

7. Определяют количество трелевочных тракторов $n_T(l_i)$, необходимых для разработки лесосек длиной l_i :

$$n_T(l_i) = \frac{W_T(l_i)}{R_T(l_i)} \quad (10)$$

8. По формуле (5) устанавливают годовую выработку $R_K(l_i)$ на канатную установку длиной l_i .

9. Получают количество канатных установок $n_K(l_i)$ длиной l_i , необходимых для разработки лесосек такой длины:

$$n_K(l_i) = \frac{W_K(l_i)}{R_K(l_i)} \quad (11)$$

Суммируя количество трелевочных тракторов и канатных установок для разработки всех лесосек в планируемом году, получают годовую потребность в трелевочных тракторах и канатных установках конкретной длины. По известной номенклатуре длин канатных установок можно достаточно точно планировать расход канатов, а следовательно, составлять реальные заказы заводам-изготовителям.

В качестве примера в таблице приведена потребность и номенклатура трелевочной техники для лесосырьевой базы Краснодарского ЛХТПО.

Длина лесосеки, км	Уклон лесосеки с эффективной тракторной трелевочной, град	Годовая выработка, тыс. м ³		Число тракторов	Число канатных установок
		на трактор	на канатную установку		
0,250	27,7	142,2	28,8	12	3
0,375	24,8	112,3	30,7	12	4
0,500	22,3	122,5	43,0	15	6
0,625	20,2	107,5	46,7	15	8
0,750	18,4	80,3	41,9	12	7
0,825	17,4	34,5	19,9	5	3
0,875	16,8	17,7	10,8	3	2
1,000	15,5	29,0	20,4	4	4
1,125	14,4	19,5	15,5	3	3
1,250	13,4	28,1	24,9	5	5
1,375	12,5	58,8	57,9	12	11
> 1,375	13,0	26,4	26,4	6	5
Итого	—	778,8	366,9	104	61

Поступила 6 февраля 1992 г.

УДК 624.275.001.24

К РАСЧЕТУ МОСТОВЫХ КЛЕЕНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК, РАБОТАЮЩИХ СОВМЕСТНО С ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ

В. П. СТУКОВ

Архангельский лесотехнический институт

За рубежом (США, Канада) в настоящее время широко используют балочные мосты, в которых продольные несущие ребра из деревянных брусьев или клееной древесины объединяются для совместной работы с

железобетонной плитой проезжей части [6—8]. Главное достоинство этих систем — малая собственная масса, что существенно упрощает их транспортировку, а также высокая устойчивость древесины против гниения, вызванная пропиткой антисептиками в заводских условиях. Балочные мосты подобного типа обладают хорошим распределением нагрузки между балками за счет большой жесткости железобетонной плиты на кручение.

В балке комбинированного сечения с ребром из клееной древесины и железобетонной плитой наиболее распространены дискретные связи между ветвями сечения, в частности нагельные соединения. Одной из особенностей работы таких балок является наличие сдвига по плоскости контакта ребра с плитой, что вызывает перераспределение напряжений в отдельных частях сечения.

Полный изгибающий момент M , воспринимаемый комбинированным сечением при упругоподатливых связях сдвига между его ветвями, выражается формулой

$$M = M_1 + M_2, \quad (1)$$

где M_1 — момент, воспринимаемый приведенным сечением при отсутствии сдвига по плоскости контакта;

M_2 — момент, воспринимаемый ветвями как самостоятельными элементами вследствие их сдвига относительно друг друга.

На рис. 1 приведены эпюры напряжений для рассматриваемой балки. Результирующую эпюру получают сложением двух эпюр от изгибающих моментов, представленных формулой (1).

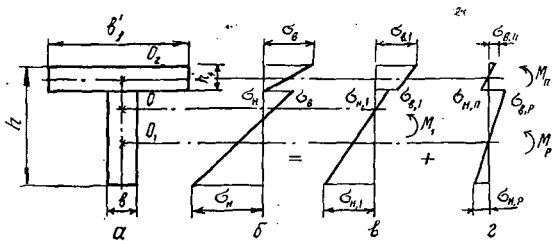


Рис. 1. Эпюры напряжений балки комбинированного сечения с упругоподатливыми связями сдвига между ребром и плитой: a — поперечное сечение балки; b — результирующая эпюра; $в$ — от M_1 ; $г$ — от M_2 .

Анализируя известные методы расчета балок комбинированного сечения, авторы работ [1, 2] делают вывод о необходимости учета дискретности размещения связей, если она имеет место в реальной конструкции, и существовании двух нейтральных осей (в бетоне плиты и в древесине ребра) при наличии сдвига между ветвями.

Балка комбинированного сечения может быть рассмотрена как составной стержень с абсолютно жесткими поперечными связями и упругоподатливыми связями сдвига (рис. 2). Это приближение [3] во многих практических случаях вполне приемлемо.

В работе [4] нагель рассматривают как балку, лежащую на упругом основании — древесине и нагруженную на конце сдвигающей силой и неизвестным изгибающим моментом. Отмечено, что напряженно-деформированное состояние нагельного соединения (связи) аналогично подобному состоянию упругоповорачивающейся опоры, развивающей реактивный момент, пропорциональный жесткости на кручение μ и углу поворота φ .

Анализ расчетной схемы балки и нагеля как упругоповорачивающейся опоры позволил установить аналогию с неразрезной многопролетной балкой постоянного сечения на упругоповорачивающихся опорах в месте связей между ветвями сечения (рис. 2).

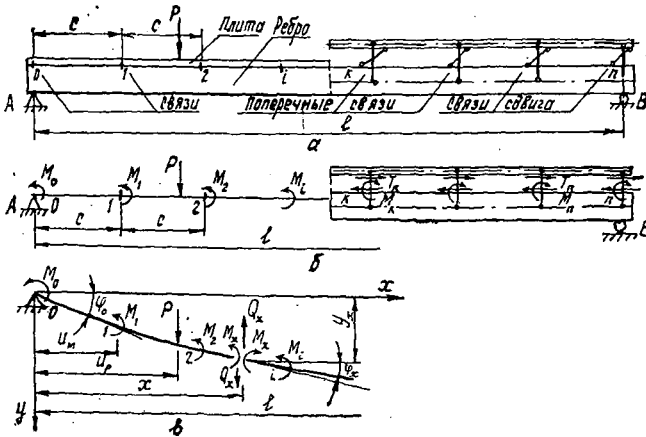


Рис. 2. Первый этап расчета: а — заданная система (балка — составной стержень); б — основная система; в — расчетная схема балки (метод начальных параметров)

Предлагаемый метод расчета учитывает выводы работ [1, 2] и позволяет получить линии влияния деформаций и усилий в сечениях балки. Загружение этих линий влияния постоянной и временной нагрузками дает необходимую информацию о напряженно-деформированном состоянии в рассматриваемом сечении балки.

Можно выделить два этапа расчета:

1) для балки комбинированного сечения как неразрезной многопролетной на упругоповорачивающихся опорах, которыми являются связи сдвига между ребром и плитой;

2) для ребра из клееной древесины и железобетонной плиты как самостоятельных элементов на усилия, возникающие в ветвях балки вследствие упругой податливости связей сдвига между ними.

Первый этап (рис. 2) рассмотрен в работе [4]. На втором этапе формируются матрицы линий влияния усилий в ветвях сечения, работающих как самостоятельные элементы вследствие наличия сдвига между ними. На этом этапе производится расчет балки комбинированного сечения с абсолютно жесткими связями между ветвями. Целесообразно, как и в работе [4], использовать метод начальных параметров.

Расчетной схемой (рис. 3) является однопролетная балка постоянного поперечного сечения, нагруженная сосредоточенными воздействиями $\Theta = 1$ и $\Delta = 1$ в местах расположения связей (Θ, Δ — малые изменения угла и сдвиг соответственно).

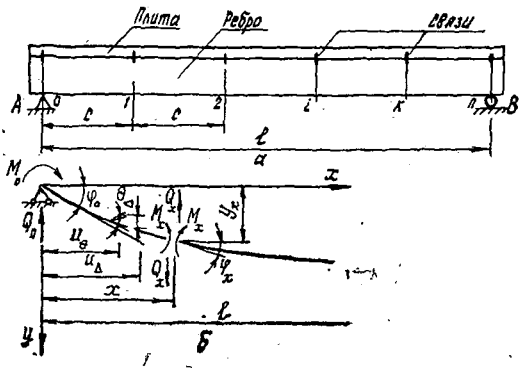


Рис. 3. Второй этап расчета: а — балка комбинированного сечения; б — расчетная схема балки (метод начальных параметров)

При единичных воздействиях ($\Theta = \Delta = 1$) только над опорами общее решение линейного дифференциального уравнения четвертого порядка изгиба балки постоянного сечения на упругоповорачивающихся опорах [4] в матричной форме имеет вид

$$\begin{pmatrix} y_{ni} \\ \varphi_{ni} \\ M_{ni} \\ Q_{ni} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_n & B_n & C_n & -D_n \\ -D'_n & A'_n & B'_n & -C'_n \\ C''_n & D''_n & -A''_n & B''_n \\ B'''_n & C'''_n & D'''_n & A'''_n \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} y_{0n} & y_{0n-1} & y_{0n-2} & \dots & y_{01} & y_{00} \\ \varphi_{0n} & \varphi_{0n-1} & \varphi_{0n-2} & \dots & \varphi_{01} & \varphi_{00} \\ M_{0n} & M_{0n-1} & M_{0n-2} & \dots & M_{01} & M_{00} \\ Q_{0n} & Q_{0n-1} & Q_{0n-2} & \dots & Q_{01} & Q_{00} \end{pmatrix} - \\ - \begin{pmatrix} B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \\ A'_n & A'_{n-1} & A'_{n-2} & \dots & A'_1 & A'_0 \\ D''_n & D''_{n-1} & D''_{n-2} & \dots & D''_1 & D''_0 \\ C'''_n & C'''_{n-1} & C'''_{n-2} & \dots & C'''_1 & C'''_0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} A_n & A_{n-1} & A_{n-2} & \dots & A_1 & A_0 \\ -D'_n & -D'_{n-1} & -D'_{n-2} & \dots & -D'_1 & -D'_0 \\ C''_n & C''_{n-1} & C''_{n-2} & \dots & C''_1 & C''_0 \\ B'''_n & B'''_{n-1} & B'''_{n-2} & \dots & B'''_1 & B'''_0 \end{pmatrix} = \\ = \Phi y_0 - \Delta_\Theta + \Delta_\Delta, \quad (2)$$

где Φ — матрица функций влияния начальных параметров на величины y, φ, M, Q ;
 y_0 — матрица начальных параметров для n -й опоры;
 $\Delta_\Theta, \Delta_\Delta$ — матрицы Δ функций влияния сосредоточенных воздействий на величины y, φ, M, Q при $\Theta = 1$ и $\Delta = 1$ соответственно.

Выражение (2) справедливо в частном случае, когда жесткость на кручение промежуточных опор неразрезной многопролетной балки $\mu = 0$.

Функции влияния для такой балки согласно [5] имеют вид

$$\begin{aligned} A_n = A'_n = A''_n = A'''_n = 1; \quad B_n = B''_n = nc; \quad B'_n = n \frac{c}{EI_{red}}; \\ C_n = C'_n = n^2 \frac{c^2}{2EI_{red}}; \quad C''_n = C'''_n = 0; \quad D_n = n^3 \frac{c^3}{6EI_{red}}; \\ D'_n = D''_n = D'''_n = 0; \quad B'''_n = 0. \end{aligned} \quad (3)$$

При определении начальных параметров используют условия опирания балки на опорах A и B (рис. 3):

$$y_{0i} = M_{0i} = y_{ni} = M_{ni} = 0. \quad (4)$$

Начальные параметры определяют при решении систем уравнений, составленных из выражений для y_{ni} и M_{ni} уравнения (2) и формул (3), (4).

Решения ее относительно начальных параметров φ_{0i} и Q_{0i} имеют вид:

для воздействия $\Theta = 1$

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

где

$$A^{-1} = \begin{vmatrix} B_n - D_n & \\ 0 & B_n \end{vmatrix}; \quad (6)$$

$$\Delta_\Theta = \begin{vmatrix} B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \end{vmatrix}; \quad (7)$$

для воздействия $\Delta = 1$

$$\Lambda_{0\Delta} = A^{-1}\Delta_{\Delta}; \quad (8)$$

$$\Delta_{\Delta} = \begin{vmatrix} A_n A_{n-1} A_{n-2} \dots A_1 A_0 \\ 0 \ 0 \ 0 \ \dots \ 0 \ 0 \end{vmatrix}. \quad (9)$$

При определении ординат линий влияния M и Q используем выражения (2), (3), (5) — (9), взаимозависимости усилий и перемещений $M_{kl} = y_{ki, \theta}$ и $Q_{kl} = y_{ki, \Delta}$.

Матрицы линий влияния усилий:
для изгибающих моментов

$$\Lambda_M = \begin{vmatrix} B_0 & -D_0 \\ B_1 & -D_1 \\ B_2 & -D_2 \\ \dots & \dots \\ B_{n-1} & -D_{n-1} \\ B_n & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0\theta} = \begin{vmatrix} B_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_1 & B_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ B_2 & B_1 & B_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ B_{n-1} & B_{n-2} & B_{n-3} & \dots & B_0 & 0 \\ B_n & B_{n-1} & B_{n-2} & \dots & B_1 & B_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\theta} - \Delta_{y\theta}; \quad (10)$$

для поперечных сил

$$\Lambda_Q = \begin{vmatrix} B_0 & -D_0 \\ B_1 & -D_1 \\ B_2 & -D_2 \\ \dots & \dots \\ B_{n-1} & -D_{n-1} \\ B_n & -D_n \end{vmatrix} \times \Lambda_{0\Delta} + \begin{vmatrix} A_0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_1 & A_0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ A_2 & A_1 & A_0 & \dots & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ A_{n-1} & A_{n-2} & A_{n-3} & \dots & A_0 & 0 \\ A_n & A_{n-1} & A_{n-2} & \dots & A_1 & A_0 \end{vmatrix} = \Phi_y \Lambda_{0\Delta} + \Delta_{y\Delta}. \quad (11)$$

Выражение (11) позволяет определить ординаты правой ветви линии влияния поперечной силы для расчетного сечения. Ординаты левой ветви получим из выражения

$$\Lambda'_Q = \Lambda_Q - E, \quad (12)$$

где E — единичная матрица.

Ординаты линий влияния M и Q в ребре и плите, работающих как самостоятельные элементы при наличии сдвига между ними, получим из выражений:
для ребра

$$\Lambda_{M, p} = (\Lambda_M - \Lambda_M^*) \frac{E_p I_p}{E_p I_p + E_n I_n}; \quad \Lambda_{Q, p} = (\Lambda_Q - \Lambda_Q^*) \frac{G_p A_p}{G_p A_p + G_n A_n}; \quad (13)$$

для плиты

$$\Lambda_{M, n} = (\Lambda_M - \Lambda_M^*) \frac{E_n I_n}{E_p I_p + E_n I_n}; \quad \Lambda_{Q, n} = (\Lambda_Q - \Lambda_Q^*) \frac{G_n A_n}{G_p A_p + G_n A_n}, \quad (14)$$

где I_p, A_p, I_n, A_n — моменты инерции и площади сечений ребра и плиты;
 E_p, G_p, E_n, G_n — модули упругости и сдвига материала ребра и плиты;

λ_M^* , λ_Q^* — матрицы линий влияния M и Q первого этапа расчета.

Расчеты второго этапа вошли в состав программы «COMBY LV» на языке Фортран, которая позволяет получить комплект выходных матриц линий влияния прогибов, углов поворота, изгибающих моментов и поперечных сил в балке комбинированного сечения и крутящих моментов в связях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Глотов Б. А. Основы расчета деревобетонных мостов // Мосты: Науч. тр. / Саратов. ПИ, 1968.— Вып. 34.— С. 89—111. [2]. Игнатъев В. А., Глотов И. Б. К расчету составных стержней с дискретными регулярными связями // Строительство и архитектура.— 1974.— № 10.— С. 39—42.— (Изв. высш. учеб. заведений). [3]. Ржаницына А. Р. Теория составных стержней строительных конструкций.— М.: Стройиздат, 1948.— 192 с. [4]. Стуков В. П. Метод расчета мостовых клееных деревянных балок, работающих совместно с железобетонной плитой // Лесн. журн.— 1991.— № 2.— С. 38—45.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. Уманский А. А. Специальный курс строительной механики. Ч. 2.— М.; Л.: Стройиздат, 1940.— 196 с. [6]. Bier H. Structural form in timber // Trans. Inst. Prof. Eng. Sec.— 1984.— 11, N 2.— P. 33—44. [7]. Gower F. Safe timber bridges depend on approach design // Logg. and Sawmill. I.— 1983. 14, N 3.— P. 11—13. [8]. Timber bridge decks // Civ. Eng. (USA).— 1985, 55, N 5.— P. 47—49.

Поступила 21 октября 1992 г.

УДК 551.482.215

О ГИДРАВЛИКЕ ЛЕСОСПЛАВНЫХ И СУДОХОДНЫХ РЕК СИБИРИ

В. Е. СЕРГУТИН

Красноярский инженерно-строительный институт

Мелиоративные выправительные работы для лесосплава и судоходства на реках Западной и Восточной Сибири, Забайкалья и Дальнего Востока базируются на гидравлических расчетах, часть из которых выполняется с применением натуральных данных. Состоявшийся в Ленинграде V Всесоюзный гидрологический съезд (1986 г.) вынес решение об усилении поиска эмпирических связей между элементами гидравлики речных русел, т. е. обобщении результатов экспериментов, поставленных самой природой, и расширении стандартных наблюдений. Эти же вопросы поднимались на Всесоюзном совещании по гидрологии Сибири (1989 г.), II и III гидрологических конференциях по Дальнему Востоку и Забайкалью (1983 и 1989 гг.), конференциях МГУ и координационных совещаниях по эрозионным и русловым процессам (1986—1992 гг.) и др.

Нами выполнены исследования по установлению связей между элементами гидравлики потока и морфометрии русла рек от Урала до Дальнего Востока на основании данных Гидрологических ежегодников издания до 1976 г. (тома с 4 по 9). Схематизированные связи представлены на рис. 1, где приняты следующие обозначения:

$Q = Q(\lambda)$ — расход;

B — ширина русла;

h — средняя глубина русла;

B/h — относительная ширина русла;

H — максимальная глубина русла в сечении;

$\epsilon = H/h - 1$ — коэффициент формы русла;

$n = n(B/h, \epsilon)$ — коэффициент шероховатости;

$C = C(B/h, \epsilon)$ — скоростной коэффициент Шези;