчитать величину потребляемой электродвигателем из сети активной мощности по формуле

$$P_1 = \Delta W \cdot C_W \cdot K_{TT} \cdot K_{TH} \cdot 10^{-3}. \quad (5)$$

3.3.8. Заполнить в Протокол испытаний (приложение 2) вычисленные значения $I_A, I_B, I_C, I_{cp}, U_{AB}, U_{BC}, U_{CA}, U_1, P_1$

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЩНОСТИ, ПОТРЕБЛЯЕМОЙ НАСОСОМ (НА ВАЛУ ДВИГАТЕЛЯ)

4.1. Для расчета потребляемой насосом мощности необходимы следующие данные: потери в стали статора электродвигателя - $P_{ст}$, добавочные потери - $P_{доб}$, механические потери - $P_{мех}$, сопротивление обмотки статора - $R_{ст}$, сопротивление обмотки ротора - $Z_{р}$. Указанные данные берутся из "Протокола типовых испытаний электродвигателей", хранящегося у энергетика НПС. Данные заводских испытаний некоторых двигателей даны в приложении.

$P_{ст}, P_{доб}, P_{мех}$ для каждого двигателя остаются постоянными при любой нагрузке.

Сопротивления $R_{ст}, Z_{р}$ приводятся к температуре 75°C по формулам

$$R_{75} = R_t [1 + d(75 - t)]; \quad (5)$$

$$z_{75} = z_t [1 + d(75 - t)], \quad (7)$$

где для меди $d_{Cu} = 0,0041$;

для алюминия $d_{Al} = 0,00365$.

4.2. Определение мощности, потребляемой насосом, когда приводом является синхронный двигатель.

4.2.1. Определять потери в меди статора при соединении обмоток "звездой" по формуле

$$P_{Cu ст \Delta} = 3 J_{cp}^2 \cdot R_{75} \cdot 10^{-3}, \quad (8)$$

при соединении обмоток "треугольником" — по формуле

$$P_{Cu ст \Delta} = J_{cp}^2 \cdot R_{75} \cdot 10^{-3}. \quad (9)$$

4.2.2. Определять потери в обмотках ротора по формуле

$$P_{рот} = J_B^2 \cdot z_{75} \cdot 10^{-3}. \quad (10)$$

4.2.3. Определять мощность, потребляемую насосом, по формуле

$$P_2 = P_1 - (P_{ст} + P_{урд} + P_{мат} + P_{Cu ст} + P_{рот}). \quad (11)$$

4.2.4. занести в Протокол испытаний вычисленные значения

$$P_{Cu ст}, P_{рот}, P_2.$$

4.3. Определение мощности, потребляемой насосом, когда приводом является асинхронный двигатель.

4.3.1. Определять потери в меди (обмотках) статора по формулам в. 4.2.1.

4.3.2. Определять электромагнитную мощность двигателя по формуле

$$P_{эм} = P_1 - P_{ст} - P_{Cu ст}. \quad (12)$$

4.3.3. Определять скольжение ротора по формуле

$$S = \frac{n_s - n}{n_s} \cdot 100\%. \quad (13)$$

4.3.4. Определить потери в меди ротора по формуле

$$P_{\text{рм}} = \frac{P_{2\text{м}}}{100} \cdot S. \quad (14)$$

4.3.5. Определить мощность, потребляемую насосом, по формуле

$$P_2 = P_1 - (P_{\text{ом}} + P_{\text{роб}} + P_{\text{тех}} + P_{\text{и ст}} + P_{\text{рм}}),$$

4.3.6. Занести в Протокол испытаний вычисленные значения

$$P_{\text{и ст}}, P_{\text{рм}}, P_2.$$

4.4. Определение КПД электродвигателя.

КПД электродвигателя определяется по формуле

$$\eta_{\text{дв}} = \frac{P_2}{P_1}. \quad (15)$$

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НАСОСНОГО АГРЕГАТА, НАСОСА

Полезная мощность насоса в кВт определяется по формуле

$$N_{\text{п}} = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{10^2}, \quad (16)$$

где Q - м³/с,

ρ - кг/м³.

$$H = \frac{(P_{2\text{вх}} - P_{2\text{вн}}) \cdot 10^4}{\rho} + (Z_{\text{вх}} - Z_{\text{вн}}) + 0,0027 \cdot Q \left(\frac{1}{d_{\text{вх}}^5} - \frac{1}{d_{\text{вн}}^5} \right). \quad (17)$$

При одинаковых диаметрах входного ($d_{\text{вх}}$) и выходного ($d_{\text{вн}}$) патрубков насоса и одинаковых уровнях установки манометров формула (17) приобретает вид:

$$H = \frac{(P_{2\text{вх}} - P_{2\text{вн}}) \cdot 10^4}{\rho}. \quad (18)$$

Если давление подставляется в Па, то

$$H = \frac{P_{вх} - P_{вх}}{\rho \cdot g} \quad (19)$$

Когда подача Q замерена в м³/ч, то

$$N_n = \frac{\rho \left(\frac{Q}{3600} \right) \cdot H}{10^2} \quad (20)$$

где
$$H = \frac{(P_{вх} - P_{вх}) \cdot 10^4}{\rho} + (Z_{вх} + Z_{вх}) +$$

$$+ 0,0027 \left(\frac{Q}{3600} \right)^2 \cdot \left(\frac{1}{d_{вх}^4} - \frac{1}{d_{вх}^4} \right) \quad (21)$$

В Протокол испытаний (приложение 3) заносятся дата испытаний, время замеров показаний манометров в делениях шкалы $U_{вх}$, $U_{вх}$ через каждые 5 минут (на каждом режиме производится не менее 3-х замеров), подача, плотность нефти; определяются действительные значения давлений в кгс/см² по масштабам шкал соответствующих манометров на входе и выходе из насосов и далее по формулам (17) или (21) определяются значения H ; По формуле (16) или (20) определяется N_n .

Коэффициент полезного действия насосного агрегата определяется по формуле

$$\eta_{агр} = \frac{N_n}{P_1} \quad (22)$$

Коэффициент полезного действия насоса определяется по формуле

$$\eta_N = \frac{N_n}{P_2} \quad (23)$$

Коэффициент полезного действия станции на заданном режиме с последовательным соединением насосов определяется по формуле

$$\eta_{cr} = \frac{H_1 + H_2 + \dots + H_i}{\frac{H_1}{\eta_{cr1}} + \frac{H_2}{\eta_{cr2}} + \dots + \frac{H_i}{\eta_{cr_i}}} \quad (24)$$

5.1. Рекомендуется определять значения КПД электродвигателя и насоса после их монтажа и обкатки и полученные значения КПД заносить в паспорта электродвигателя и насоса, а также наносить на соответствующие характеристики.

Целесообразность определения КПД после монтажа вызвана возможным отличием КПД различных насосов и электродвигателей от данных каталога вследствие технологических причин при заводском изготовлении.

5.2. Периодичность определения КПД насоса при эксплуатации рекомендуется принять равной 2000-2300 часов.

5.3. После ремонта обязательно следует проводить определение КПД агрегата, полученное значение КПД заносится соответственно в паспорт насоса (электродвигателя) с указанием даты. Допустимая величина снижения КПД до 3 % от значения, определенного в начале эксплуатации.

5.4. В приложении приведены образцы таблиц постоянные приборы комплекта К-51 для разных положений переключателя пределов, данные заводских испытаний некоторых электродвигателей, характеристики насосов НМ по каталогу с нанесенными параметрами, полученными во время приемочных испытаний годовых образцов насосов.

5.5. Определение предельной абсолютной погрешности КПД:

$$\epsilon_{\eta} = \frac{2}{100} \sqrt{\delta Q^2 + \delta P_3^2 + \delta \eta_3^2 + \frac{P_{n2}^2 \cdot \delta P_{n2}^2 + P_{n1}^2 \cdot \delta P_{n1}^2}{(P_{n2} - P_{n1})^2}}, \%$$

* При $|P_{n2} \delta P_{n2}| \geq |P_{n1} \delta P_{n1}|$ последний член под корнем может быть заменен на $\left(\frac{P_{n2}}{P_{n1}}\right)^2 \cdot \delta P_{n2}$

Ориентировочные значения относительных предельных погрешностей средств измерения (см. табл. 9 *).

$\delta Q = 2\%$ - для расхода ;

$\delta P_2 = 0,8\%$ - для мощности замеряемой электрическим способом;

$\delta \eta_0 = 0,5\%$ - для КПД электродвигателя.

Пример: $P_{n1} = 16 \text{ кг/см}^2 (\approx 16 \cdot 10^5 \text{ Па})$ } $I \text{ агр}$
 $P_{n2} = 40 \text{ кг/см}^2 (\approx 40 \cdot 10^5 \text{ Па})$ }
 $P_{n1} = 40 \text{ кг/см}^2 (\approx 40 \cdot 10^5 \text{ Па})$ } $II \text{ агр}$
 $P_{n2} = 60 \text{ кг/см}^2 (\approx 60 \cdot 10^5 \text{ Па})$ }
 $P_{n1} = 60 \text{ кг/см}^2 (\approx 60 \cdot 10^5 \text{ Па})$ } $III \text{ агр}$
 $P_{n2} = 100 \text{ кг/см}^2 (\approx 100 \cdot 10^5 \text{ Па})$ }

Расчет ведем для III агрегата: $\eta_{max} = 86\%$;

$$\begin{aligned} \delta \eta &= \frac{\eta}{100} \cdot \sqrt{2^2 + 0,8^2 + 0,8^2 + \frac{(100 \cdot 10^5)^2 \cdot 0,25^2 + (60 \cdot 10^5)^2 \cdot 0,25^2}{(64 \cdot 10^5 - 42 \cdot 10^5)^2}} \\ &= \frac{86}{100} \cdot \sqrt{4 + 0,64 + 0,64 + \frac{0,25^2 \cdot 10^{10} (100^2 + 60^2)}{10^{10} (64^2 - 42^2)}} \\ &= \frac{86}{100} \cdot \sqrt{4 + 0,64 + 0,64 + 0,36} = 86 \cdot 10^{-2} \cdot \sqrt{5,25} = 4,97\% \end{aligned}$$

* Яременко О.В. Испытания насосов. М., "Машиностроение", 1976.

ПРИЛОЖЕНИЕ I

**ПАСПОРТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НАСОСОВ
ТИПА НМ**

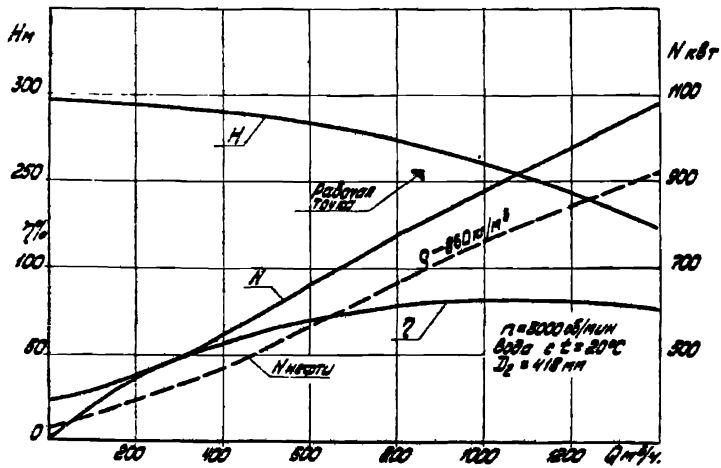


Рис.2. Рабочая характеристика насоса НС 1250-260 со сниженными роторами на подачу $900 \text{ м}^3/\text{ч}$ по результатам заводских испытаний

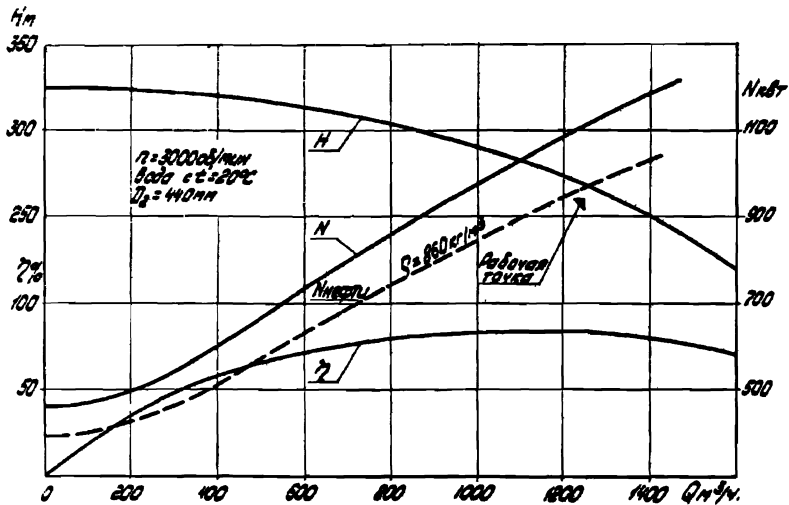


Рис.3. Рабочая характеристика насоса БМ I250-260 по результатам заводских испытаний ВНИИАЗНИ

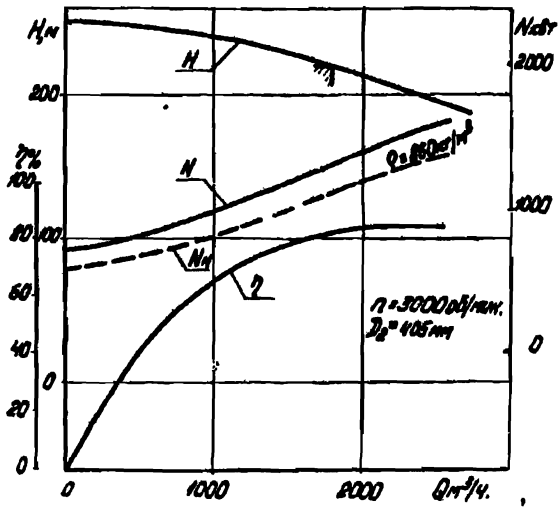


Рис. 4. Характеристики насоса НМ 2500-230 со сменным ротором $Q = 1800 \text{ м}^3/\text{ч}$

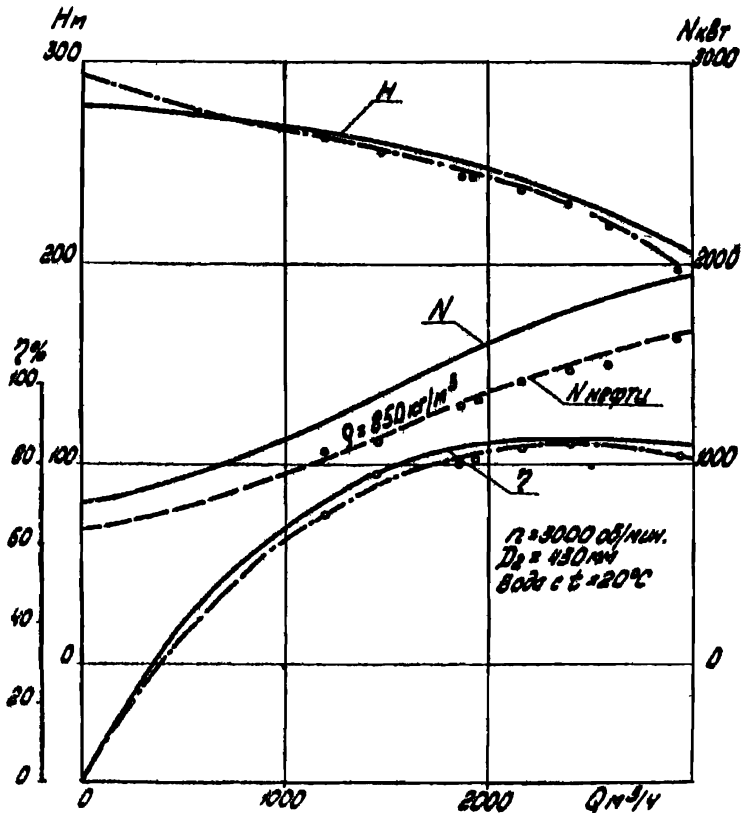


Рис. 5. Характеристика насоса НМ 2500-230
 -o- точки, полученные при промышленных
 испытаниях

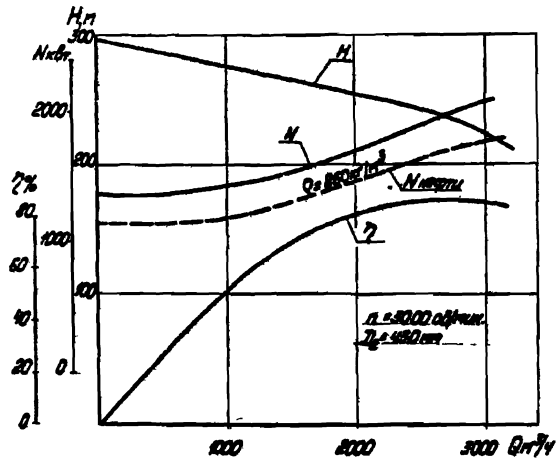


Рис. 6. Характеристика насоса НМ 3600-230 со сменным ротором
 $Q = 2500 \text{ м}^3/\text{ч}$

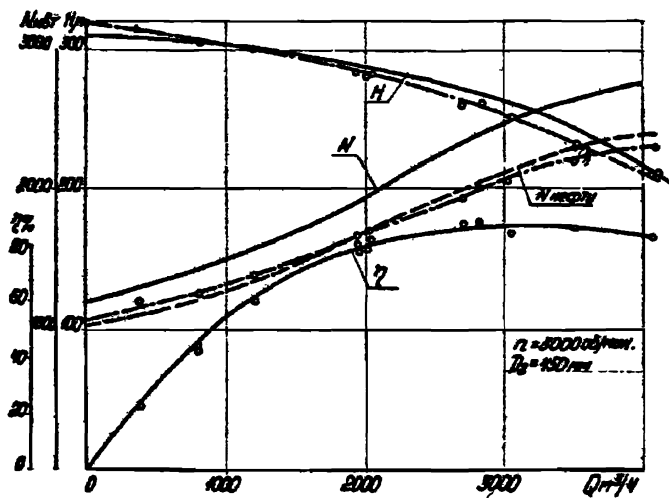


Рис. 7. Характеристики насоса ИМ 3600-230:

o - точки, полученные при промышленных испытаниях

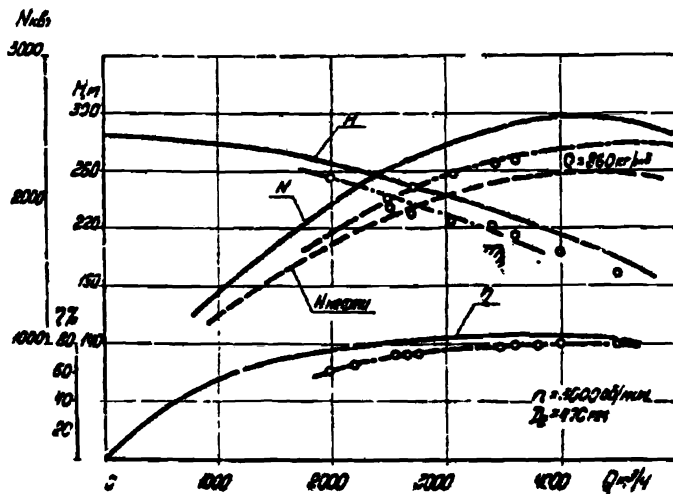


Рис.8. Рабочая характеристика насоса НМ 5000-21D со сдвинутым ротором
 на подачу 3500 м³/ч: ○ - точки, полученные по промышленным испытаниям

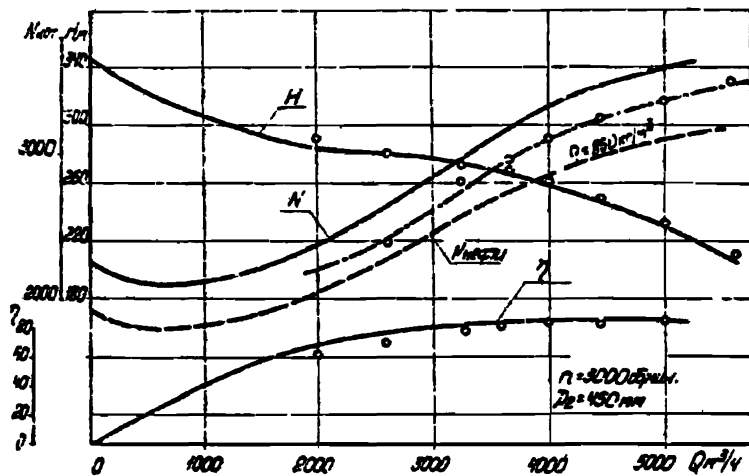


Рис. 9. Характеристики насоса EM 5000-210

○ - точки, полученные при промышленных испытаниях

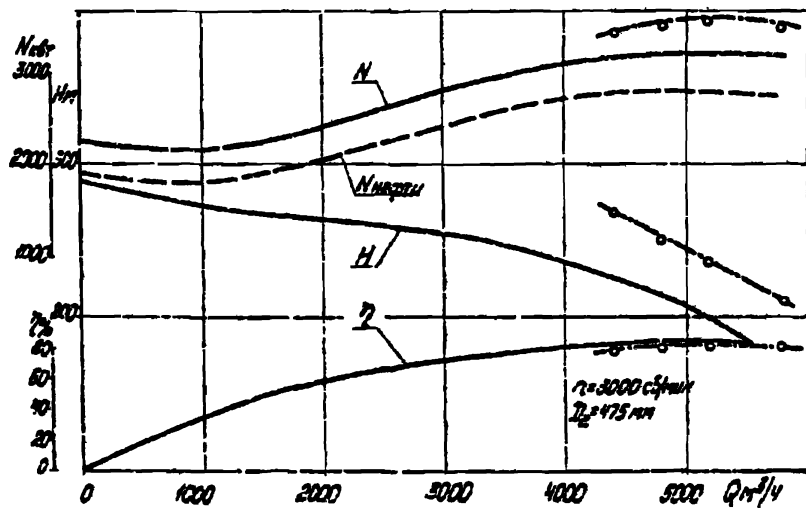


Рис. 10. Характеристика насоса НМ 7000-210 со сменным ротором
 $Q = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$
 о - точки, полученные при промышленных испытаниях

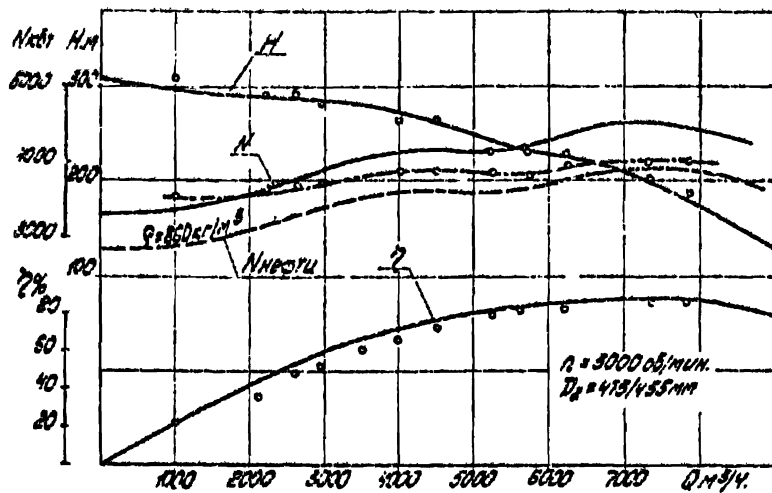


Рис. II. Характеристики насоса EM 7000-210

o - точки, полученные при промышленных испытаниях

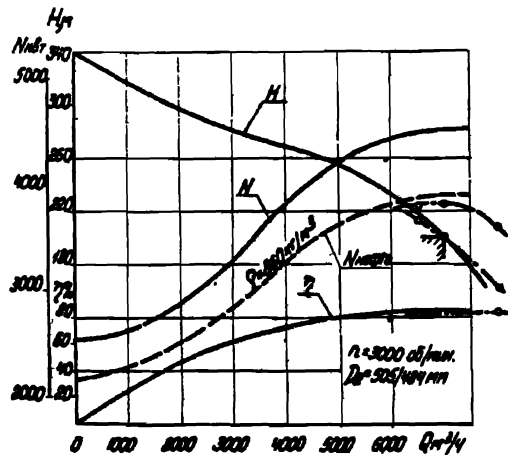


Рис. 12. Характеристика насоса НС 10000-210 со скользящим ротором 7000 м³/ч по результатам заводских испытаний

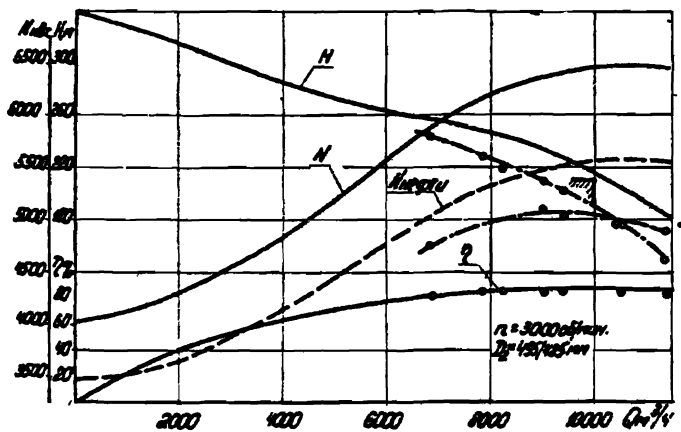


Рис. 13. Характеристика насоса НИ 10000-210 по результатам заводских испытаний: ○ - точки, полученные при промышленных испытаниях

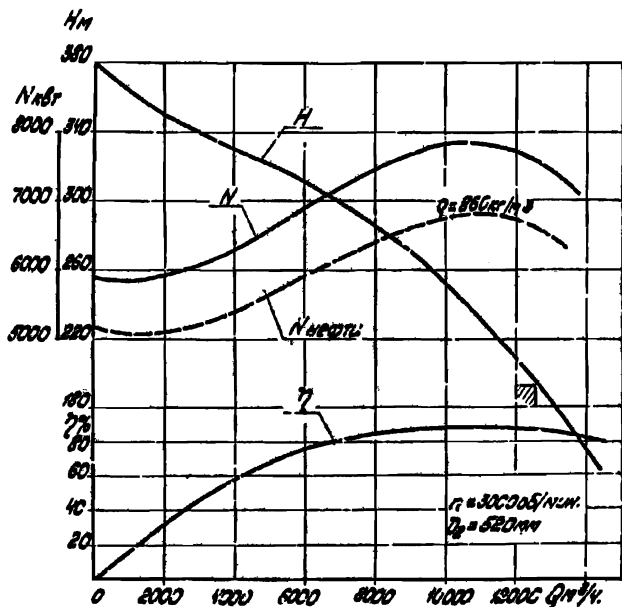


Рис. 14. Характеристика нефтяного центробежного насоса БН 10000-210 с ротором 12500 $\text{м}^3/\text{ч}$

Протокол измерений массового расхода в _____
(назв. в _____ вл. единицах)

Дат. прот.	Помощные приборы и датчики							Положительное отклонение, мм/мин	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	Ток, А					Напряжения, В				Р ₁ кВт	Теплота, кВт					$\frac{1}{2}$			
	Амперметр			Вольтметр			Ваттметр				общий	%	%	%	%	%	%	%	%		%	%	%	%					
	d_0	d_1	d_2	d_{11}	d_{12}	d_{13}																			d_{14}		d_{15}	d_{16}	d_{17}
I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29

- 1-ый электр
- 2-ый электр
- 3-ий электр
- Среднее
- стандарт

Протокол испытаний насоса _____
на НПС " _____ "

(зав. № _____, ротор _____, _____, А _____, _____)

Дата, время (число, часы, минуты)	Подача (м ³ /ч) Q	Показания манометров в делениях шкалы		Давление, кгс/см ² (Па)		$P_2 - P_1$ кгс/см ² (Па)	Дифференциальный напор ΔH	Плотность нефти, ρ кг/м ³	Полезная мощность насоса, кВт N_n	η_n	Замечание
		$P_{вх}$	$P_{вых}$	$P_{вх}$	$P_{вых}$						
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	12

I замер
II замер
III замер
Средние значения

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Постоянные приборов для разных положений
переключателей пределов

Положение переключателя	125	250	375	500
Положение переключателя	1 2,5 5 10,25 50	1 2,5 5 10 25 50	1 2,5 5 10 25 50	1 2,5 5 10 25 50
Вольтметра	1 1 1 1 1 1	2 2 2 2 2 2	3 3 3 3 3 3	4 4 4 4 4 4
Амперметра 10^{-3} А	1 2,5 5 10 25 50	1 2,5 5 10 25 50	1 2,5 5 10 25 50	1 2,5 5 10 25 50
Ваттметра	2 5 10 20 50 100	4 10 20 40 100 200	6 15 30 60 150 300	8 20 40 80 200 400

Данные из протоколов заводских испытаний
синхронных электродвигателей

Тип двигателя	U кВ	R_t, Om 15°C	x_t, Om 15°C	P_{ctm} кВт	$P_{доб.}$ кВт	$P_{полн}$ кВт																																																																																																																																								
СТД-680	<u>6</u>	<u>0,459</u>	<u>0,077</u>	4,55	1,88	6,3																																																																																																																																								
	10	1,405	0,0783				СТД-1000	<u>6</u>	<u>0,254</u>	<u>0,0896</u>	7,98	2,85	6,35	10	0,7464	0,08962	СТД-800	<u>6</u>	<u>0,305</u>	<u>0,08</u>	5,2	2,03	4,7	10	1,035	0,0835	СТД-1250	<u>6</u>	<u>0,1559</u>	<u>0,1115</u>	8,65	2,27	12,1	10	0,523	0,1125	СТД-1600	<u>6</u>	<u>0,1043</u>	<u>0,1224</u>	9,5	2,62	12,55	10	0,2645	0,1319	СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75	10	0,291	0,1228	СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345
СТД-1000	<u>6</u>	<u>0,254</u>	<u>0,0896</u>	7,98	2,85	6,35																																																																																																																																								
	10	0,7464	0,08962				СТД-800	<u>6</u>	<u>0,305</u>	<u>0,08</u>	5,2	2,03	4,7	10	1,035	0,0835	СТД-1250	<u>6</u>	<u>0,1559</u>	<u>0,1115</u>	8,65	2,27	12,1	10	0,523	0,1125	СТД-1600	<u>6</u>	<u>0,1043</u>	<u>0,1224</u>	9,5	2,62	12,55	10	0,2645	0,1319	СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75	10	0,291	0,1228	СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8						
СТД-800	<u>6</u>	<u>0,305</u>	<u>0,08</u>	5,2	2,03	4,7																																																																																																																																								
	10	1,035	0,0835				СТД-1250	<u>6</u>	<u>0,1559</u>	<u>0,1115</u>	8,65	2,27	12,1	10	0,523	0,1125	СТД-1600	<u>6</u>	<u>0,1043</u>	<u>0,1224</u>	9,5	2,62	12,55	10	0,2645	0,1319	СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75	10	0,291	0,1228	СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																
СТД-1250	<u>6</u>	<u>0,1559</u>	<u>0,1115</u>	8,65	2,27	12,1																																																																																																																																								
	10	0,523	0,1125				СТД-1600	<u>6</u>	<u>0,1043</u>	<u>0,1224</u>	9,5	2,62	12,55	10	0,2645	0,1319	СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75	10	0,291	0,1228	СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																										
СТД-1600	<u>6</u>	<u>0,1043</u>	<u>0,1224</u>	9,5	2,62	12,55																																																																																																																																								
	10	0,2645	0,1319				СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75	10	0,291	0,1228	СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																				
СТД-2000	<u>6</u>	<u>0,0932</u>	<u>0,139</u>	10	4,55	12,75																																																																																																																																								
	10	0,291	0,1228				СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25	10	0,1407	0,2168	СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																														
СТД-2500	<u>6</u>	<u>0,0622</u>	<u>0,2056</u>	14,5	5,5	21,25																																																																																																																																								
	10	0,1407	0,2168				СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75	10	0,1757	0,234	СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																								
СТД-3150	<u>6</u>	<u>0,0423</u>	<u>0,227</u>	17,75	5,0	23,75																																																																																																																																								
	10	0,1757	0,234				СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25	10	0,1176	0,247	СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																		
СТД-4000	<u>6</u>	<u>0,0404</u>	<u>0,251</u>	20,5	7,51	29,25																																																																																																																																								
	10	0,1176	0,247				СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25	10	0,0949	0,268	СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																												
СТД-5000	<u>6</u>	<u>0,0284</u>	<u>0,276</u>	22,5	10,75	29,25																																																																																																																																								
	10	0,0949	0,268				СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5	10	0,0594	0,373	СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																																						
СТД-6300	<u>6</u>	<u>0,01996</u>	<u>0,794</u>	23,5	20,5	55,5																																																																																																																																								
	10	0,0594	0,373				СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64	СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77	10	0,0328	0,484	СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																																																
СТД-8000	10	0,0476	0,417	32	18,6	64																																																																																																																																								
СТД-10000	<u>6</u>	<u>0,01064</u>	<u>0,4985</u>	38	20,2	77																																																																																																																																								
	10	0,0328	0,484				СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5	10	0,0245	0,544	ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																																																																	
СТД-12500	<u>6</u>	<u>0,00785</u>	<u>0,546</u>	38,5	30,75	79,5																																																																																																																																								
	10	0,0245	0,544				ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																																																																											
ДС ГИВ/44-6	<u>6</u>	<u>0,442</u>	<u>0,0786</u>	<u>4,5</u>	<u>2,5</u>	<u>8</u>																																																																																																																																								
	10	1,345	0,00779	6,2	2,7	8,8																																																																																																																																								

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Данные из протоколов заводских
испытаний асинхронных электродвигателей

Тип двигателя	R_{Σ} 15°C Ом	$P_{см} + P_{мех}$ кВт
АТД-1250	0,167	36,0
1600	0,119	39,0
2000	0,080	49,0
2500	0,0538	56,0
3200	0,1025	69,5
4000	0,0276	107,0
5000	0,0719	112,0
АТД2-1250	0,173	21,0
1600	0,1245	23,5
2000	0,066	27,5
2500	0,060	32,0
3200	0,0414	54,0
4000	0,0295	56,5
5000	0,0235	59,0

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Общие положения	3
2. Измеряемые параметры и приборы	5
3. Определение мощности, потребляемой насосным агрегатом из электросети	6
4. Определение мощности, потребляемой насосом (на валу двигателя)	10
5. Определение полезной мощности и коэффициента полезного действия насосного агрегата, насоса	12
Приложение	16

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ
М Е Т О Д И К А
ОПРЕДЕЛЕНИЯ КПД НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ
МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ
РД 39-0147103-307-85

450055, Уфа, просп. Октября, 144/3

Подписано в печать 13.02.86г. ПО 1194
Формат 60x90 1/16. Уч.-изд.л. 1,7. Тираж 150 экз.
Заказ *42*

Ротапринт ВНИИСПНефти