ТАБЛИЦА 4.3

Характеристика условий укладки	n_1	
	$D \leqslant 700$ мм	$D > 700$ мм
Пресная вода	1,00	1,05
Морская вода	1,05	1,10
Вода с примесью взвешенных частиц грунта	1,10	1,10

ТАБЛИЦА 4.4

Характеристика конструкций	n_2	
	$D \leqslant 600$ мм	$D > 600$ мм
Труба с изоляцией	1,00	1,00
Труба с изоляцией, футеровкой и чугунными грузами	0,95	1,00
Двухтрубная конструкция с заполнением межтрубного пространства цементно-песчаным раствором	1,00	0,95
Двухтрубная конструкция без заполнения межтрубного пространства	1,00	1,00

перед укладкой труб на ответственных участках подводных трубопроводов необходимо Q_0 и A_0 определять взвешиванием. Это дает наиболее точный результат.

Величины $q_и$ и $q_н$ определяют в соответствии с оптимальным профилем трубопровода. В простейшем случае, когда трубопровод искривляется как балка на двух опорах,

$$q_и + q_н = \frac{(40Hl^2 + 384EI)f}{5l^4}, \tag{4.33}$$

где H — продольная растягивающая сила в трубопроводе; f — стрелка прогиба искривленного участка; EI — жесткость трубопровода; l — длина искривленного участка.

При других расчетных случаях $q_и + q_н$ можно найти по рекомендациям [6]. Наконец, $f_{тр}$ принимается равным tg φ, где φ — угол внутреннего трения грунта.

Что касается веса балласта $Б$, то именно его и нужно определить из выражения (4.31):

$$Б = \frac{p_x k_{у.с}}{\operatorname{tg}\varphi} + A + P_y + q_и + q_н - Q. \tag{4.34}$$

Если по формуле (4.34) $Б > 0$, то балласт необходим и его значение принимается по формуле (4.34). Если $Б < 0$, то балласт (или закрепление трубопровода анкерами) не требуется.

Формула (4.34) определяет общий расчетный случай. В практике встречаются следующие расчетные случаи:
трубопровод прямолинейный, течение отсутствует

$$Б = A - Q; \tag{4.35}$$

то же, при течении

$$Б = \frac{P_x k_{у.с}}{\operatorname{tg}\varphi} + A - Q; \tag{4.36}$$

трубопровод имеет кривизну, течение отсутствует

$$Б = A + q_и - Q; \tag{4.37}$$

то же, при течении

$$Б = \frac{P_x k_{у.с}}{\operatorname{tg}\varphi} + A + q_и - Q. \tag{4.38}$$

В этих формулах $Б$ — вес балласта в воде.

Поскольку балласт имеет в воде вес меньший, чем в воздухе, то вес его в воздухе должен определяться с учетом выталкивания его водой

$$Б_{воз} = \frac{\gamma_б}{\gamma_б - \gamma_в} Б,$$

где $\gamma_б$ и $\gamma_в$ — соответственно объемный вес балласта в воздухе и воде.

Отметим далее следующее. Вокруг подводного трубопровода, по которому транспортируется продукт с отрицательной температурой, образуется ледяное кольцо. Если трубы заглублены в грунт, то лед цементирует грунт и никакого дополнительного утяжеления не требуется.

Если же трубопровод не заглублен, то лед дает ему дополнительную плавучесть, которую нужно компенсировать пригрузкой.

Вес льда, приходящийся на единицу длины труб, составляет

$$Б_л = \pi (r^2 - r^2_{т.н}) \gamma_л,$$

где $\gamma_л$ — объемный вес льда, $r_{т.н}$ — наружный радиус трубы.

§ 4.3. РАСЧЕТ УСТОЙЧИВОСТИ МОРСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Морские подводные трубопроводы, а также трубопроводы, прокладываемые через внутренние водоемы и подверженные воздействию волн и течений, рассчитывают на устойчивость на сдвиг и всплытие по формуле

$$Б \geqslant \frac{P_{хр} k_{у.с}}{\operatorname{tg}\varphi} + P_{гр} + A + q_и + q_н - Q, \tag{4.39}$$