Общее решение неоднородного дифференциального уравнения (14.2) и значения его производных имеют вид:

$$y = C_1 \operatorname{ch} kx + C_2 \operatorname{sh} kx - \frac{q}{P}\left(\frac{M_0}{q} - \frac{Pw_0}{q} + \frac{x^2}{2} - \frac{lx}{2}\right) - \frac{q}{k^2 P}; \quad (14.3)$$

$$y^{\mathrm{I}} = C_1 k \operatorname{sh} kx + C_2 k \operatorname{ch} kx - \frac{q}{P}\left(x - \frac{l}{2}\right); \quad (14.4)$$

$$y^{\mathrm{II}} = C_1 k^2 \operatorname{ch} kx + C_2 k^2 \operatorname{sh} kx - \frac{q}{P}. \quad (14.5)$$

Произвольные постоянные C_1 и C_2 определяются из граничных условий

$$x = 0,\ l; \quad y = 0. \quad (14.6)$$

Значение стрелы прогиба f участка l определится из (14.3) при $x = l/2$ $y = f$

$$f = \frac{ql^2}{8P} - \left(\frac{M_0}{P} + \frac{q}{k^2 P}\right)\frac{\operatorname{ch} k\frac{l}{2} - 1}{\operatorname{ch} k\frac{l}{2}} + w_{0\text{н}} \quad (14.7)$$

где

$$w_0 = \frac{2\alpha}{k_0 D_{\text{н}}}\left(\frac{ql}{2} + \alpha M_0\right)$$

— прогиб конца полубесконечной балки при $x = 0$;

$$\alpha^4 = \frac{k_0 D_{\text{н}}}{4EI};$$

k_0 — коэффициент постели грунта при сжатии; $D_{\text{н}}$ — наружный диаметр трубопровода.

Значение изгибающего момента в сечении $x = l/2$ определится из уравнения (14.5)

$$M_c = \left(M_0 + \frac{q}{k^2}\right)\frac{1}{\operatorname{ch} k\frac{l}{2}} - \frac{q}{k^2}. \quad (14.8)$$

В уравнения (14.7) и (14.8) входят неизвестные M_0 и P; M_0 определяется из условий совместной работы участка l, рассматриваемого как жесткая нить, и участка l_0, рассматриваемого как полубесконечная балка в упругой среде, загруженная на конце поперечной силой Q_0 и моментом M_0.

Учитывая, что

$$y_{\text{б}}^{\mathrm{I}} + y_{\text{н}}^{\mathrm{I}} = 0,$$

получаем

$$M_0 = \frac{\frac{ql}{2P} - \frac{\alpha^2 ql}{k_0 D_{\text{н}}} - \frac{q}{kP}\operatorname{th} k\frac{l}{2}}{\frac{4\alpha^3}{k_0 D_{\text{н}}} + \frac{k}{P}\operatorname{th} k\frac{l}{2}}, \quad (14.9)$$

где $y_{\text{б}}^{\mathrm{I}}$ — угол поворота сечения I—I со стороны балки в упругой среде; $y_{\text{н}}^{\mathrm{I}}$ — угол поворота того же сечения со стороны участка l_0.

Таким образом, в формуле (14.9) M_0 выражено через неизвестное P с учетом упругой заделки участка l_0 в грунте. Определить P можно, имея в виду, что искривление участка l, не имеющего возможности свободно перемещаться в продольном направлении, происходит лишь за счет удлинения самого участка l и примыкающих к нему участков l_0, находящихся вне пределов размытого участка.

Выполнив вычисления, получим выражение для стрелы прогиба в виде

$$f = \frac{2}{\pi}\sqrt{\frac{Pl^2}{EF} + 2u_0 l}, \quad (14.10)$$

где u_0 — удлинение примыкающего к участку l упругозащемленного участка l_0.

Объединяя зависимости (14.7) и (14.10), можно найти M_0 и P.

Динамический расчет труб на размытом участке приведен в § 5.7 и 5.8 данной книги.

§ 14.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ РЕМОНТА

Учет состояния трубопровода предполагает выполнение необходимых расчетных обоснований прочности как для участков, уже находящихся в опасном состоянии, так и для участков, на которых такое состояние может возникнуть в какой-то период эксплуатации. Учет выполнения предполагаемого ремонта позволяет наиболее правильно использовать материальные ресурсы и возможности. Смысл этого условия заключается в следующем.

Допустим, что в результате обследований было установлено наличие размытых участков на переходах через реки А, Б, В и Г. Реки А и Б — судоходные, реки В и Г — несудоходные. На реке А размыт участок длиной 20 м в русловой части на фарватере, трубопровод не колеблется. На реке Б размыт береговой участок длиной 30 м, трубопровод не колеблется. На реках В и Г размывы: на реке В — русловый участок длиной 30 м, трубопровод колеблется; на реке Г — русловый участок длиной 45 м, трубопровод не колеблется.