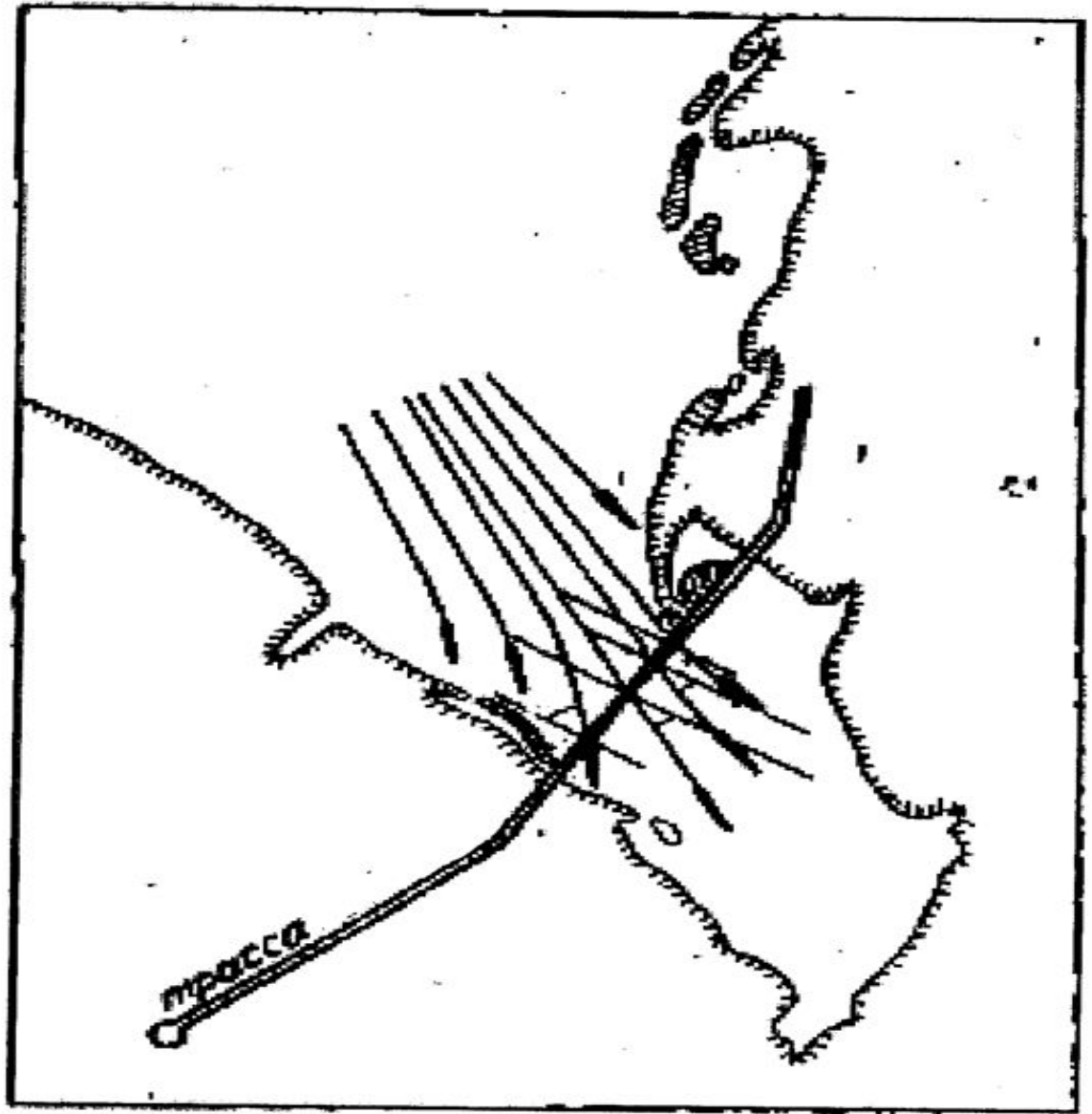


Практическое занятие № 1

*Тема: Выбор и обоснование
основных технических и
технологических характеристик
подводного нефтепровода.*

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Трасса подводного трубопровода



1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Одним из основных параметров подводного трубопровода является диаметр и толщина стенки трубы.

Для предварительного вычисления диаметра трубы определим расчетную часовую и секундную пропускную способность нефтепровода по формулам:

$$Q_{\text{час}} = \frac{G}{24 \cdot N \cdot \rho}, \text{ м}^3 / \text{час.} \quad (1)$$

где N - расчетное число дней перекачки, принимаемое равным 350, в соответствии с нормами технологического проектирования.

$$Q_c = \frac{Q_{\text{час}}}{3600}, \text{ м}^3 / \text{сек} \quad (2)$$

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Определяем наружный диаметр нефтепровода по формуле

$$D_n = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot w}} \cdot M \quad (3)$$

где w – рекомендуемая скорость движения нефти.

Принимаем значение диаметра трубы согласно полученным при расчете данным и в зависимости от производительности нефтепровода по таблице 1.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Таблица 1
Параметры магистральных нефтепроводов

<u>Производительность</u> Q млн. т. год	Диаметр (наружный), мм	Рабочее давление	
		МПа	кгс/см ²
0,7-1,2	219	8,8-9,8	90-100
1,1-1,8	273	7,4-8,3	75-85
1,6-2,4	325	6,6-7,4	67-75
2,2-3,4	377	5,4-6,4	55-65
3,2-4,4	426	5,4-6,4	55-65
4-9	530	5,3-6,1	54-62
7-13	630	5,1-5,5	52-56
11-19	720	5,6-6,1	58-62
15-27	820	5,5-5,9	56-60
23-50	1020	5,3-5,9	54-60
41-78	1220	5,1-5,5	52-56

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Пример расчета.

Исходные данные: $G = 50$ млн. т/год, $w = 1,7$ м/с

$$Q_{\text{час}} = \frac{G}{24 \cdot N \cdot \rho} = \frac{50 \cdot 10^6 \cdot 10^3}{24 \cdot 350 \cdot 878} = 6779,5 \text{ м}^3 / \text{час.}$$

$$Q_c = \frac{Q_{\text{час}}}{3600} = 1,88 \text{ м}^3 / \text{сек}$$

$$D_H = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_c}{\pi \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,88}{3,14 \cdot 1,7}} = 1,187 \text{ м}$$

По таблице 1 принимаем производительность нефтепровода 41-78 млн. т/год. Тогда $D_H = 1220$ мм.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Толщину стенки трубопровода следует определять в соответствии с требованиями СНиП 2.05.06-85*.

Толщина стенки определяется с учетом следующих критериев:

- требований к расходу и давлению при транспортировке нефти;
- внешнего воздействия от волн и течений;
- напряжений при укладке трубопровода.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Толщину стенки трубопровода по внутреннему давлению определяют по формуле:

$$\delta = \frac{n_p P D_H}{2(R_1 + n_p P)}, \text{ мм} \quad (4)$$

где D_H - наружный диаметр трубы, м;

P - рабочее (нормативное) давление в трубопроводе, МПа;

n_p - коэффициент надежности по нагрузке;

R_1 - расчетное сопротивление материала, формула которого имеет вид:

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{K_1 K_H}, \text{ МПа} \quad (5)$$

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

где R_1^H - нормативное сопротивление растяжению металла трубы, принимается равным $\sigma_{пр}$;

m – коэффициент условий работы трубопровода;

k_1 - коэффициент надежности по материалу;

k_H - коэффициент надежности по назначению трубопровода.

1

Рабочее (нормативное) давление в трубопроводе принимаем по табл.1.

Для нефтепроводов, работающих в системе «из насоса в насос» коэффициент надежности по нагрузке равен 1,15, во все остальных случаях – 1,1.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

трубопровода

В качестве материала трубы для морских подводных трубопроводов рекомендуется использовать сталь марки **X52-X60** стандарта API-5L.

Таблица

2

Нормативный документ на трубы	Класс прочности (марка стали)	Временное сопротивление разрыву, σ_B , Н/мм ²	Предел текучести, σ_T , Н/мм ²
API 5L	X42	414-758	290-496
	X46	434-758	317-524
	X52	455-758	359-531
	X56	490-758	386-544
	X60	517-758	414-565
	X65	531-758	448-600
	X70	565-758	483-621

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Для строительства трубопроводов применяются:

- стальные бесшовные или прямошовные трубы, изготовленные, в соответствии с ГОСТ 8732-78, ГОСТ 20295-74, Техническими условиями;
- из малоуглеродистых и низколегированных сталей по ГОСТ 380-71, ГОСТ 14959-79, ГОСТ 19282-73, отвечающих требованиям СНиП 2.05.06-85*.

Коэффициент надежности по материалу определяется по таблице 9 СНиП 2.05.06-85*.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

трубопровода

Таблица 3 (табл. 9 СНиП 2.05.06-85*)

Характеристика труб	Значение коэффициента надежности по материалу k_1
1	2
1. Сварные из малоперлитной и бейнитной стали контролируемой прокатки и термически упрочненные трубы, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой под флюсом по сплошному технологическому шву, с минусовым допуском по толщине стенки не более 5% и прошедшие 100%-ный контроль на сплошность основного металла и сварных соединений неразрушающими методами	1,34
2. Сварные из нормализованной, термически упрочненной стали и стали контролируемой прокатки, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой под флюсом по сплошному технологическому шву и прошедшие 100%-ный контроль сварных соединений неразрушающими методами. Бесшовные из катаной или ковальной заготовки, прошедшие 100 %-ный контроль неразрушающими методами	1,40
3. Сварные из нормализованной и горячекатаной низколегированной стали, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой и прошедшие 100%-ный контроль сварных соединений неразрушающими методами	1,47
4. Сварные из горячекатаной низколегированной или углеродистой стали, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой или токами высокой частоты. Остальные бесшовные трубы	1,55

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Коэффициент надежности по назначению трубопровода, принимается по таблице 11 СНиП 2.05.06-85*.

Таблица 4 (табл. 11 СНиП

Условный диаметр трубопровода, мм	Значение коэффициента надежности по назначению трубопровода k_n			
	для газопроводов в зависимости от внутреннего давления p			для нефтепроводов
	$p \leq 5,4$ МПа $p \leq 55$ кгс/см ²	$5,4 < p \leq 7,4$ МПа $55 < p \leq 75$ кгс/см ²	$7,4 < p \leq 9,8$ МПа $75 < p \leq 100$ кгс/см ²	и нефтепродуктопроводов
500 и менее	1,00	1,00	1,00	1,00
600-1000	1,00	1,00	1,05	1,00
1200	1,05	1,05	1,10	1,05
1400	1,05	1,10	1,15	—

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Коэффициент условий работы трубопровода зависит от категории трубопровода. Категории магистральных трубопроводов следует принимать по таблице 2 СНиП 2.05.06-85*.

Таблица 5 (табл. 2 СНиП

Назначение трубопровода	Категория трубопровода при прокладке	
	подземной	наземной и надземной
Для транспортирования природного газа:		
а) диаметром менее 1200 мм	IV	III
б) диаметром 1200 мм и более	III	III
в) в северной строительно-климатической зоне	III	III
Для транспортирования нефти и нефтепродуктов:		
а) диаметром менее 700 мм	IV	III
б) диаметром 700 мм и более	III	III
в) в северной строительно-	III	III

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Коэффициент условий работы трубопровода определяется по таблице 1 СНиП 2.05.06-85*.

Таблица 6 (табл. 1 СНиП

Категория трубопровода и его участка	Коэффициент условий работы трубопровода при расчете его на прочность, устойчивость и деформативность m	Количество монтажных сварных соединений, подлежащих контролю физическими методами, % от общего количества	Величина давления при испытании и продолжительность испытания трубопровода
V	0,60	Принимается	
I	0,75	по	
II	0,75	СНиП III-42-80*	
III	0,90		
IV	0.90		

Примечание. При испытании трубопровода для линейной его части допускается повышение давления до величины, вызывающей напряжение в металле трубы до предела текучести с учетом минусового допуска на толщину стенки.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Вычисленную по формуле 4 толщину стенки трубы, округляем в большую сторону до стандартного значения. Стандартные значения толщин стенок труб приведены в таблице 7 (Трубы электросварные с продольным и спиральным швами).

Наружный диаметр, мм	Толщина стенки, мм													
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20	
219	4	5	6	7										
273	4	5	6	7	8									
325	4	5	6	7	8									
377	4	5	6	7	8	9								
426	4	5	6	7	8	9								
529	4	5	6	7	8	9	10							
630		5	6	7	8	9	10	11	12					
720			6	7	8	9	10	11	12	14				
820				7	8	9	10	11	12	14	16			
920					8	9	10	11	12	14	16			
1020						9	10	11	12	14	16	18		
1220									11	12	14	16	18	20

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Пример расчета.

Исходные данные:

Характеристика трубы:

- марка стали – X52;

- сварные из нормализованной и горячекатаной низколегированной стали, изготовленные двусторонней электродуговой сваркой и прошедшие 100%-ный контроль сварных соединений неразрушающими методами;

- $D_n = 1220$ мм;

- нефтепровод работает в системе «из насоса в насос».

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Тогда:

- рабочее (нормативное) давление $P=5,3$ МПа согласно табл. 1 (принимается среднее значение);
- $\sigma_m=359$ МПа, $\sigma_{пр}=455$ МПа согласно табл. 2 (принимаются минимальные значения);
- коэффициент надежности по материалу $k_1=1,47$ согласно табл. 3;
- коэффициент надежности по назначению трубопровода $k=1,05$ согласно табл. 4;
- категория трубопровода – III согласно табл.5;
- коэффициент условий работы трубопровода $m=0,9$ согласно табл. 6.

1. Определение оптимальных параметров трубопровода

Определяем расчетное сопротивление металла трубы по формуле 5:

$$R_1 = \frac{R_1^H m}{K_1 K_H} = \frac{455 \times 0,9}{1,47 \times 1,05} = 265,31 \text{ МПа}$$

Определяем расчетное значение толщины стенки трубопровода по формуле 4:

$$\delta = \frac{n_p P D_H}{2(R_1 + n_p P)} = \frac{1,15 \times 5,3 \times 1220}{2(265,31 + 1,15 \times 5,3)} = 13,70 \text{ мм}$$

Полученное значение округляем в большую сторону до стандартного значения (табл. 7) и принимаем толщину стенки равной - 14 мм.