

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА

**РАСЧЕТА УСЛОВИЙ БЕСКАВИТАЦИОННОЙ
РАБОТЫ ПОДВОДЯЩИХ НЕФТЕПРОВОДОВ
ПОДПОРНЫХ НАСОСОВ**

РД 39-30-496-80

Министерство нефтяной промышленности
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПО СБОРУ,
ПОДГОТОВКЕ И ТРАНСПОРТУ НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ
ВНИИСПНефть

УТВЕРЖДЕНА

первым заместителем министра
нефтяной промышленности
В.И.Кремневым
31 декабря 1960 г.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А
РАСЧЕТА УСЛОВИЯ БЕСКАВИТАЦИОННОЙ
РАБОТЫ ПОДВОДИЩИХ НЕУТЕПРОВЕДОВ
ПОДПОРНЫХ НАСОСОВ
РД 39-30-496-60

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Методика расчета условий бескавитационной работы
подводящих нефтепроводов подпорных насосов

РД 39-30-496-80

Приказом Министерства нефтяной промышленности
от 23.01.81 № 61

Срок введения установлен с 10.02.81

Срок действия до 10.02.86

Настоящий руководящий документ устанавливает метод расчета на кавитационную устойчивость подводящих нефтепроводов подпорных магистральных насосов.

Методика разработана в дополнение к РД 39-30-39-78 и предназначена специалистам, занятым проектированием и эксплуатацией насосных станций.

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Расчет нефтепровода на кавитационную устойчивость производится с целью обеспечения бескавитационных условий при протекании жидкости по трубам и местным сопротивлениям.

1.2. Проверка нефтепровода на кавитационную устойчивость заключается в сравнении располагаемого напора в любой точке подводящего нефтепровода с допустимым.

1.3. Наиболее вероятные элементы, в которых могут иметь место кавитационные явления - отвод и приемно-раздаточный патрубок (ПРП), расположенные на надземной части подводящего нефтепровода.

1.4. Условные обозначения.

P_a - атмосферное давление, Па;

$P_{кр}$ - критическое давление кавитации, Па;

H_s $\frac{P_s}{\rho g}$ - напор, соответствующий давлению насыщенных паров перекачиваемой жидкости, м;

- $H_{кр}$ - критический напор, м;
 h_m - суммарные гидравлические потери напора, м;
 Q - расход жидкости, м³/с;
 v - средняя скорость потока, м/с;
 d - внутренний диаметр трубопровода, м;
 ρ - плотность жидкости, кг/м³;
 g - ускорение силы тяжести, м/с²;
 T - температура перекачиваемой жидкости, град. К;
 $R_{кр}$ - критическое число кавитации местного сопротивления.

2. РАСЧЕТ УСЛОВИЙ БЕЗКАВИТАЦИОННОЙ РАБОТЫ ПОДВОДЯЩИХ НЕФТЕПРОВОДОВ

2.1. Исходные данные.

Для выполнения расчетов по настоящей методике необходимы следующие исходные данные:

- технологическая схема систем: "резервуарный парк-подводящие нефтепроводы - подпорные насосы" с указанием геометрических размеров (диаметры d_i , длина l_i) участков трубопровода, включая диаметр прямо-раздаточного патрубка d_p ;
- данные о свойствах перекачиваемой жидкости с учетом температур перекачки (плотность, вязкость, давление насыщенных паров);
- суммарный расход жидкости и число прямо-раздаточных патрубков на откатке.

2.2. Условие безкавитационной работы подводящего нефтепровода:

$$\frac{P_0}{\rho g} + H - h_m - \frac{v^2}{2g} \geq R_{кр} \frac{v^2}{2g} + \frac{P_{кр}}{\rho g} \quad (1)$$

Левая часть неравенства - располагаемый напор в расчетном сечении, складывающийся из напора, создаваемого атмосферным давлением в резервуаре и разность нивелирных отметок уровня нефти в резервуаре и соответствующей (расчетной) точкой трубопровода за вычетом гидравлических потерь на участке от резервуара до рассматриваемого сечения и скоростного напора.

Правая часть неравенства - допустимый напор, представляющий сумму критического давления кавитации и кавитационного запаса местного сопротивления.

При наземной укладке подводящего трубопровода или малом его заглублении кавитация при определенных условиях может возникнуть в линейной части.

Для таких трубопроводов по формуле (I) определяется располагаемый напор в любой точке трубопровода (наименьший напор будет перед подпорным насосом), который должен быть больше величины $P_{кр}/\rho g$ во избежание кавитации перекачиваемой жидкости. При этом проверочный расчет следует производить для условий минимально допустимого налива в резервуаре. В этом случае разность нивелирных отметок уровня нефти в резервуаре и расчетной точкой трубопровода H_{min} определяется в соответствии с рис. I.

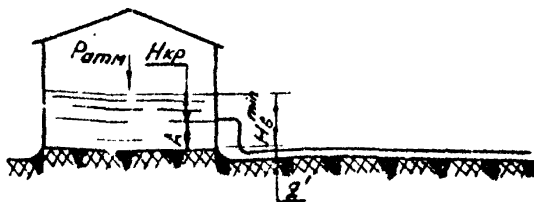


Рис. I Расчетная схема

(2)

$$H_{min} = H_3^{min} \pm z' = H_{кр} + A \pm z'$$

где A - расстояние от оси прямо-раздаточного патрубка до дна резервуара;

Z' - расстояние от оси наземного трубопровода до дна резервуара. Знак "+" относится к случаю расположения оси трубопровода ниже дна резервуара и "-" при расположении оси трубопровода выше дна резервуара.

2.2.1. Атмосферное давление на свободную поверхность принимается в зависимости от абсолютной отметки насосной:

$$\frac{P_a}{\rho g} = (10,33 - 0,001 Z) \frac{\rho_0}{\rho}, \quad (3)$$

где Z - отметка насосной от уровня моря, м вод.ст.

ρ_0 - плотность воды, кг/м³;

ρ - плотность перекачиваемой жидкости, кг/м³;

2.2.2. Определение разницы нивелирных отметок уровня нефти в резервуаре и рассматриваемой точки нефтепровода зависит от расположения расчетного сечения.

Для надземной части нефтепровода, расположенной соосно с прямо-раздаточным патрубком, искомая величина совпадает с критическим напором, соответствующим моменту начала прорыва газовоздушной смеси в прямо-раздаточный патрубок и определяется по формуле:

$$H_{min} = H_{кр} = K_g \left(0,4 \frac{Q^{0,6}}{d_n^{1,5}} + 0,9 \right) d_n, \quad (4)$$

где K_g - коэффициент, учитывающий поджатие потока, определяемый по рис. 2, для для существующих конструкций резервуаров по рис. 3. определяется непосредственно величина $H_{кр}$.

В общем случае H_{min} определяется по формуле (2).

2.2.3. Гидравлические потери на участке от резервуара до рассматриваемой точки трубопровода определяются в соответствии с РД 39-30-39-78.

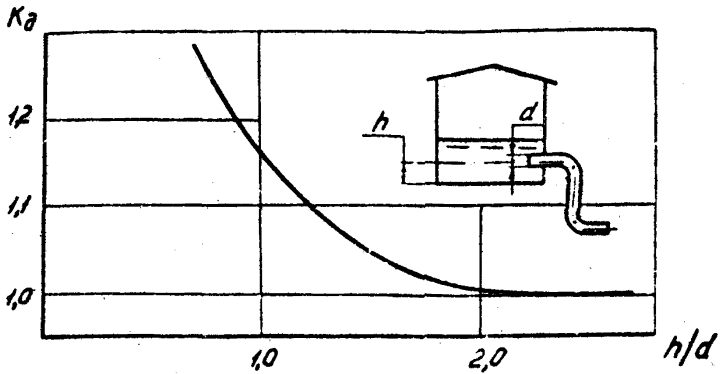


Рис. 2. Значение коэффициента K_a , учитывающего поджатие потока, для различных положений прямо-раздаточного патрубка

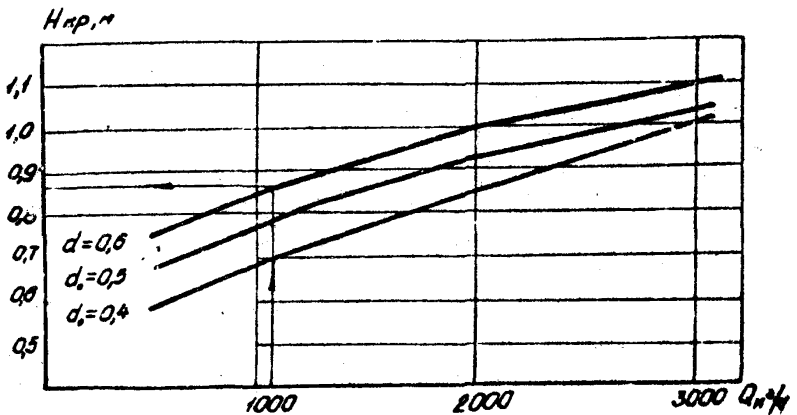


Рис. 3. Зависимость критического напора от расхода через прямо-раздаточный патрубок различного диаметра.

2.2.4. Критическое давление кавитации $P_{кр}$ можно определять с помощью кавитационной трубки, установленной в системе трубопроводной обвязки насосов НПС.

Ввиду отсутствия стандартных методов определения критического давления кавитации за $P_{кр}/\rho g$ можно приближенно принимать давление насыщенных паров перекачиваемой жидкости h_s при температуре перекачки, имея при этом ввиду, что расчет в этом случае будет соответствовать условиям начальной кавитации. Давление насыщенных паров следует принимать по данным лабораторных исследований при соотношении паровой и жидкой фаз близком к нулю. Давление насыщенных паров, замеряемое по методу Рейда $h_s^P (V_p/V_{ж} = 4:1)$, пересчитывается по формуле:

$$h_s = h_s^P [1,558 + 0,0053(T - 273)], \quad (5)$$

где T - температура перекачиваемой жидкости, град. К.

Для некоторых нефтей можно ориентировочно пользоваться графиком $h_s = f(T)$ (приложение I.).

2.2.5. Критическое число кавитации прямо-раздоточного патрубка, отвода и задвижки определяется в соответствии с уло. 4, 5 и 6.

На рис. 6 F - площадь проходного сечения задвижки, M^2 ;

$F_{тр}$ - площадь проходного сечения трубы, M^2 .

Для полностью открытой задвижки ($F/F_{тр} = 1$) $z_{кр} = 1,2$.

Для тройника

$$z_{кр} = z_{в.с.} + 2 - \frac{Q_1^4}{Q_{сб.}^4} \cdot \frac{F_{сб.}^2}{F_1^2}, \quad (6)$$

где Q_1 и $Q_{сб.}$ - расходы и сечения рассчитываемой ветки, по которой подводится жидкость, и обводного трубопровода соответственно;

$z_{в.с.}$ - коэффициент сопротивления на внезапное сужение, определяемый на таблице.

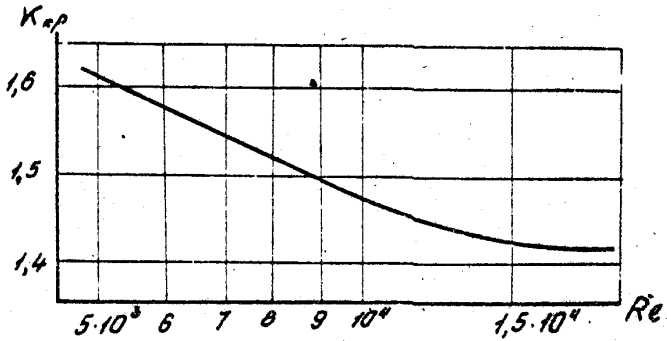


Рис. 4. Критическое число кавитации прямо-раздаточного патрубка в зависимости от числа Рейнольдса

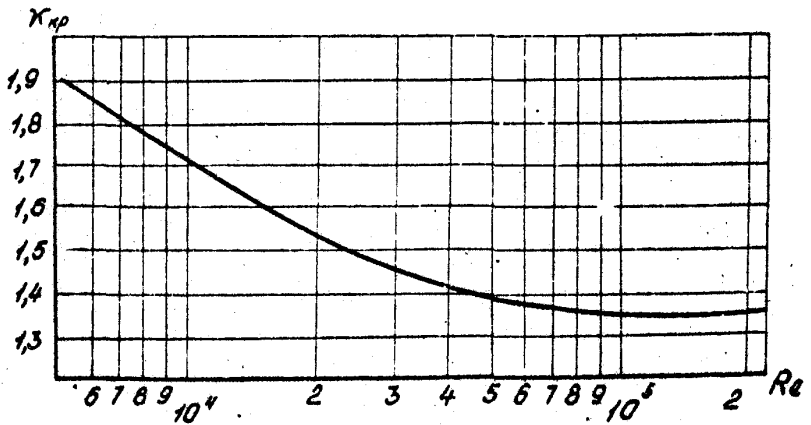


Рис. 5. Критическое число кавитации отвода $\delta = 90$ $R/h = 1,5$ в зависимости от числа Рейнольдса

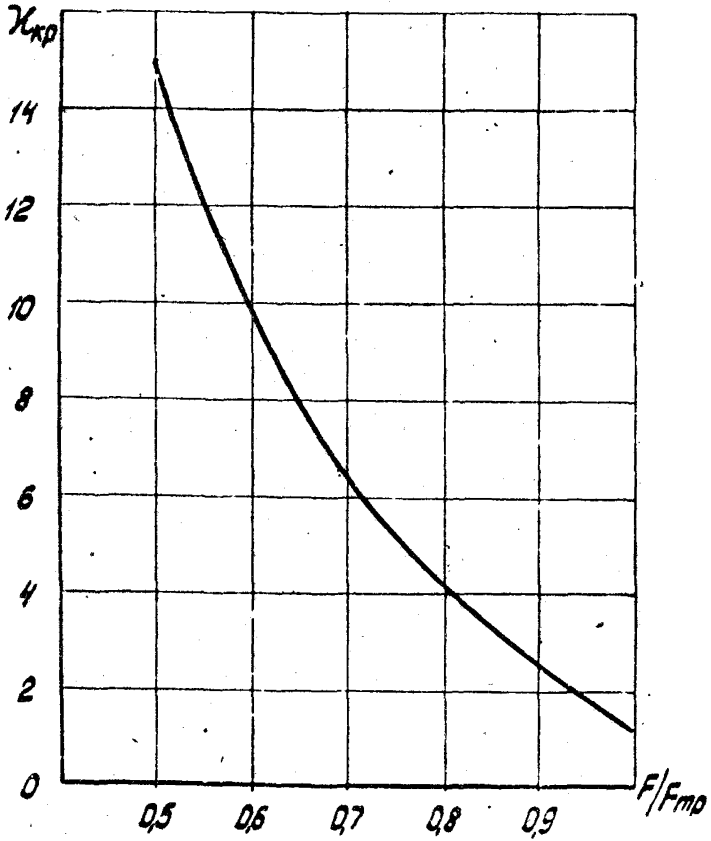


Рис. 6. Критическое число кавитации задвижки
в зависимости от степени ее открытия

Таблица

Кoeffициенты сопротивления $\zeta_{вс}$.

$\frac{F_{сб}}{F_{сб}}$	0,01	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\zeta_{вс}$	0,5	0,47	0,45	0,38	0,34	0,3	0,25	0,2	0,15	0,09	0

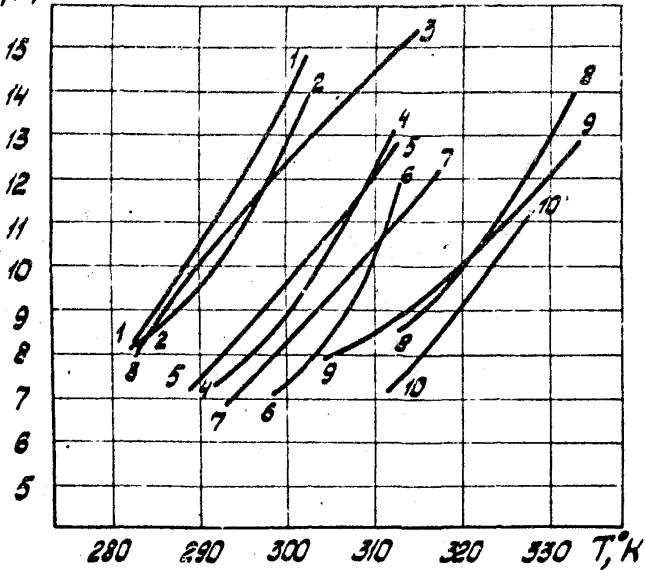
$F'_{сб}$ - площадь оборного трубопровода, соответствующая скорости в сборном тройнике для условий минимальных гидравлических потерь при смешении потоков:

$$F'_{сб} = \frac{Q_{сб}^2}{\alpha_1 \cdot v_1} \quad (7)$$

В приложении 2 дается пример расчета отвода на кавитационную устойчивость.

Зависимость давления насыщенных паров
нефтей от температуры

$P_3 / \text{с.ст.ж.}$



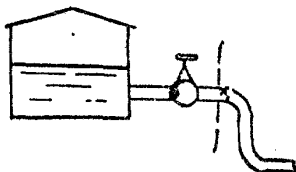
- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1 - барлинская нефть | 6 - ромашкинская нефть |
| 2 - туймазинская нефть | 7 - усть-балыкская нефть |
| 3 - самотлорская нефть | 8 - мангышлакская нефть |
| 4 - мухановская нефть | 9 - сургутская нефть |
| 5 - орланская нефть | 10 - небитдагская нефть |

Приложение 2

Пример расчета отвода на кавитационную устойчивость.

П.2.1. Исходные данные:

П.2.1.1. Схема надземной части трубопровода.



П.2.1.2. Диаметр приемо-раздаточного патрубка - $d_n = 0,6\text{м}$;

П.2.1.3. Расход жидкости через один приемо-раздаточный патрубок $Q = 2500 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,695 \text{ м}^3/\text{с}$.

П.2.1.4. Свойства перекачиваемой жидкости для максимальной температуры перекачки ($t = 303^\circ\text{К}$):

плотность $\rho = 860 \text{ кг/м}^3$;

вязкость кинематическая $\nu = 0,15 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$;

давление насыщенных паров $h_s = \frac{P_s}{\rho g} = 10 \text{ м.от.ж.}$

П.2.2. Напор, определяемый атмосферным давлением

$$h_{\text{атм}} = \frac{P_{\text{атм}}}{\rho g} = (10,33 - 0,001 \cdot 100) \frac{1000}{860} = 11,7 \text{ м}$$

П.2.3. Критический напор, соответствующий началу прорыва газоповздушной смеси в приемораздаточный патрубок $H_{\text{кр.р}} = 1,05\text{м}$ (по рис. 3).

П.2.4. Гидравлические потери. Скорость течения жидкости в трубопроводе $v = \frac{4 \cdot Q}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 0,695}{3,14 \cdot 0,6^2} = 2,46 \text{ м/с}$;

число Рейнольдса

$$Re = \frac{vD}{\nu} = \frac{2,46 \cdot 0,6}{0,15 \cdot 10^{-4}} = 9,8 \cdot 10^4 ;$$

коэффициент гидравлического сопротивления

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{9,8 \cdot 10^4}} = 0,018 ;$$

коэффициенты местных сопротивлений

на выходе из резервуара $\zeta_{\text{вых}} = 0,5 ;$

задвижки $\zeta_{\text{зав}} = 0,15$

Гидравлические потери на участке от резервуара до отвода

(сеч. I-I)

$$h_w = \left(\lambda \frac{L}{d} + \sum \zeta \right) \frac{V^2}{2g} = \left(0,018 \frac{6}{0,6} + 0,65 \right) \frac{2,46^2}{2 \cdot 9,8} = 0,25 \text{ м}$$

П.2.5. Критическое число кавитации отвода

$$\alpha_{\text{кр}}^{\text{отв}} = 1,36 \text{ (по рис. 5)}$$

П.2.6. Располагаемый напор в расчетном сечении

$$h_{\text{расп}} = \frac{P_{\text{атм}}}{\rho g} + H_{\text{кр}} - h_w - \frac{V^2}{2g} = 11,7 + 1,05 - 0,25 = 12,5 \text{ м}$$

П.2.7. Допустимый по условиям кавитации напор в расчетном

$$\text{сечении } h_{\text{доп}} = \alpha_{\text{кр}} \frac{V^2}{2g} + \frac{P_s}{\rho g} = 1,36 \frac{2,46^2}{2 \cdot 9,8} + 10 = 10,4 \text{ м}$$

П.2.8. За основании обеспечения условия $h_{\text{расп}} > h_{\text{доп}}$

следует, что откачка при указанных конструктивных параметрах свойства нефти в принятом режиме откачки будет проходить без кавитации.

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

М Е Т О Д И К А
РАСЧЕТА УСЛОВИЯ БЕСКАВИТАЦИОННОЙ
РАБОТЫ ПОДБОЛЯЩИХ НЕЙТРЕПРОВОДОВ
ПОДПОРНЫХ НАСОСОВ
РД 39-30-496-80

Издание ВНИИСПНефти
450055, г.Уфа-55, пр.Октября, 144/3

Подписано в печати 7.04.81 ПО2111
Формат 60x90 1/16 Уч.изд.л. 0,7, Тираж 160 экз. Заказ 84
