

НЕКОТОРЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ К УЧЕТУ ПОДАТЛИВОСТИ СОСТАВНЫХ МЕТАЛЛОДЕРЕВЯННЫХ БАЛОК НА УПРУГО-ПОДАТЛИВЫХ СВЯЗЯХ.

В.В.Стойнов, С.В.Дзюба (Одесса. ОГАСА)

Составные металлодеревянные балки на упругоподатливых связях (УПС) позволяют в значительной степени увеличить несущую способность по сравнению с составными деревянными. Однако, в оценке прочности и жесткости таких балок возникает ряд проблем. Например, нельзя расчет их вести как комбинированных армированных клеешоватых ввиду податливости стыков. С другой стороны нет регламента учета степени податливости и жесткости, как это имеет место для деревянных составных балок [1]. В связи с этим, рассмотрим известные оценки работы деревянных составных балок на УПС, несущей способности нагельных соединений, чтобы наметить некоторые подходы к расчету металлодеревянных составных элементов.

В настоящее время общепринято в теории составных деревянных балок на УПС опираться на фундаментальную работу В.М.Коченова[2]. Здесь на первом этапе деформирования, вследствие нулевой жесткости связей возможно разделение внешней нагрузки на компоненты, воспринимаемые составляющими элементами сначала при раздельном, а затем при совместном деформировании.

Упрощенность такого подхода не позволяет учесть многие факторы, имеющие практическое значение - граничные условия, вид нагружения и др.

Вместе с тем, в [2] есть весьма продуктивное предложение - считать характеристикой деформативности соединения величину δ_c/T_c , где δ_c - деформация связей в предельном состоянии соответствующая их расчетной несущей способности T_c .

В работе [3], рассмотрен расчет составных балок на дискретных связях сдвига и рекомендуется уравнение для балки из двух брусьев:

$$y^{VI} - \lambda^2 y^{IV} = q / (\sum EI) + \lambda^2 M^0 / (EI_m) \quad (I)$$

К сожалению, такое решение достаточно трудоемко для решения и главное нет никаких предпосылок для учета физики явления учета сложного напряженного состояния в районе нагельного гнезда.

в т.ч. смятия древесины и изгиба нагеля.

Значительный шаг в уточнении работы составных деревянных конструкций на УДС сделан Ю.В.Лискуновым [4]. Рассмотренные здесь составные элементы с деформативными и податливыми связями сдвига учитывают в определенной степени работу нагеля и смятие древесины, а также различие составляющих элементов по жесткости. Несомненным достоинством явились рекомендации по расчету балок в форме проверки конструктивных параметров и по определению количества связей сдвига. Использовать полученные в [4] результаты для расчета составных металлодеревянных балок можно при условии учета специфики деформирования в таких балках нагелей.

Обратимся к работе нагеля и напряженному состоянию древесины в районе нагельного гнезда. Оценку несущей способности нагельного соединения обычно производят исходя из несущей способности нагеля на изгиб, а также смятия, скалывания и раскалывания древесины. Для этой цели используется расчетная схема нагеля как балки на упругом или упруго-пластическом основании. При этом, условность расчетной схемы не учитывает разрывность основания, загруженность нагеля от смятия древесины, неравномерность эпюры давления смятия по длине нагеля и др., что несомненно сказывается на результатах по установлению величины несущей способности.

В процессе давления нагеля на древесину вдоль волокон в районе нагельного гнезда происходит потеря устойчивости отдельных волокон с последующим их смятием под определенным углом (рис. I).

Далее начинается изгиб нагеля усиливающий смятие древесины до момента, когда сила трения между составными элементами окажется недостаточной для восприятия значительных усилий и возникают сдвиги. При этом процесс деформирования замедляется до установления устойчивого равновесия между несущей способностью по смятию древесины и изгиба нагеля. В работе [5], [6] приведена практически одна и также схема деформирования нагеля и древесины вблизи него (рис. I).

Предельный угол деформирования нагеля β , когда имеет место глубокое смятие в центральной части и обширное по пласту наружных элементов, определен в $10 - 17^\circ$. Именно, при такой

величине угла β происходит раскалывание древесины. когда изогнутый нагель воздействует на древесину как клин (см. рис. I).

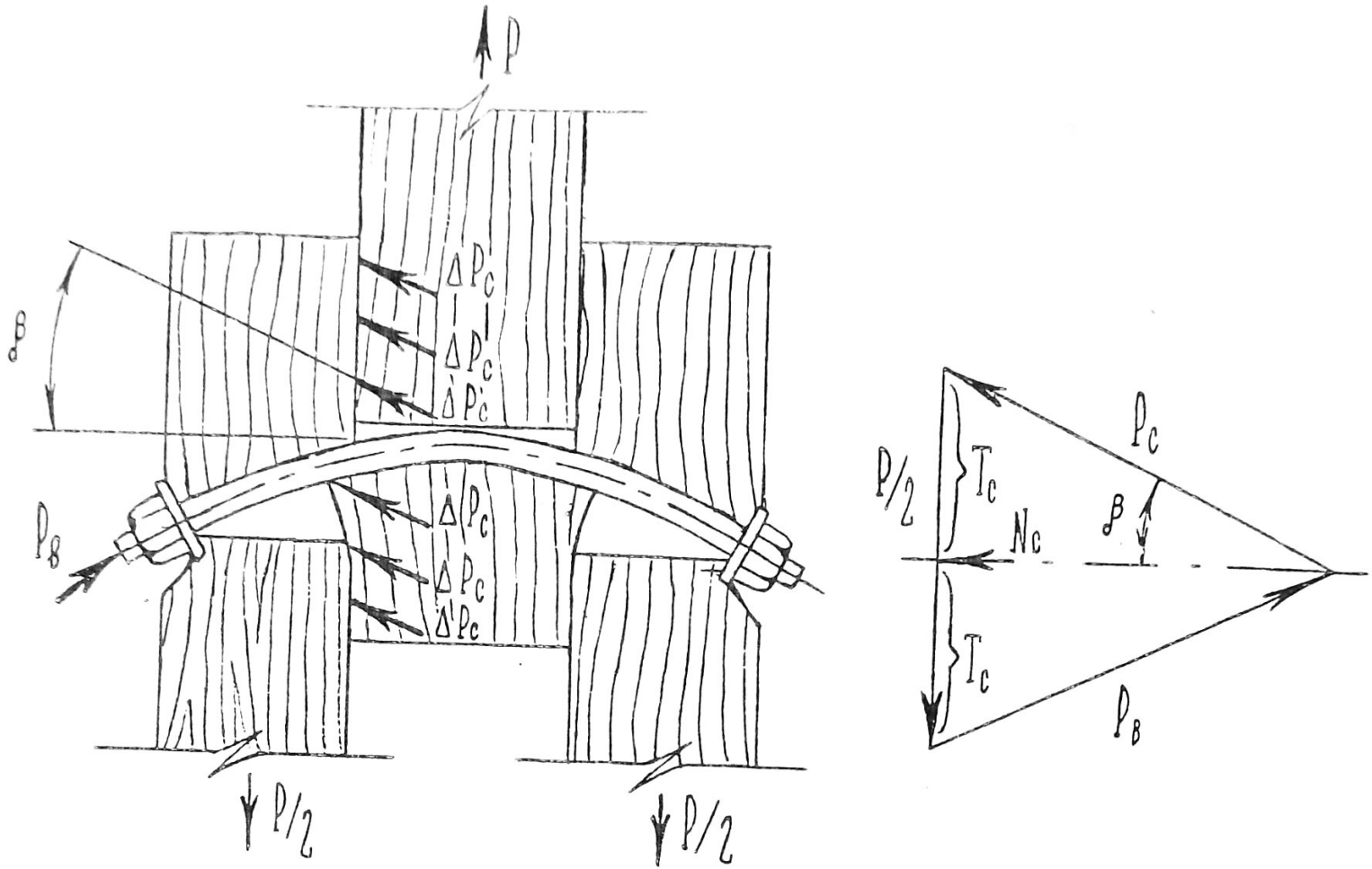


Рис. I. Напряженное состояние в районе нагельного гнезда.

Однако, в составных балочных элементах, где нормируется возможная величина прогиба, а значит и угол поворота, фактически ограничивается величина β в пределах $2-3^\circ$. Кроме того, существующие ограничения по глубине деформации смятия в нагельных соединениях ($\delta_{см} = 2 \text{ мм}$) существенно ограничивается угол β . В случае изгиба нагеля в составе металлодеревянной балки изгиб нагеля будет увеличиваться по мере удаления от металлической составляющей. Таким образом, в схеме расчета предложенной Ю.В. Пискуновым [4] необходимо учесть разницу в величине сдвига по швам соединяемых элементов.

Введем уточнение в расчетную схему нагеля с тем, чтобы установить различие в несущей способности нагеля в составе металлодеревянной балки по сравнению с составной деревянной. Нагель представляем в виде стержня на упругом основании нагруженном

на $1/3$ его длины (в центральной части) равномерно-распределенной нагрузкой.

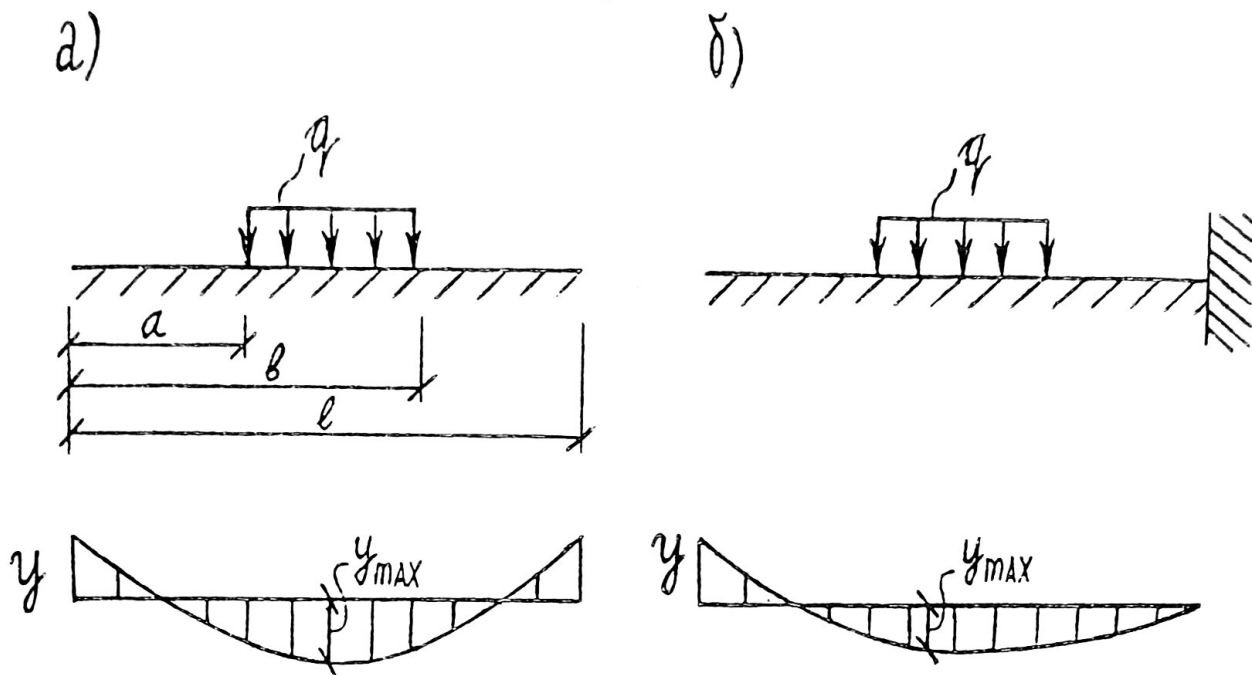


Рис. 2. Расчетные схемы нагеля.

а- свободно лежащий стержень на упругом основании;

б- стержень на упругом основании с защемлением одного конца.

На рис.2а показана расчетная схема нагеля в составе деревянной составной балки, а на рис.2б расчетная схема нагеля в составе металлодеревянной балки.

Уравнение упругой линии запишем в виде [7]:

$$y = y_0 A_x + \frac{1}{k} \theta_0 B_x + \frac{4k^2}{L} M_0 C_x + \frac{4k}{L} \theta_0 D_x + f(X) \quad (2)$$

где

$$A_x = \operatorname{ch} kx \cos kx \quad ,$$

$$B_x = \frac{1}{2} (\operatorname{ch} kx \sin kx + \operatorname{sh} kx \cos kx) \quad ,$$

$$C_x = \frac{1}{2} \operatorname{sh} kx \sin kx \quad ,$$

$$D_x = \frac{1}{4} (\operatorname{ch} kx \sin kx - \operatorname{sh} kx \cos kx) \quad ,$$

$$L = L_0 b \quad ,$$

$f(X)$ - влияние нагрузок, расположенных в пролете балки.

Для свободного лежащего стержня величина нагельных параметров:

$$\gamma_0 = \frac{q}{L} \frac{D_e (B_e - a - D_e - b) - (C_e - a - C_e - b) C_e}{C_e^2 - D_e B_e} \quad (3)$$

$$\theta_0 = \frac{qL}{L} \frac{C_e (B_e - a - D_e - b) - (C_e - a - C_e - b) B_e}{D_e B_e - C_e^2} \quad (4)$$

Для стержня с заделанным концом:

$$\gamma_0 = - \frac{q B_e (D_e - a - D_e - b) + A_e (A_e - a - A_e - b)}{A_e^2 + 4 B_e D_e} \quad (5)$$

$$\theta_0 = \frac{4k}{L} q \frac{A_e (D_e - a - D_e - b) - D_e (A_e - a - A_e - b)}{A_e^2 + 4 B_e D_e} \quad (6)$$

Анализ перемещений в рассматриваемых стержнях (3-6) показывает, что стержень с заделанным концом испытывает максимальное перемещение несколько раз меньше. Однако, очевидно и то, что по мере удаления от металлической составляющей податливость нагеля возрастет. Кроме того, степень податливости будет зависеть от вида крепления нагеля к металлической составляющей, а также от величины гибкости самого нагеля.

В экспериментах по установлению несущей способности составных металлодеревянных балок, проводимых на кафедре металлических и деревянных конструкций СГАСА, получены предварительные результаты подтверждают выбранные расчетные схемы нагеля и намеченные подходы к учету податливости металлодеревянных балок.

Литература.

1. СНиП П-25-80 Деревянные конструкции. Нормы проектирования.
2. Коченов В.М. Несущая способность элементов и соединений деревянных конструкций. М., 1953.
3. Ржаницын А.Р. Составные стержни и пластина. М., Стройиздат, 1986.
4. Ковальчук Л.М., Турковский С.Б., Пискунов Ю.М. Деревянные конструкции в строительстве. М., Стройиздат, 1995.
5. Современные инженерные деревянные конструкции (FREITRAGE HOLZBAUTEN) М., 1932.
6. MÖNSK W : HOLZBAU , BERLIN , 1974.
7. Рудицын М.Н., Астемов П.Я., Справочное пособие по сопротивлению материалов. Минск, 1970.