Введем безразмерные переменные по формулам

$$z = l_0\bar{z}; \quad t = t_0\bar{t}; \quad U = U_0\bar{U}; \quad u = u_0\bar{u}; \quad \varphi = 2\frac{u_0}{l_1}\bar{\varphi}, \tag{4.28}$$

где $t_0 = \left(\dfrac{\rho_s + \rho_2}{T_1 + T_2 + EI/l_0^2}\right)^{1/2}$; u_0 – характерный размер по оси $0U$, в качестве которого можно взять, например, максимальный прогиб пролета СТЛ.

Тогда часть выражения (4.24), выделенная церврой парой квадратных скобок, примет вид:

$$\left(m_1 + 2m_2\right)\frac{g}{2} + \left(c + v\frac{d}{dt}\right)\left(U - 0{,}5l_1\varphi - u\left(vt,t\right) - m_2\frac{d^2u\left(vt,t\right)}{dt^2} =\right.$$

$$= \left(m_1 + m_2\right)\frac{g}{2}\left[1 + \frac{2u_0}{\left(m_1 + m_2\right)g}\left(c + \frac{v}{t_0}\frac{d}{d\bar{t}}\right)\left(U - \bar{\varphi} - \bar{u}\left(vt,t\right)\right) - \right.$$

$$\left. - \frac{2u_0m_2}{\left(m_1 + 2m_2\right)g}\left(\frac{1}{t^2}\frac{\partial^2\bar{u}\left(vt,t\right)}{\partial\bar{t}_2} + \frac{2v}{t_0l_0}\frac{\partial^2\bar{u}\left(vt,t\right)}{\partial\bar{t}\,\partial\bar{z}} + \frac{v^2}{l_0^2}\frac{\partial^2\bar{u}\left(vt,t\right)}{\partial\bar{z}_2}\right)\right]. \tag{4.29}$$

Порядок переменных величин в квадратных скобках равенства (4.29) определяется выражениями:

$$\varepsilon c; \quad \frac{\varepsilon v}{t_0}; \quad \varepsilon\frac{m_2}{t_0^2}; \quad 2\varepsilon\frac{m_2 v}{t_0 l_0}; \quad 2\varepsilon m_2\frac{v^2}{l_0^2}, \tag{4.30}$$

где

$$\varepsilon = \frac{2u_0}{\left(m_1 + 2m_2\right)g}.$$

Найдем значения этих выражений для значений параметров, характерных для системы «транспортный модуль – СТЛ». Положим

$$m_1 = 10^3 \text{ кг}; \quad m_2 \ll m_1; \quad l_0 = 50 \text{ м}; \quad T_1 + T_2 + EI/L_0^2 = 10^7 \text{ Н};$$

$$\rho_s + \rho_2 = 100 \text{ кг/м}; \quad v = 100 \text{ м/с}. \tag{4.31}$$

Пусть u_0 = 0,1 м, что, как будет показано в дальнейшем, превышает максимальный прогиб в случае (4.31). Тогда получим значения выражений (4.30) (размерности опущены):

$$2 \times 10^{-5}c; \quad 6 \times 10^{-4}v; \quad 2 \times 10^{-2}m_2; \quad 2{,}5 \times 10^{-3}m_2; \quad 8 \times 10^{-5}m_2. \tag{4.32}$$

Первые два выражения (4.32), очевидно, значительно меньше единицы для реальных значений c и v, остальные зависят от m_2, точнее, от отношения m_2/m_1. При типичном значении $m_2/m_1 < 10^2$ все параметры (4.32) малы по сравнению с единицей. Параметры задачи взаимосвязаны: увеличение натяжений T_1, T_2, например, вызывает уменьшение величины u_0 и наоборот. Это приводит к тому, что величины (4.30) остаются малыми при любых реальных значениях всех параметров задачи, если выполняются условия

$$\frac{m_2}{m_1} < 10^{-2}; \quad \varepsilon c \ll 1; \quad \frac{\varepsilon v}{t_0} \ll 1. \tag{4.33}$$

Все сказанное относительно выражения в первой квадратной скобке функции (4.24) справедливо, очевидно, для части, выделенной второй парой квадратных скобок, и для аналогичных выражений функции (4.26).

Будем считать, что выполняются соотношения (4.33). Тогда решение уравнений движения модулей и СТЛ можно искать в виде разложений по степеням малых параметров (4.33), перейдя предварительно к безразмерным величинам. Можно также, учитывая, что слагаемые в квадратных скобках функций (4.24), (4.26) превалируют над остальными, построить рекуррентные уравнения для определения последовательных приближений искомых функций. Обе эти процедуры эквивалентны и дают одинаковые по форме решения. Остановимся на втором способе решения и запишем уравнения для последовательных приближений искомых функций при движении потока ТМ. Воспользовавшись для этой цели уравнениями (4.13), (4.21) и функцией (4.26), получим:

$$E\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left[I\left(z\right)\frac{\partial^2}{\partial z^2}\left(u^{(k+1)} + \mu'\frac{\partial u^{(k+1)}}{\partial t}\right)\right] + \rho_s\left(z\right)\frac{\partial^2 u^{(k+1)}}{\partial t^2} - T_1\frac{\partial^2 u^{(k+1)}}{\partial z^2} +$$

$$+ E_2\left(1 + \mu_2\frac{\partial}{\partial t}\right)\left(u^{(k+1)} - u_2^{(k+1)}\right) = \sum_{i=1}^{i_0}\left[\left(m_1 + 2m_2\right)\frac{g}{2} + \right.$$