текучести металла трубы. Максимальные растягивающие усилия возникают у оголовка трубопровода. После снятия тягового усилия в трубопроводе будут остаточные растягивающие усилия.

В глубоководных трубопроводах, укладываемых на глубину несколько сотен метров, от гидростатического давления возникают значительные продольные сжимающие усилия. При укладке эти сжимающие усилия уменьшаются на величину растягивающих усилий от протаскивания. Поэтому для глубоководных трубопроводов длина протаскиваемого трубопровода не будет лимитироваться продольными напряжениями от тягового усилия и остаточные напряжения будут сжимающими.

Расчет тягового троса

Диаметр основного троса (свободного от различных закреплений и приспособлений) определяют по табл. 10.5 в зависимости от $R_н$, получаемого по формуле

$$R_н = \frac{nm}{kt} T_р, \qquad (10.28)$$

где $T_р$ — расчетное тяговое усилие; n — коэффициент перегрузки, принимаемый для случая протаскивания по грунту равным 2 и по специальным дорожкам (кроме грунтовых) — 1,3; m — коэффициент условия работы, принимаемый равным 1,1; k — коэффициент однородности для троса, принимаемый для новых тросов равным 1, а для тросов, имеющих обрывы проволок,— 0,8; t — коэффициент тросового соединения. Значения приводятся ниже.

ТАБЛИЦА 10.5

Диаметр троса, мм	Площадь сечения всех проволок, мм²	Расчетная масса 1000 м смазанного троса, кг	Разрывное усилие троса $R_н$ (в кгс) в зависимости от временного сопротивления разрыву проволок при растяжении, кгс/мм²			
			160	170	180	200
5,8	15,13	136,5	1 940	2 060	2 180	2330
7,6	26,41	237,0	3 380	3 590	3 655	3 960
9,2	37,94	340,5	4 855	5 160	5 255	5 685
10,5	51,80	465,0	6 625	7 040	7 175	7 760
12,0	67,31	604,0	8 600	9 120	9 315	10 050
15,0	105,02	942,0	13 400	14 250	14 550	15 750
16,5	127,01	1 140,0	16 200	17 200	17 550	19 050
18,5	151,80	1 365,0	19 400	20 600	21 000	22 750
21,5	206,33	1 850,0	26 400	28 000	28 550	30 900
23,0	236,74	2 125,0	30 250	32 150	32 800	35 450
26,0	303,81	2 725,0	38 850	41 250	42 050	45 550
30,5	420,07	3 770,0	53 750	57 100	58 200	63 000
33,5	508,05	4 560,0	65 000	69 050	70 350	76 100
36,5	604,37	5 425,0	77 300	82 000	83 500	90 350
39,5	712,06	6 390,0	90 800	96 500	98 550	106 500
42,5	825,32	7 405,0	105 500	112 000	114 000	123 500
45,5	946,94	8 495,0	121 000	128 000	130 500	141 500
48,5	1076,91	9 660,0	137 500	140 500	145 000	—
54,5	1361,94	12 250,0	174 000	178 000	183 500	—

Значения коэффициента тросового соединения t

При изгибе троса:	
вокруг подвижного блока	0,43
вокруг коуша	0,67
продетого в отверстие в планке	0,35
через крюк простой петлей	0,20
через крюк закидной петлей	0,70
При наличии на тросе расправленных узлов	0,50
При наличии оплетки	0,75
При сжатии троса специальными сжимами	0,70
При наличии простого и двойного, а также задвижного штыков	0,50
При штыковых и полуштыковых узлах при установке менее двух сжимов	0,70
При наличии на тросе прямого узла:	
для восьмерки на металле	0,40
для двойной восьмерки на металле	0,70

При определении $R_н$ в формуле (10.28) нужно принимать наименьшее из возможных значений коэффициента t при рассмотрении фактических условий закрепления и изгибов троса.

Расчет анкеров

Анкеры устраивают для крепления береговых и русловых оттяжек, удерживающих трубопровод в период укладки, а также для закрепления лебедок и других тяговых средств. Простейшим анкером, рассчитанным на сравнительно небольшие нагрузки, может быть одна или две сваи, забитые в грунт на глубину 3—4 м (стальные трубы) и 2—2,5 м (деревянные сваи). В табл. 10.6 приведены данные по несущей способности свайных анкеров на горизонтальную нагрузку.

Для получения бо́льших удерживающих усилий применяется анкерный фундамент.

ТАБЛИЦА 10.6

Вида грунта	Сваи деревянные				Сваи из стальных труб			
	глубина забивки, м	допустимая горизонтальная нагрузка (в тс) при диаметре свай, см			глубина забивки, м	допустимая горизонтальная нагрузка (в тс) при диаметре свай, см		
		28	30	32		300	350	400
Пески средней плотности, суглинки и глины тугопластичные выше уровня грунтовых вод	—	—	—	—	2,0	10	12	15
То же, ниже уровня грунтовых вод	2,0	2,6	2,8	3	2,5	5	6	7
Пески пылеватые, мягкие глины, илы ниже уровня грунтовых вод	2,0	1,4	1,5	1,6	3—3,5	2,0	3,0	3,5