Глубина погружения короткой плети в момент отрыва плавающего ее конца от поверхности воды определяется по формуле (11.39), в которой значения $\bar{a}$ и $\bar{c}$ принимаются по формулам (11.51) и (11.52).

Пример 1. Определить максимальную длину и глубину укладки короткой плети трубопровода в начальный момент его погружения для исходных данных, приведенных в примере на стр. 266.

По формуле (11.36) для $\bar{\sigma}_в=0{,}981$ находим $\beta l=2{,}105$. Функции А. Н. Крылова для аргумента $\beta l=2{,}105$ равны $k_0=-2{,}12036$; $k_1=0{,}76296$; $k_2=1{,}73969$; $k_3=1{,}41064$. Определяем по формуле (11.51) $\bar{a}=1{,}7345$; по формуле (11.52) $\bar{c}=2{,}5806$ и безразмерную длину короткой плети $\bar{L}=\beta L=\bar{c}+\beta l=4{,}6856$; размерные величины этих длин равны $a=43{,}46$ м; $c=64{,}66$ м; $L=\bar{L}/\beta=117{,}403$ м.

Максимальная глубина погружения трубопровода по формуле (11.39) $h=8{,}56$ м, глубина водоема $h_в=h+D=9{,}58$ м.

2. При большей глубине водоема дальнейшее погружение плети будет сопровождаться ее поворотом вокруг некоторого мгновенного центра вращения с полным отрывом участка трубопровода, находящегося на плаву, от поверхности воды, и плеть займет новое положение (позиция *2*, рис. 11.19).

Соответствующая расчетная схема показана на рис. 11.20, *б*.

Из условия равновесия для данной расчетной схемы имеем

$$-pa+qb-q_1d_1=0; \tag{11.53}$$

$$-\frac{pa^2}{2}+qb\left(a+\frac{b}{2}\right)-q_1d_1\left(a+b+\frac{d_1}{2}\right)=0, \tag{11.54}$$

где q_1 — распределенная сила тяжести трубы на участке d_1.

Решая совместно уравнения (11.53) и (11.54), получаем

$$a=\frac{q_1}{p}d_1\sqrt{(1-m)(1+n_2)}; \tag{11.55}$$

$$b=\frac{b_1}{n_2}\left[1+\sqrt{(1-m)(1+n_2)}\right]. \tag{11.56}$$

Максимальный изгибающий момент будет в сечении трубопровода, где поперечная сила равна нулю. Из этого условия следует

$$\frac{q}{q_1}=n_2=\frac{d_1}{b_1}. \tag{11.57}$$

Подставляя зависимость (11.57) в выражение для максимального изгибающего момента

$$\sigma W=\frac{qb_1^2}{2}-q_1d_1\left(b_1+\frac{d_1}{2}\right), \tag{11.58}$$

получаем

$$d_1=\sqrt{\frac{2n_2\sigma W}{q_1+q}}. \tag{11.59}$$

Длина погружаемой короткой плети трубопровода будет

$$L=a+b+d=\sqrt{\frac{2n_2\sigma W}{q_1+q}}\left[1+\frac{1}{n_2}\left(1+\sqrt{\frac{1+n_2}{1-m}}\right)\right]. \tag{11.60}$$

Как видно из выражения (11.60), максимальная длина погружаемой короткой плети трубопровода ограничивается величиной допустимого напряжения $\sigma=\sigma_д$.

Пример 2. Определить напряжение при погружении короткой плети в момент полного отрыва от поверхности воды участка трубопровода, находящегося на плаву. Исходные данные: $q_1=2{,}6$ кгс/см; $n_2=2{,}227$; $L=117{,}403$ м. Остальные данные см. пример на стр. 266.

Из формулы (11.60) находим

$$\sigma=\frac{q_1+q}{2n_2W}\left[\frac{L}{1+\frac{1}{n_2}\left(1+\sqrt{\frac{1+n_2}{1-m}}\right)}\right]^2=$$

$$=\frac{2{,}6+5{,}79}{2\cdot 2{,}227\cdot 7936}\left[\frac{11740{,}3}{1+\frac{1}{2{,}227}\left(1+\sqrt{\frac{1+2{,}227}{1-0{,}739}}\right)}\right]^2=$$

$$=3568 \text{ кгс/см}^2.$$

Эта величина σ превышает напряжения $\sigma=3050$ кгс/см^2 для начального этапа погружения короткой плети.

Следует отметить, что после отрыва участка трубопровода, находящегося на плаву, от поверхности воды дальнейший поворот и погружение короткой плети происходит при меньшем максимальном моменте. После касания нижним концом погружаемой плети дна водоема расчетная схема трубопровода изменяется и переходит в расчетную схему для завершающей стадии погружения (позиция *3*, рис. 11.19 и 11.20, *в*).

3. Условие равновесия короткой плети трубопровода для завершающей стадии погружения имеет вид

$$R-pa+q(L-a)=0; \tag{11.61}$$

$$\frac{pa^2}{2}-q(L-a)\left[\frac{L-a}{2}+a\right]=0. \tag{11.62}$$

Из уравнения (11.62)

$$a=L\sqrt{\frac{q}{p+q}}=L\sqrt{m}. \tag{11.63}$$

Подставляя выражение (11.63) в уравнение (11.61), получаем

$$R=qL\left(\sqrt{\frac{1}{m}}-1\right). \tag{11.64}$$

Для завершающей стадии погружения в отличие от предыдущих расчетных схем, рассмотренных в п. 1 и 2, максимальный