значительно больших продольных усилий в трубопроводе по сравнению с теми, которые требуются в нормальных условиях. Гибкость шарниров в вертикальной и горизонтальной плоскостях значительно снижает динамические нагрузки на стрингер при волнении, что обеспечивает лучшие условия для укладки трубопровода.

Основные преимущества шарнирного стрингера по сравнению с жестким прямым стрингером следующие: диапазон глубин в несколько раз больше, чем у жесткого стрингера той же длины; обладает лучшей маневренностью в морских условиях, поскольку имеет меньшую длину; реакция между трубой и стрингером распределяется равномерно по длине стрингера, что позволяет поддерживать трубопровод без концентраций напряжений в отличие от прямого стрингера, у которого реакция от массы трубы концентрируется на концах; меньшая стоимость вследствие возможности регулирования длины стрингера путем монтажа бóльшого или меньшего числа секций применительно к различным глубинам укладки по сравнению с использованием нескольких жестких стрингеров; возможность управления поведением конструкции с компенсацией воздействия течения перемещением баржи против течения, изменением осевого натяжения трубопровода и регулированием плавучести стрингера.

При укладке трубопровода с помощью шарнирного стрингера необходимо обеспечить достаточный запас его плавучести и создать натяжение трубопровода.

Установим зависимость натяжения T от глубины укладки трубопровода y. При укладке на большие глубины натяжение трубопровода достигает больших значений. Предполагается, что поперечные усилия малы по сравнению с усилиями натяжения. Тогда, проектируя все силы на ось элемента (рис. 12.7), получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{dT}{ds} = p \sin \Theta, \tag{12.1}$$

где s — длина дуги упругой линии трубопровода; p — отрицательная плавучесть трубы; θ — угол наклона оси трубы к горизонтали.

Учитывая, что

$$\sin \Theta = \frac{dy}{ds} \tag{12.2}$$

и интегрируя уравнение (12.1), получаем

$$T = T_0 + \int p \sin \Theta \, ds = T_0 + py, \tag{12.3}$$

где T_0 — натяжение в точке касания трубопровода, и дна.

Как видно из выражения (12.3), натяжение в трубопроводе линейно зависит от глубины укладки.

Для определения необходимой плавучести стрингера примем следующие допущения: стрингер имеет кривизну постоянного радиуса ρ_c, плавучесть стрингера интенсивностью q равномерно распределена по его длине, изгибающие моменты на обоих концах стрингера равны нулю. На стрингер действуют отрицательная плавучесть трубопровода, растянутого силой T, и поперечная сила Q на нижнем конце (рис. 12.8).

Проектируя все силы, действующие на трубопровод, на горизонтальную ось, имеем

$$T_0 = T \cos \beta - Q \sin \beta, \tag{12.4}$$

где β — угол наклона нижнего конца стрингера к горизонту.

При горизонтальном закреплении верхнего конца стрингера к трубоукладочной барже из второго условия равновесия имеем

$$T \rho_c (1 - \cos \beta) + Q \rho_c \sin \beta - \int_0^{\beta} \rho_c^2 (q - p) \sin \varphi \, d\varphi = 0$$

или

$$T (1 - \cos \beta) + Q \sin \beta = \rho_c (q - p)(1 - \cos \beta). \tag{12.5}$$

РИС. 12.7.
Расчетная схема элемента гибкого трубопровода

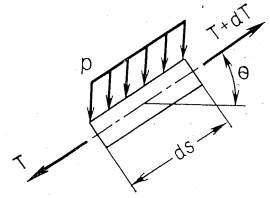


РИС. 12.8.
Расчетная схема стрингера:
1 — баржа; *2* — стрингер; *3* — трубопровод

