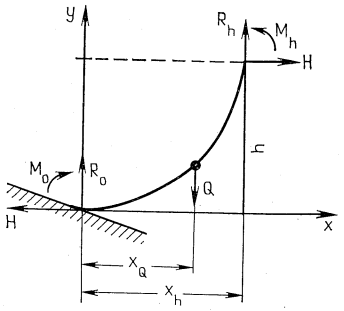


РИС. 12.26.
Расчетная схема трубопровода

Вертикальную реакцию R_0 в точке касания трубопровода и морского дна определяем из условия равновесия (рис. 12.26) по формуле

$$R_0 = \frac{M_h - M_0 - Hh + Q(x_h - x_Q)}{x_h}, \tag{12.51}$$

где $Q = \int_0^{s_h} p(s)\,ds$ — нагрузка от провисающего участка трубопровода, оснащенного понтонами;

$$x_h = \int_0^{s_h} \cos\theta(s)\,ds;$$

x_Q — координата центра тяжести провисающего участка трубопровода.

Следует отметить, что при решении рассматриваемой задачи продольное усилие принимается как для гибкой нити по формуле (12.43); при необходимости на втором этапе расчета после определения R_0 по (12.51) величину $T(s)$ можно учесть по точному выражению (12.40).

После определения требуемой отрицательной плавучести трубопровода $p(s)$ вычисляют соответствующее распределение положительной плавучести $q(s)$, создаваемое понтонами,

$$q(s) = p - p(s).$$

Расстояние между понтонами $s_п^*$ определяют по формуле, аналогичной применяемой при распределении балласта по длине трубы (6.36):

$$s_п^* = \frac{\int_{s_{п1}}^{s_{п2}} sq(s)\,ds}{\int_{s_{п1}}^{s_{п2}} q(s)\,ds},$$

где знаменатель равен плавучести отдельного понтона.

Возможно использование понтонов, плавучесть которых регулируется с изменением глубины укладки по заданной программе.

Реализацию поставленной задачи удобнее выполнять с применением ЭВМ.

§ 12.8. ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ БАРЖИ, ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН И ТЕЧЕНИЙ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТРУБОПРОВОДОВ ПРИ ПОГРУЖЕНИИ

При укладке морских подводных трубопроводов, кроме статических напряжений, возникающих от массы трубопровода и продольных усилий, создаваемых трубоукладочной баржой, трубопровод, подвергается динамическому воздействию от перемещений баржи, воздействию волн и течений.

Как показывают эксперименты [12], почти при полном отсутствии волнения при укладке трубопровода на глубинах до 89 м динамические напряжения от изгиба трубы достигали ±10% максимальных напряжений. Динамические напряжения, возникающие при воздействии волн, значительно повышают суммарные напряжения в погружаемом трубопроводе и могут быть причиной повреждения как трубопровода, так и стрингера. От воздействия волн и других внешних сил возможны различные колебательные перемещения трубоукладочных барж. Наибольшие напряжения в трубопроводе возникают при следующих видах качки баржи: вертикальной, килевой и продольно-горизонтальной. Остальные виды перемещений баржи: бортовая качка, колебания вокруг вертикальной оси и в поперечно-горизонтальном направлении оказывают меньшее влияние на напряженное состояние трубопровода.

Амплитуда перемещений трубоукладочной баржи зависит от ее конструкции. Наибольшим перемещениям от воздействия волн и течений подвержены обычные трубоукладочные баржи, несколько меньшим — трубоукладочные баржи, имеющие форму судов, и наименьшим перемещениям — трубоукладочные баржи полупогружного типа.

Для установления динамических воздействий на погружаемый трубопровод необходимо определить скорости и ускорения перемещений каждой точки трубы.

Пренебрегая силами трения трубопровода о стрингер и спусковую дорожку трубоукладочной баржи, можно считать, что перемещение верхнего конца трубопровода и баржи совпадают, а поэтому ускорение и скорость каждой точки трубы зависят от перемещения баржи. При определении динамических нагрузок на трубопровод можно принять допущение, что провисающий участок трубопровода колеблется, как маятник, относительно точки его касания дна моря. Такое допущение позволяет найти скорость и ускорение каждой точки трубопровода, по значениям которых вычисляют динамические нагрузки. Зная распределение как статических, так и динамических нагрузок по длине трубопровода, можно численным методом, рассмотренным в § 12.5, рассчитать напряженное состояние и глубину погружения трубопровода.