



УДК 624.012.35/45

И.Т. Мирсаяпов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой оснований и фундаментов, динамики сооружений и инженерной геологии

И.С. Абдрахманов – кандидат технических наук, доцент

Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)

УЧЕТ ПОДАТЛИВОСТИ СВЯЗЕЙ СДВИГА В РАСЧЕТАХ МАЛОЦИКЛОВОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ НОРМАЛЬНЫХ СЕЧЕНИЙ ДЕРЕВОЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТЕРЖНЕВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АННОТАЦИЯ

Расчетная модель разрабатывалась на основе аналитических диаграмм деформирования материалов с учетом физической нелинейности материалов, податливости соединения слоев, деформативности деревожелезобетонных конструкций. Используются предпосылки, характерные для диаграмм материалов, трансформированных для учета влияния циклического нагружения. Расчетная модель построена с учетом податливости соединения слоев. Величина относительных деформаций сдвига между железобетонной полкой и деревянной балкой определяется с учетом количества циклов. Сдвигающее усилие в плоскости контакта определяется при абсолютно жестких связях сдвига и соблюдении условия совместности деформаций на уровне контактной поверхности.

I.T. Mirsayapov – doctor of the technical sciences, professor, head of bases, foundations, dynamics of buildings and engineering geology department

I.S. Abdrahmanov – candidate of technical sciences, associate professor

Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)

CONSIDERATION OF TIE SHIFT FLEXIBILITY IN THE CALCULATIONS OF LOW-CYCLE FATIGUE OF NORMAL SECTION OF TIMBER-CONCRETE AXIAL ELEMENTS BENDING

ABSTRACT

Calculation model was developed on the basis of analytic diagram of material straining according to material physical nonlinearity, layer interconnection flexibility, deformability of timber-concrete constructions. There were used prerequisites typical to diagram materials, transformed for cyclic loading influence. Calculation model was created with regard to layer interconnection flexibility. The shear strain value between concrete shelf and timber beam subject to cycling is specified. Shearing force in contact plane is specified by absolutely rigid connection and under condition of compatibility of deformations on contact surface level.

Расчетная модель разрабатывалась на основе аналитических диаграмм деформирования материалов [1], что позволило рассчитывать конструктивные элементы на малоцикловую выносливость с учетом физической нелинейности бетона и древесины, податливости соединения железобетонной полки с деревянной балкой, деформативности деревожелезобетонных конструкций.

Предпосылки, примененные при разработке расчетной модели:

– рассматриваются сечения, нормальные к продольной оси элемента;

– в качестве расчетных значений приняты нормальные напряжения в монолитном бетоне плиты и в деревянной балке;

– связь между осевыми напряжениями и относительными деформациями бетона и стальных арматурных стержней представляется в виде диаграмм « $s-e$ », трансформированных для учета влияния циклического нагружения;

– связь между осевыми напряжениями и деформациями древесины принимается в виде диаграмм, трансформированной для учета влияния циклического нагружения;

– коэффициенты асимметрии цикла напряжений

r_{bt} и r_{dt} определяются по текущим напряжениям в бетоне и древесине растянутой зоны;

– для составного сечения происходит отклонение распределения деформаций по высоте линейного закона;

– в пределах железобетонной плиты и отдельно деревянной балки справедлива гипотеза плоских сечений.

Определяется величина относительных деформаций сдвига [1] между железобетонной полкой и деревянной балкой:

$$e_{sh} \frac{Y(t)}{l} \cdot 0.75 \sqrt{\frac{l_{an}^2}{S \cdot d}} \cdot m, \quad (1)$$



где $m = \frac{0.79}{1 - 0.01 \cdot \lg(N_i)} \cdot \frac{M_{\max}}{M_{раз}}$; (2)

N_i – количество циклов;

$M_{раз}$ – разрушающий момент при статическом нагружении;

M_{\max} – максимальная нагрузка цикла.

Сдвигающее усилие $T_{c1}(t)$, действующее в плоскости контакта железобетонной полки и деревянной балки, определяется при абсолютно жестких связях сдвига:

$$T(t) = T_m(t) \cdot y(t) = T_m(t) \cdot \left[\left(\frac{chI(t)c}{chI(t)_0} - 1 \right) \cdot b \cdot u(t) \right]; \quad (3)$$

$$I(t) = \sqrt{E_{cd}(t) \cdot g(t)}. \quad (4)$$

При вычислении в формуле (4) коэффициент жесткости соединения E_{cd} принимается равным модулю упругости древесины балки.

Условие совместности деформаций в уровне контактной поверхности (рис. 1):

$$e_{sh} = e_{d,\delta on}^e + e_{b,\delta on}^H, \quad (5)$$

где $e_{d,\delta on}^e$, $e_{b,\delta on}^H$ – дополнительные относительные деформации бетона и древесины в

плоскости контакта при проявлении деформаций сдвига.

Из равенства кривизны полки и балки следует:

$$e_{b,\delta on}^H \cdot Y_{\delta}^e = e_{d,\delta on}^e \cdot Y_b^H, \quad (6)$$

что позволяет определить относительные

деформации $e_{d,\delta on}^e$ верхних волокон балки и $e_{b,\delta on}^H$ нижних волокон железобетонной полки:

$$e_{d,\delta on}^e = \frac{e_{sh} Y_b^H}{Y_{\delta}^e + Y_b^H}, \quad (7)$$

$$e_{b,\delta on}^H = \frac{e_{sh} Y_{\delta}^e}{Y_b^H + Y_{\delta}^e}. \quad (8)$$

При справедливости гипотезы плоских сечений дополнительные относительные деформации нижних волокон балки $e_{d,\delta on}^H$ и верхних фибр железобетонной полки $e_{b,\delta on}^e$:

$$e_{d,\delta on}^H = \frac{e_{sh} Y_{\delta}^H}{Y_{\delta}^e + Y_b^H}, \quad (9)$$

$$e_{b,\delta on}^e = \frac{e_{sh} Y_b^e}{Y_b^H + Y_{\delta}^e}. \quad (10)$$

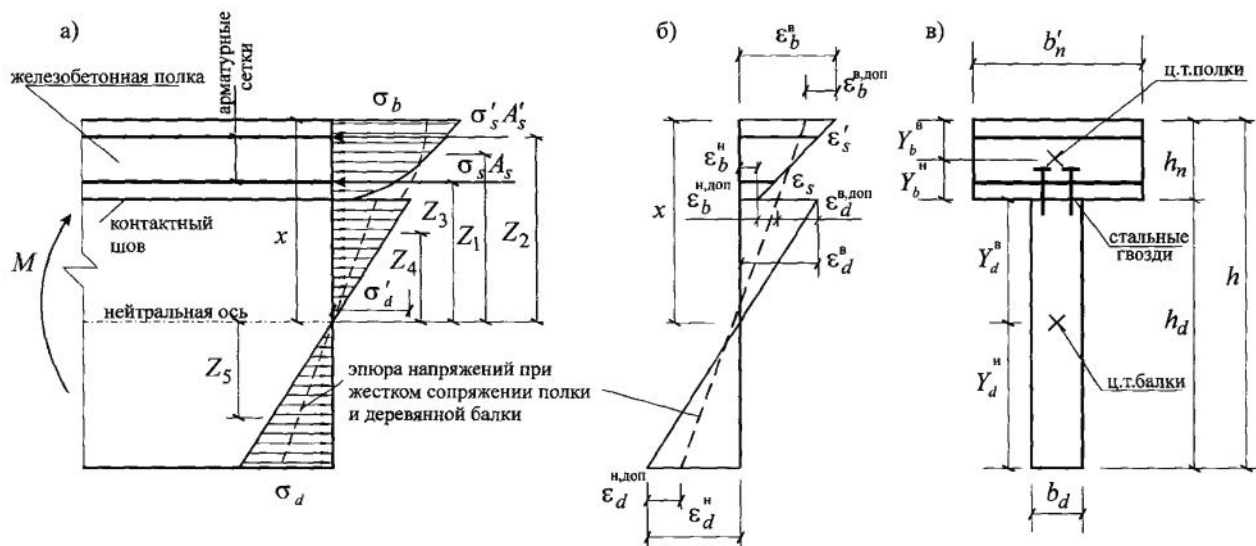


Рис. 1. Расчетная схема усилий, эпюры напряжений и деформаций при расчете и малоциклового выносливости нормальных сечений деревожелезобетонных изгибаемых элементов с учетом податливости связей сдвига: а) расчетная схема усилий и эпюра напряжений; б) эпюра деформаций; в) поперечное сечение



Тогда относительные деформации в характерных уровнях высоты сечения (рис. 1):

$$e_b^B = e_{b0}(x) + e_{b,\partial on}^B; e_b^H = e_{b0}(x) - e_{b,\partial on}^H; \\ e_\partial^B = e_{\partial 0}(x) + e_{\partial,\partial on}^B; e_\partial^H = e_{\partial 0}(x) + e_{\partial,\partial on}^H. \quad (11)$$

После трансформирования графика распределения относительных деформаций по высоте сечения [2] и гипотезы плоских сечений в пределах каждого слоя (рис. 1), и диаграмм деформирования материалов « $S_b - e_b$ », « $S_s - e_s$ », « $S_d - e_\partial$ » по деформациям определяется напряжение в бетоне и арматуре железобетонной полки и в деревянной балке. По напряжениям в бетоне S_b , в арматуре S_s и напряжениям в древесине S_d определяются внутренние усилия в сечении для любого рассматриваемого цикла:

$$N_x = \int_0^{h_n} S_b [e_{bT}(x)] b'_n \cdot dx + S'_s (e'_{sT}) A'_s + S_s (e_{sT}) A_s + \\ + S'_\partial [e'_{\partial T}(x)] A'_{\partial,rep} - S_\partial [e_{\partial T}(x)] A_{\partial,rep} = 0; \quad (12)$$

$$M_z = \int_0^{h_n} S_b [e_{bT}(x)] b'_n Z_1 dx + S'_s (e'_{sT}) A'_s Z_2 + S_s (e_{sT}) A_s Z_3 + \\ + S'_\partial [e'_{\partial T}(x)] A'_{\partial,rep} Z_4 + S_\partial [e_{\partial T}(x)] A_{\partial,rep} Z_5, \quad (13)$$

где $S_b(e_{bT}), S'_b(e'_{bT}), S_s(e_{sT}), S'_s(e'_{sT}), S_\partial(e_{\partial T}), S'_\partial(e'_{\partial T})$ – зависимости «напряжения-деформации» бетона, стали и древесины;

$e_{bT}(x), e_{sT}, e'_{sT}, e_{\partial T}(x), e'_{\partial T}(x)$ – деформации материалов по высоте сечения.

Вычисление внутренних усилий (12), (13) выполняется методом последовательного приближения, при условии: $|\Delta N_x| \leq d$, где d – заданная точность вычислений.

Выносливость нормальных сечений на всех стадиях нагружения [4] оценивается исходя из условия:

$$M_{max} + \Delta M_b + \Delta M_d \leq M_z, \quad (14)$$

где M_{max} – изгибающий момент от максимальной нагрузки цикла,

ΔM_b – дополнительный изгибающий момент вследствие возникновения и развития остаточных деформаций в бетоне полки (рис. 2),

$$\Delta M_b = [S_b^{\partial on}(t) + S'_b{}^{\partial on}(t)] \cdot 0.5 \cdot b'_n \cdot h_n \cdot Z_1 + S'_s \cdot A'_s \cdot Z_2; \quad (15)$$

ΔM_d – дополнительный изгибающий момент вследствие возникновения и развития остаточных деформаций [3] в деревянной части балки (рис.2.),

$$\Delta M_d = S_d^{\partial on}(t) \cdot y_0 \cdot 0.5 \cdot b_d \cdot Z_4 + \\ + S'_d{}^{\partial on}(t) \cdot (h_d - y_0) \cdot 0.5 \cdot b_d \cdot Z_3. \quad (16)$$

Текущие значения коэффициентов асимметрии цикла напряжений в бетоне сжатой зоны Γ_{bt} и

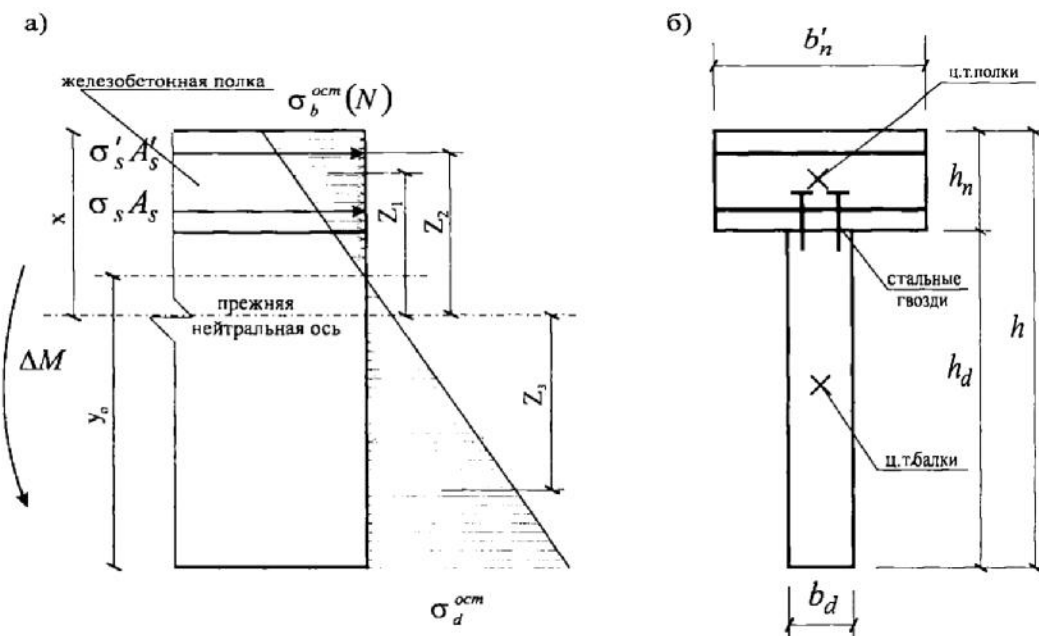


Рис. 2. Расчетная схема усилий, эпюры напряжений при расчете дополнительных моментов



древесине балки r_{dt} в рассматриваемый момент времени t представляются в виде:

$$r_{bt} = \frac{M_{\max} \cdot r_M + \Delta M_b}{M_{\max} + \Delta M_b}; \quad (17)$$

$$r_{dt} = \frac{M_{\max} \cdot r_M + \Delta M_d}{M_{\max} + \Delta M_d}, \quad (18)$$

где $r_M = \frac{M_{\min}}{M_{\max}}$.

Уравнения (12), (13), (14) справедливы для всех стадий напряженно-деформированного состояния элемента, включая стадию усталостного разрушения. Выносливость нормального сечения считается обеспеченной при удовлетворении условия (14).

Литература

1. Абдрахманов И.С. Прочность нормальных сечений деревожелезобетонных изгибаемых элементов. Дис. ... канд.техн.наук. – Казань, 2000. – 198 с.
2. Карпенко Н.И., Мухамедиев Т.А., Петров А.Н. Исходные и трансформированные диаграммы деформирования бетона и арматуры. // Напряженно-деформированное состояние бетонных и железобетонных конструкций. – М.: НИИЖБ, 1986. – С. 7-25.
3. СНиП II-25-80. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования. Деревянные конструкции. – М.: Стройиздат, 1983. – 31 с.
4. Сафин Д.Р. Малоцикловая выносливость нормальных сечений деревожелезобетонных изгибаемых элементов. Дис. ... канд. техн. наук. 05.23.01. – Казань, 2004. – 207 с.