

РИС. 11.18.
Расчетная схема завершающей стадии погружения

Глубина погружения трубопровода определяется по формуле (11.42) — $h=10{,}43$ м; максимальная глубина водоема, на которую возможна укладка трубопровода, $h_в = h + D = 11{,}45$ м.

В данном примере допустимая глубина погружения получилась несколько меньшей по сравнению с глубиной, вычисленной по расчетной схеме (см. пример 2). Однако следует отметить, что в качестве допустимых напряжений здесь приняты максимальные напряжения σ_a на участке a. При меньших значениях $m = q/\omega$, когда максимальные напряжения и для других расчетных схем будут на участке a, допустимая глубина для завершающей стадии погружения трубопровода может получиться значительно меньшей по сравнению с другими расчетными схемами.

Следовательно, в этих случаях необходимо выполнять расчеты допустимой глубины укладки и для завершающей стадии погружения трубопровода.

§ 11.4. УКЛАДКА СВОБОДНЫМ ПОГРУЖЕНИЕМ КОРОТКИХ ПЛЕТЕЙ ТРУБОПРОВОДА

Короткими будем считать трубопроводы длиной, меньшей расчетной длины, получаемой по схеме консольного упругого изгиба (см. начальный этап погружения, § 11.3). Короткие трубопроводы при погружении, не касаясь дна, отрываются от поверхности воды (рис. 11.19). Наибольшая их длина зависит от глубины погружения, жесткости трубопровода и интенсивности распределенных нагрузок.

1. Рассмотрим начальный этап погружения короткой плети, когда конец трубопровода, находящийся на плаву, начинает отрываться от поверхности воды (позиция *1*, рис. 11.19). Расчетная схема погружения трубы представляется балкой с тремя участками a, b и d_1 (рис. 11.20, *б*). Участок a имеет отрицательную плавучесть p, участок b — положительную плавучесть q и участок d_1 рассматривается как балка конечной длины l на упругом основании.

Для балки на упругом основании в этом случае справедливы зависимости (11.28)—(11.36). Поскольку погружаемый трубопровод не касается дна, то прогиб, изгибающий момент и поперечная сила описываются выражениями (11.17)—(11.19). Подставляя в уравнения (11.18) и (11.19) вместо начальных параметров — M_0 и — Q_0 значения EIy_i^{II} и EIy_i^{II} из выражений (11.29) и (11.30), получаем

$$\frac{q_1}{\beta^2}(n_1k_3 - k_2) + \frac{q_1}{\beta}(n_1k_2 - k_1)c + \frac{qc^2}{2} - \frac{\omega a^2}{2} = 0; \qquad (11.49)$$

$$\frac{q_1}{\beta}(n_1k_2 - k_1) + qc - \omega a = 0. \qquad (11.50)$$

Решая совместно уравнения (11.49) и (11.50), находим длины участков $\bar{a} = \beta a$ и $\bar{c} = \beta c$:

$$\bar{a} = \frac{q_1}{\omega}\sqrt{\frac{1}{1-m}\left[(n_1k_2 - k_1)^2 + 2n_2(k_2 - n_1k_3)\right]}; \qquad (11.51)$$

$$\bar{c} = \frac{\bar{a}}{m} - \frac{1}{n^2}(n_1k_2 - k_1). \qquad (11.52)$$

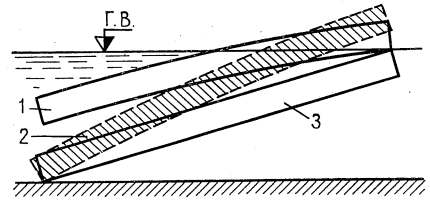
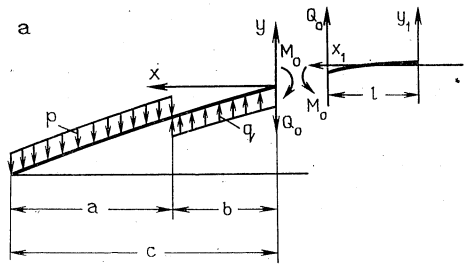


РИС. 11.19.
Схема погружения короткой плети: *1, 2, 3* — последовательные этапы погружения



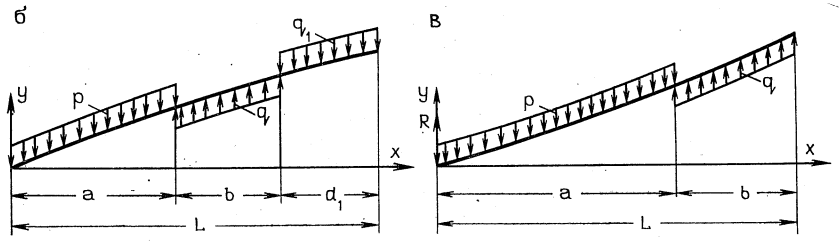


РИС. 11.20.
Расчетные схемы погружения короткой плети с полным отрывом плавающего участка трубопровода от поверхности воды:
а — начальный этап погружения; *б* — промежуточная стадия погружения; *в* — завершающая стадия погружения