

$$d_4 = \frac{h^2 y^2}{k I_x}; \quad d_5 = \frac{h^2 x^2}{k I_y}; \quad d_6 = d_4 + d_5.$$

С учетом изложенного для идентификации силового воздействия необходимо последовательно:

- 1) закрепить активный блок на подвижной платформе;
- 2) установить шесть вибродатчиков по схеме I или II (см рисунок);
- 3) определить направление главных центральных осей инерции активного блока с платформой и вибродатчиками, массу и моменты инерции подвижной системы, коэффициенты жесткости и демпфирования упругих элементов и координаты их закрепления [6];
- 4) вывести двигатель на режим холостого или рабочего хода и определить амплитуды суммарных виброперемещений контрольных точек a_{x_s}, \dots, a_{y_s} при помощи виброизмерительной аппаратуры, например ВА-2;
- 5) вычислить амплитуды прямолинейных и угловых колебаний подвижной системы по формулам (2) или (3);
- 6) вычислить проекции возмущающих сил и моментов по формулам (6) или (7).

ЛИТЕРАТУРА

[1]. ГОСТ 12.04.093—80. Вибрация. Машинны стационарные. Расчет виброизоляции поддерживающей конструкции.— М., 1980. [2]. Келлер Э. А., Бибииков М. Н., Попов А. А. Виброизоляция мотопил с низкими рукоятками // Влияние вибрации на организм человека и проблема виброзащиты.— М.: Наука, 1974.— С. 773—782. [3]. Келлер Э. А. Построение математической модели мотопил с низкими рукоятками // Динамика и прочность механических систем: Минвуз. сб. науч. тр.— 1976.— С. 90—96. [4]. Келлер Э. А. К вопросу выбора критерия для контроля вибрационных характеристик механизированного инструмента.— М. 1982.— 9 с.— Деп. в НИИмаш 25.02.82, № 45 МШ — Д82. [5]. Келлер Э. А. Методика расчета равночастотной системы виброизоляции рукояток мотопил.— М., 1988.— 23 с.— Деп. в ВНИПИЭИлеспром 25.01.88, № 2120 — л688. [6]. Кер Вильсон У. Вибрационная техника.— М.: Машгиз, 1963.— 415 с.

Поступила 11 октября 1989 г.

УДК 624.21 : 625.745.12

РАСЧЕТЫ ЭЛЕМЕНТОВ БАЛОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МЕТОДОМ «УПРУГООСЕДАЮЩИХ И УПРУГОПОВОРАЧИВАЮЩИХСЯ ОПОР»

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

В работе [1] отмечена важность строительства мостов и разного рода транспортных сооружений на лесовозных дорогах и освещен вопрос использования при их проектировании метода пространственного расчета, рассматривающего поперечную конструкцию пролетного строения как неразрезную многопролетную балку на упругооседающих и упругоповорачивающихся опорах. Этот метод позволяет определить, кроме прогибов, углов поворота и усилий в главных балках [1], усилия в поперечной конструкции пролетного строения моста.

Уравнения эпюр y , φ , M , Q для внешних единичных усилий и воздействий в матричной форме имеют вид [1]

$$\vec{y}_n = \begin{vmatrix} y_{ni} \\ \varphi_{ni} \\ M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_n & B_n & C_n & -D_n \\ -D'_n & A'_n & B'_n & -C_n \\ C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ B'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ M_{0i} \\ Q_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} D_{n-i} \\ C'_{n-i} \\ B''_{n-i} \\ A'''_{n-i} \end{vmatrix} +$$

$$+ \begin{vmatrix} -C_{n-i} \\ -B'_{n-i} \\ A''_{n-i} \\ -D'''_{n-i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} -B_{n-i} \\ -A'_{n-i} \\ -D'_{n-i} \\ -C''_{n-i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} A_{n-i} \\ -D'_{n-i} \\ C''_{n-i} \\ B'''_{n-i} \end{vmatrix} = \vec{\Phi} y_0 + \vec{\Delta}_P + \vec{\Delta}_M + \vec{\Delta}_\Theta + \vec{\Delta}_\Delta. \quad (1)$$

Здесь

Φ — матрица функций влияния начальных параметров на прогиб y , угол поворота φ , изгибающий момент M и поперечную силу Q ;

y_0 — вектор начальных параметров для i -й опоры;

$\vec{\Delta}_P, \vec{\Delta}_M, \vec{\Delta}_\Theta, \vec{\Delta}_\Delta$ — векторы функций влияния сосредоточенных воздействий на y, φ, M, Q для $P = 1, M = 1, \Theta = 1$ и $\Delta = 1$ соответственно.

В расчетах используется равенство функций влияния и условия на концах неразрезной балки

$$B''_n = B_n; \quad C'_n = C_n; \quad A''_n = A'_n; \quad C'''_n = C_n; \quad D'''_n = D'_n; \quad A'''_n = A_n; \quad (2)$$

$$M_{0i} = -\mu_0 \varphi_{0i}; \quad Q_{0i} = \omega_0 y_{0i}; \quad M_{ni} = \mu_n \varphi_{ni}; \quad Q_{ni} = -\omega_n y_{ni}, \quad (3)$$

где $\mu_0, \mu_n, \omega_0, \omega_n$ — жесткость на кручение и изгиб соответственно для крайних опор 0 и n .

Случаи действия на балку нагрузок $P = 1, M = 1$ и $\Theta = 1$ приведены в работе [1].

Рассмотрим случай $\Delta = 1$ (сдвиг). На основании (1)–(3) имеем

$$\begin{vmatrix} M_{ni} \\ Q_{ni} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ B'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \mu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} C''_{n-i} \\ B'''_{n-i} \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} \mu_n & 0 \\ 0 & -\omega_n \end{vmatrix} \left\{ \begin{vmatrix} -D'_n & A'_n & B_n & -C'_n \\ A_n & B_n & C_n & -D_n \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} y_{0i} \\ \varphi_{0i} \\ \mu_0 \varphi_{0i} \\ \omega_0 y_{0i} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} D_{n-i} \\ A_{n-i} \end{vmatrix} \right\}. \quad (4)$$

Проведя ряд преобразований, аналогичных случаю с нагрузкой $P = 1$ [1], получим расчетные формулы.

Решение системы

$$\Lambda_{0\Delta} = A^{-1} \Delta_{\Delta}. \quad (5)$$

Здесь

$$A^{-1} = \left| \begin{array}{l} (C_n'' + \omega_n B_n + \mu_n D_n' + \mu_n \omega_0 C_n)(D_n'' - \mu_0 A_n' - \mu_n A_n' - \mu_0 \mu_n B_n') \\ (B_n''' + \omega_0 A_n + \omega_n A_n - \omega_0 \omega_n D_n)(C_n'' + \mu_0 D_n' + \omega_n B_n + \omega_n \mu_n C_n) \end{array} \right|^{-1}; \quad (6)$$

$$\Delta_{\Delta} = \left| \begin{array}{l} (-C_n'' + \mu_n D_n')(-C_{n-1}'' + \mu_n D_{n-1}') \dots (-C_1'' + \\ \quad + \mu_n D_1')(-C_0'' + \mu_n D_0') \\ (-B_n''' - \omega_n A_n)(-B_{n-1}''' - \omega_n A_{n-1}) \dots (-B_1''' - \\ \quad - \omega_n A_1)(-B_0''' - \omega_n A_0) \end{array} \right|. \quad (7)$$

Выражения для Δ_P , Δ_M , Δ_{Θ} при действии на балку нагрузок $P = 1$, $M = 1$ или $\Theta = 1$ приведены в работе [1].

$$\Lambda_{0P} = A^{-1} \left| \begin{array}{l} (B_n + \mu_n C_n)(B_{n-1} + \mu_n C_{n-1}) \dots (B_1 + \mu_n C_1)(B_0 + \mu_n C_0) \\ (A_n - \omega_n D_n)(A_{n-1} - \omega_n D_{n-1}) \dots (A_1 - \\ \quad - \omega_n D_1)(A_0 - \omega_n D_0) \end{array} \right|; \quad (8)$$

$$\Lambda_{0M} = A^{-1} \left| \begin{array}{l} (-A_n' - \mu_n B_n')(-A_{n-1}' - \mu_n B_{n-1}') \dots (A_1' - \\ \quad - \mu_n B_1')(-A_0' - \mu_n B_0') \\ (D_n' + \omega_n C_n)(D_{n-1}' + \omega_n C_{n-1}) \dots (D_1' + \\ \quad + \omega_n C_n)(D_0' + \omega_n C_0) \end{array} \right|; \quad (9)$$

$$\Lambda_{0\Theta} = A^{-1} \left| \begin{array}{l} (D_n'' - \mu_n A_n')(D_{n-1}'' - \mu_n A_{n-1}') \dots (D_1'' - \\ \quad - \mu_n A_1')(D_0'' - \mu_n A_0') \\ (C_n'' + \omega_n B_n)(C_{n-1}'' + \omega_n B_{n-1}') \dots (C_1'' + \\ \quad + \omega_n B_1)(C_0'' + \omega_n B_0) \end{array} \right|. \quad (10)$$

Применим приведенные выше зависимости для решения ряда частных задач.

1. Изгибающие моменты и поперечные силы в сечениях на опоре плиты или диафрагмы.

Ординаты линий влияния опорных моментов и поперечных сил на опорах поперечной конструкции пролетного строения, которыми являются главные балки, найдем из выражений (1)–(3) и зависимостей $M_{оп, ni} = y_{ni}^{\Theta}$ и $Q_{оп, ni} = y_{ni}^{\Delta}$:

$$M_{оп, ni} = y_{oi} \Delta_n + \varphi_{oi} B_n + \mu_0 \varphi_{oi} C_n - \omega_0 y_{oi} D_n - B_{n-i} \quad (11)$$

или

$$M_{оп, ni} = y_{oi} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_{oi} (B_n + \mu_0 C_n) - B_{n-i}. \quad (12)$$

Матрица линий влияния опорных моментов имеет вид

$$\Lambda_{M, \text{он}} = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \Lambda_{0\theta} -$$

$$- \begin{vmatrix} B_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_1 & B_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_2 & B_1 & B_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{n-1} & B_{n-2} & B_{n-3} & \dots & B_0 & 0 \\ B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\theta} - \Delta_{y, \theta}; \quad (13)$$

$$Q_{\text{он}, ni} = y_{0i} A_n + \varphi_{0i} B_n + \mu_0 \varphi_0 C_n - \omega_0 y_0 D_n + A_{n-i} \quad (14)$$

или

$$Q_{\text{он}, ni} = y_{0i} (A_n - \omega_0 D_n) + \varphi_0 (B_n + \mu_0 C_n) + A_{n-i}. \quad (15)$$

Матрица линий влияния поперечных сил имеет вид

$$\Lambda_{Q, \text{он}} = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ \dots & \dots \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix} \Lambda_{0\Delta} +$$

$$+ \begin{vmatrix} A_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_1 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_2 & A_1 & A_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n-1} & A_{n-2} & A_{n-3} & \dots & A_0 & 0 \\ A_n & A_{n-1} & A_{n-2} & \dots & A_1 & A_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\Delta} + \Delta_{y, \Delta}. \quad (16)$$

Выражение (16) позволяет определить ординаты правой ветви линии влияния поперечных сил для расчетного сечения. Когда груз $P = 1$ перемещается с расчетного сечения над опорой влево, имеем левую ветвь линии влияния поперечных сил.

Матрицу линий влияния поперечных сил левой ветви получим, вычтя из ординат выражения (16) единичную матрицу E :

$$\Lambda_{Q, \text{он}} = \Lambda_{Q, \text{он}} - E, \quad (17)$$

где

$$E = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & . & 0 & 0 \\ . & . & . & . & . & . \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & . & 0 & 1 \end{vmatrix}.$$

2. Изгибающие моменты и поперечные силы в сечении в середине пролета плиты или диафрагмы.

Для груза $P = 1$ усилия M и Q найдем по формулам

$$M_r^s = 0,25d_r + 0,5 (M_{r-1} + M_r); \tag{18}$$

$$Q = \mp 0,5 + \frac{M_r - M_{r-1}}{d}, \tag{19}$$

где M_{r-1}, M_r — опорные моменты на опорах $r - 1$ и r ;

d — расстояние между опорами (главными балками).

Первый член формул (4) и (5) используется только для расчета ординат при положении груза $P = 1$ над расчетным сечением.

Второй член формулы (4) и (5) может быть найден, если использовать часть матрицы линий влияния опорных моментов $M_{оп}$ и матрицы $\lambda_{0\theta}$, относящиеся к опорам $r - 1$ и r [1].

Ординаты линий влияния изгибающих моментов и поперечных сил при положении груза $P = 1$ над опорами найдем по формулам

$$\Lambda_{M,d} = (\Phi_y \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y\theta,d}) \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}; \tag{20}$$

$$\Lambda_{Q,d} = \frac{1}{d} \left| (\Phi_y \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y\theta,d}) \begin{vmatrix} -1 \\ 1 \end{vmatrix} \right|, \tag{21}$$

где

$$\Phi_y = \begin{vmatrix} (A_0 - \omega_0 D_0) & (B_0 + \mu_0 C_0) \\ (A_1 - \omega_0 D_1) & (B_1 + \mu_0 C_1) \\ (A_2 - \omega_0 D_2) & (B_2 + \mu_0 C_2) \\ . & . \\ (A_{n-1} - \omega_0 D_{n-1}) & (B_{n-1} + \mu_0 C_{n-1}) \\ (A_n - \omega_0 D_n) & (B_n + \mu_0 C_n) \end{vmatrix}; \tag{22}$$

$$\Lambda_{0\theta,d} = A^{-1} \begin{vmatrix} (D''_{n-r+1} - \mu_n A'_{n-r+1})(D''_{r-r} - \mu_n A'_{n-r}) \\ (C''_{n-r+1} + \omega_n B_{n-r+1})(C''_{n-r} + \omega_n B_{n-r}) \end{vmatrix}; \tag{23}$$

$$\Delta_{y\theta,d} = \begin{vmatrix} B_{0-r+1} & B_{0-r} \\ B_{0-r+2} & B_{0-r+1} \\ B_{0-r+3} & B_{0-r+2} \\ . & . \\ B_{n-r} & B_{n-r-1} \\ B_{n-r+1} & B_{n-r} \end{vmatrix} \tag{24}$$

Величина A^{-1} определяется по формуле (6).

Те же ординаты при положении груза $P = 1$ над расчетным сечением найдем из выражений

$$M_d = 0,25d + |0,5 \ 0,5| (\Phi_{y,d} \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y,\theta,d}^*) \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}; \quad (25)$$

$$Q_d = \mp 0,5 + \frac{1}{d} | -1 \ 1 | (\Phi_{y,d} \Lambda_{0\theta,d} - \Delta_{y,\theta,d}^*) \begin{vmatrix} -0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}, \quad (26)$$

где

$$\Phi_{y,d} = \begin{vmatrix} (A_{r-1} - \omega_0 D_{r-1})(B_{r-1} + \mu_0 C_{r-1}) \\ (A_r - \omega_0 D_r)(B_r + \mu_0 C_r) \end{vmatrix}; \quad (27)$$

$$\Delta_{y,\theta,d}^* = \begin{vmatrix} B_0 & 0 \\ B_1 & B_0 \end{vmatrix}. \quad (28)$$

Матрица $\lambda_{0\theta,d}$ определяется по формуле (23).

3. Ординаты линий влияния $M_{оп}$, M_d , $Q_{оп}$, Q_d на консолях.

Ординаты линий влияния S_t при положении груза $P = 1$ на консолях (рис. 1) могут быть найдены из выражения

$$S_t = S_k + t S_{к,м}, \quad (29)$$

где t — длина консоли.

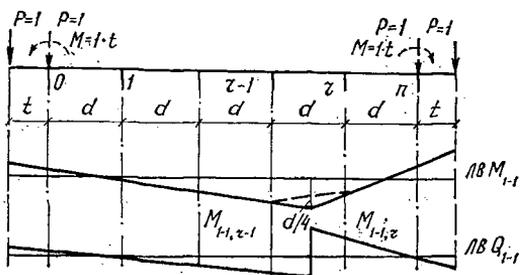


Рис. 1. Расчетная схема для определения ординат линий влияния M и Q на консолях для балок 0 и π и линии влияния изгибающих моментов и поперечных сил для сечения между опорами $r-1$ и r

При положении груза $P = 1$ на правой консоли формулы для S_k и $S_{к,м}$ представлены в таблице.

S_t	S_k	$S_{к,м}$
Опорные изгибающие моменты $M_{оп,t}$	$M_{оп,к} = \Phi_y^* \lambda_{0\theta}$	$M_{оп,к,м} = \Phi_M^* \lambda_{0M} + \Delta_{M,м}^*$
Изгибающие моменты в пролёте $M_{d,t}$	$M_{d,к} = \Phi_y^* \lambda_{0\theta,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$	$M_{d,к,м} = \Phi_M^* \lambda_{0M,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$
Опорные поперечные силы $Q_{оп,t}$	$Q_{оп,к} = \Phi_Q^* \lambda_{0P} + \Delta_{Q,P,лев}$	$Q_{оп,к,м} = \Phi_Q^* \lambda_{0M}$
Поперечные силы в пролёте $Q_{d,t}$	$Q_{d,к} = \frac{1}{d} \Phi_y^* \lambda_{0\theta,d} \begin{vmatrix} 0,5 \\ 0,5 \end{vmatrix}$	$Q_{d,к,м} = \frac{1}{d} \Phi_M^* \lambda_{0M,d} \begin{vmatrix} -1 \\ 1 \end{vmatrix}$

Матрица-строка Φ_y^* представляет собой верхнюю строку матрицы из выражения (13):

$$\Phi_y = |(A_0 - \omega_0 D_0)(B_0 + \mu_0 C_0)| = |1 \ 0|. \quad (30)$$

Матрицы-строки Φ_M^* и Φ_Q найдем из выражений (1) — (3):

$$M_{ni} = M_{оп, к, M} = y_{0i} C_n'' + \varphi_{0i} D_n'' - M_{0i} A_n'' + Q_{0i} B_n'' + A_{n-i} \quad (31)$$

или

$$M_{оп, к, M} = y_{0i} (C_n'' + \omega_0 B_n) + \varphi_{0i} (D_n'' - \mu_0 A_n') + A_{n-i}; \quad (32)$$

$$Q_{ni} = Q_{оп, к, M} = y_{0i} B_n''' + \varphi_{0i} C_n''' + M_{0i} D_n''' + Q_{0i} A_n''' - D_{n-i}''' \quad (33)$$

или

$$Q_{оп, к, M} = y_{0i} (B_n''' + \omega_0 A_n) + \varphi_{0i} (C_n''' - \mu_0 D_n') - D_{n-i}''' \quad (34)$$

$$\Phi_M^* = |(C_0'' - \omega_0 B_0)(D_0'' - \mu_0 A_0')| = |0 = \mu_0|; \quad (35)$$

$$\Phi_Q^* = |(B_0''' + \omega_0 A_n)(C_0''' - \mu_0 D_n')| = |\omega_0 \cdot 0|. \quad (36)$$

Матрица $\lambda_{0M, d}$ определится как часть выражения (9), относящаяся к опорам $r-1$ и r :

$$\Lambda_{0M, d} = A^{-1} \begin{vmatrix} (-A'_{n-r} - \mu_n B_{n-r+1})(-A'_{n-r} - \mu_n B'_{n-r}) \\ (D'_{n-r+1} + \omega_n C_{n-r+1})(D_{n-r} + \omega_n C_{n-r}) \end{vmatrix}. \quad (37)$$

Матрица-строка $\Delta_{y, \Delta, лев}^*$ представляет собой верхнюю строку матрицы $\Delta_{y, \Delta}$ из выражения (16):

$$\Delta_{y, \Delta, лев}^* = |A_0 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0| = |100 \cdot 00|. \quad (38)$$

Тот же подход имеет место для $\Delta_{M, M}^*$ как верхней строки матрицы $\Delta_{M, M}$:

$$\Delta_{M, M}^* = |A'_0 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0| = |1 \ 0 \ 0 \cdot 0 \ 0|. \quad (39)$$

Ординаты линий влияния $M_{оп}$, M_d , $Q_{оп}$, Q_d при положении груза на левой консоли можно найти, используя известные зависимости: для $M_{оп}$

$$M_{00} = M_{nn}; M_{10} = M_{n-1, n}, \dots, M_{n-1, 0} = M_{1n}; M_{n0} = M_{0n}; \quad (40)$$

для M_d

$$M_{(n-r) - (n-r+1)0} = M_{(r-1) - rn}; M_{(r-1) - r0} = M_{(n-r) - (n-r+1)n}; \quad (41)$$

для $Q_{оп}$

$$Q_{00} = -Q_{nn}; Q_{10} = -Q_{n-1, n}, \dots, Q_{n-1, 0} = -Q_{1n}; Q_{n0} = -Q_{0n}; \quad (42)$$

для Q_d

$$Q_{(n-r) - (n-r+1)0} = Q_{(r-1) - rn}; Q_{(r-1) - r0} = -Q_{(n-r) - (n-r+1)n}. \quad (43)$$

Составлена программа расчета «Расмос» для ЭВМ ЕС-1020, охватывающая весь комплекс вопросов рассматриваемого метода расчета.

В качестве примера на рис. 2 приведены линии влияния $M_{оп}$, $Q_{оп}$, M_d и Q_d для сечений поперечной конструкции бездиафрагменного пролетного строения с расчетным пролетом $l = 17,4$ м балочного автодорожного моста, рассмотренного в работе [2]. Расчеты ординат линий влияния выполнены по нашему методу и методу Б. Е. Улицкого.

В качественном отношении линии влияния M и Q в сравниваемых методах близки друг другу. Максимальные ординаты в линиях влияния M и Q различаются не более чем на 2...12 %, площади линий влияния — на 4...30 %.

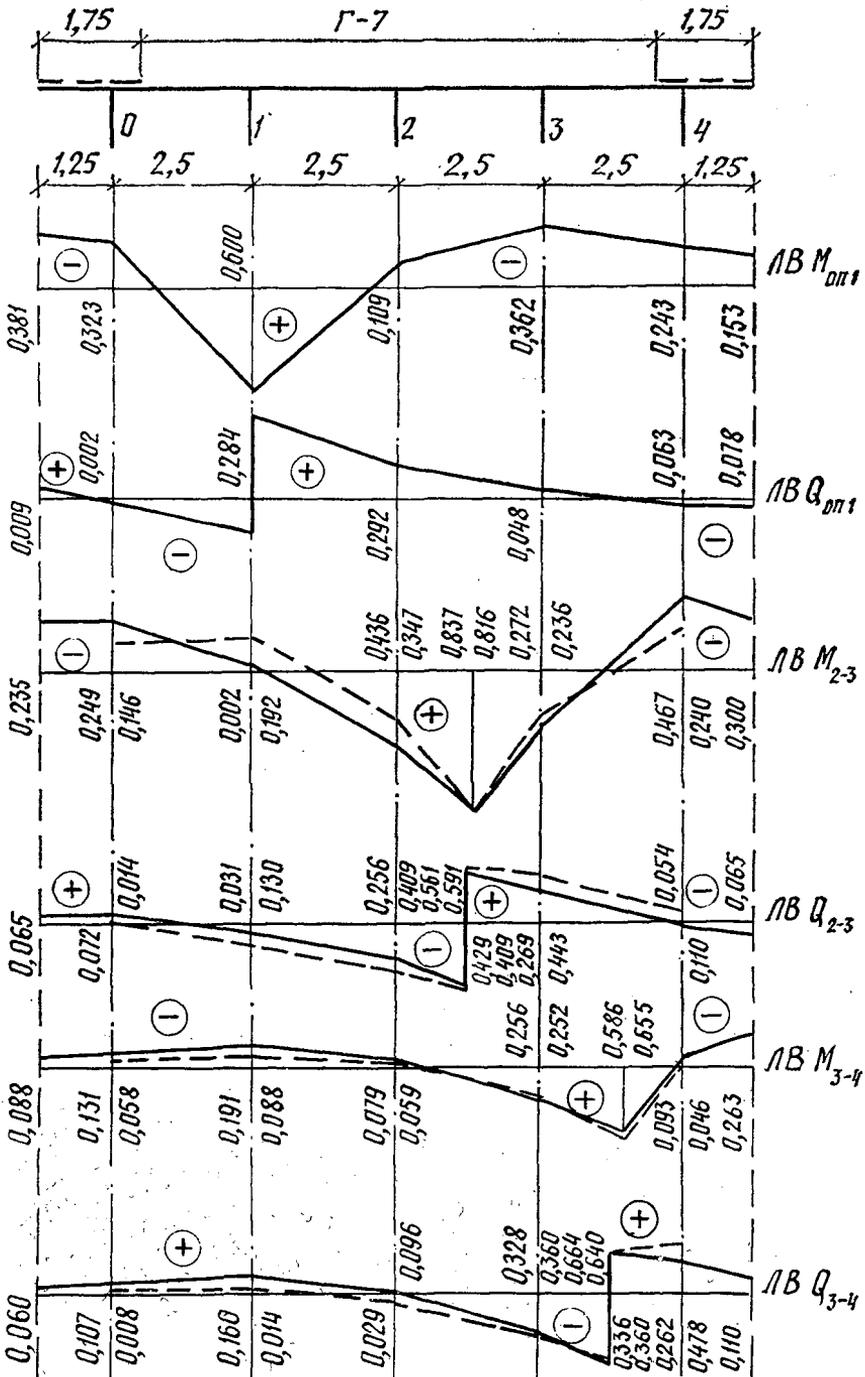


Рис. 2. Линии влияния $M_{оп1}$, $Q_{оп1}$, M_{2-3} , Q_{2-3} , M_{3-4} , Q_{3-4} : сплошная линия — по предлагаемому методу; штриховая — по методу Б. Е. Улицкого

Выводы

Предлагаемые расчеты поперечной конструкции пролетного строения, выполненные на основе рассматриваемого метода, позволяют по-

лучить усилия M и Q в произвольном сечении при обеспечении достаточной для практики проектирования точности. Наличие программы расчета на ЭВМ значительно расширяет область его применения.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Стуков В. П. Метод пространственного расчета балочных пролетных строений мостов // Лесн. журн.— 1987.— № 4.— С. 41—51.— (Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Улицкий Б. Е. Пространственный расчет бездиафрагменных пролетных строений мостов.— М.: Автотрансиздат, 1963.— 205 с.

Поступила 31 октября 1989 г.

УДК 621.825.6.004.65

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КАРДАНЫХ ВАЛОВ АВТОЛЕСОВОЗОВ

Р. П. КАПУСТИН, А. В. ШУВАЛОВ

Брянский технологический институт

В трансмиссиях автомобилей и колесных тракторов широко применяются карданные передачи с шарнирами неравных угловых скоростей и шлицевыми компенсаторами.

Повышение нагруженности трансмиссий современных лесовозных автомобилей приводит к увеличению осевых сил в подвижном шлицевом соединении карданных валов и ускоренному изнашиванию соединения. Это в основном связано с переменными скоростными и нагрузочными режимами работы карданных валов, большими осевыми перемещениями и недостаточной защищенностью соединения от внешней среды. Как свидетельствует опыт эксплуатации лесовозных автомобилей, ресурс их карданных валов, вследствие выхода из строя шлицевого соединения, в несколько раз ниже, чем у аналогичных машин, используемых на транспортных перевозках.

Основные пути увеличения срока службы шлицевого соединения карданных валов — повышение точности изготовления соединения, улучшение его герметичности, применение высокопрочных и износостойких материалов, применение антифрикционных смазок и покрытий.

Задача наших исследований — сравнить работоспособность шлицевого соединения карданных валов со смазками пресс-солидол С, № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) и ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75) и определить возможности повышения эксплуатационной надежности карданной передачи.

Смазка пресс-солидол С выбрана в качестве базовой для сравнения, поскольку в настоящее время смазки группы солидол, как наиболее дешевые, используют для заправки шлицевых соединений. Смазку № 158 (ТУ-38-1-01-320—72) применяют для смазывания игольчатых подшипников карданных шарниров, но она в 3,8 раза дороже пресс-солидола С. Смазка ВНИИНП-242 (ГОСТ 20421—75) обладает наиболее высокими антифрикционными свойствами, но в 4,8 раза дороже, чем № 158.

Карданные валы автомобилей ЗИЛ и КамАЗ испытывали на специальном стенде [2]. Он выполнен по схеме замкнутого контура с нагружающим устройством дифференциального типа, механизмом перемещения валов по шлицам и устройством для измерения и регистрации крутящего момента и осевых сил, оборудован системой автоматического поддержания теплового режима шлицевых соединений.

Исследования валов на стенде проводили в следующем режиме: нагружающий момент $M = 400 \dots 500$ Н·м, длина перемещения валов по шлицам — 40 мм, число двойных ходов механизма перемещения валов по шлицам — 80 мин^{-1} , максимальная