

УСТОЙЧИВОСТЬ СОСТАВНЫХ ДЕРЕВОКОМПОЗИТНЫХ ПАНЕЛЕЙ С ПЕРЕМЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ

Гольдин А.А. – магистрант

Русланова А. В. - аспирант

Научный руководитель - Лабудин Б.В. - доктор техн. наук, профессор.

Научный консультант - Попов Е. В. - кандидат техн. наук.

**8-12
АПРЕЛЯ**



Модульное и каркасное домостроение



**ВСЕРОССИЙСКИЙ
ЖИЛИЩНЫЙ
КОНГРЕСС**

**8-12
АПРЕЛЯ**

SOCHI

Преимущества каркасных и модульных домов

- относительно небольшие сроки возведения;
- высокое качество работ ;
- контролируемые затраты на возведение;
- меньшая по сравнению с традиционным строительством себестоимость;
- экологичность технологии;
- доступность материальной базы;
- легкость конструкций;
- для модульных домов - полная комплектная сборка модуля на заводе, включающая в себя чистовую отделку, разводку всех инженерных коммуникаций, установка встроенной мебели



Цель: исследование увеличения несущей способности стоек за счет вовлечения в работу обшивок

Цели и задачи:

1. Разработать математическую модель для определения критической силы и расчета прочности стоек, работающих совместно с обшивками из листовых материалов на основе древесины, крепление к ребрам которых осуществляется с применением податливых механических соединений;
Исследование применения механических податливых связей и анализ результатов исследования
2. Сопоставить полученные результаты, оценить степень влияния различных факторов на повышение устойчивости.

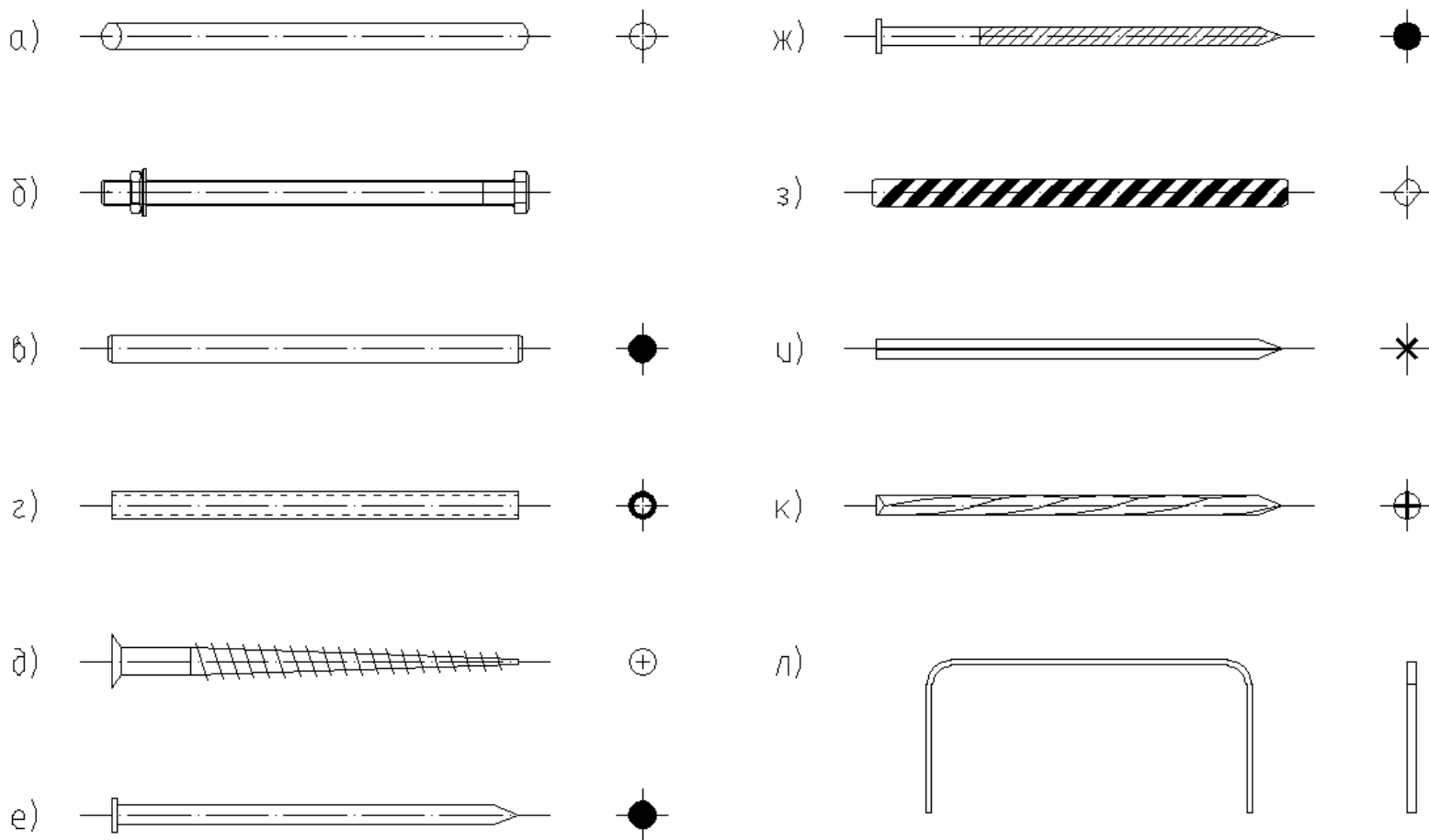


Недостатки клеевых соединений

- Сложность технологического процесса производства
- Невозможно сразу получить необходимую прочность клеевого соединения, т.к. требуется обеспечение требуемого уровня контроля качества клеевого соединения что приводит к значительному увеличению сроков строительства
- Возможно значительное снижение прочности соединения при воздействии различных факторов (отрицательные температуры, химических соединений и т.д.)
- Невозможность применения в условиях строительной площадки (при строительстве каркасных домов)

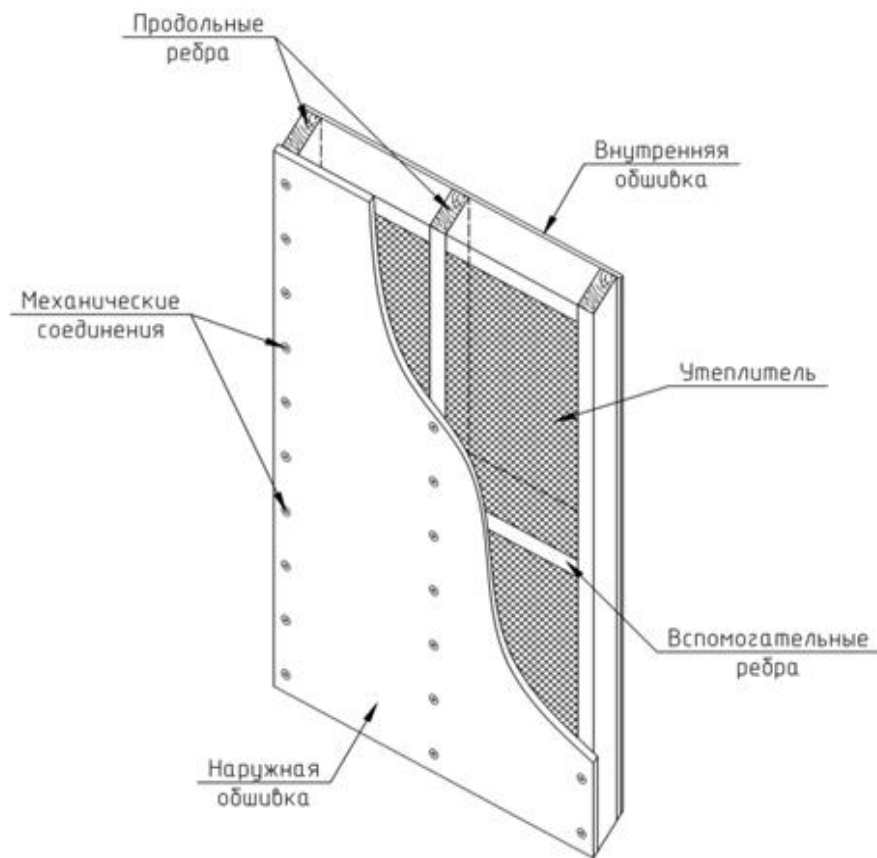


Виды механических связей

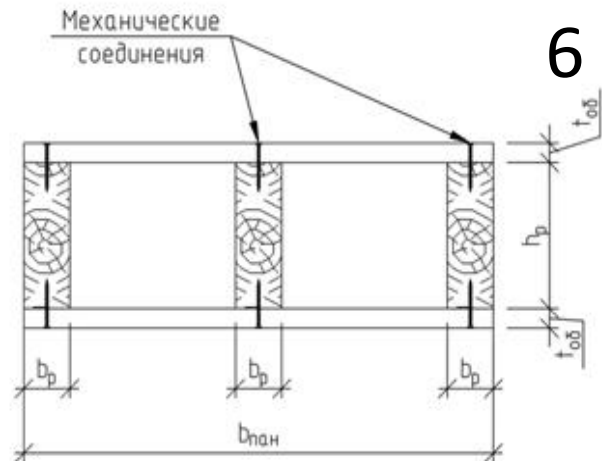


Основные виды нагелей, применяемые в строительных конструкциях:

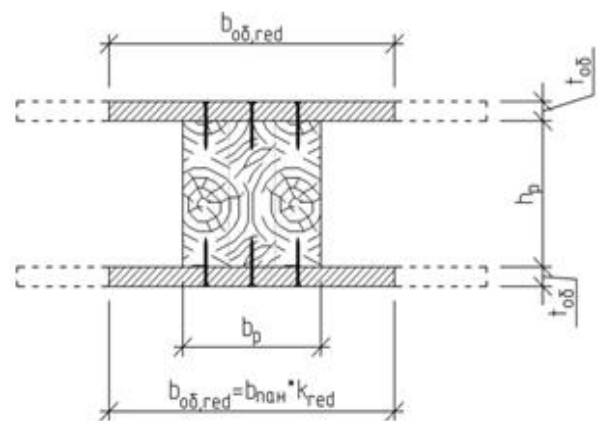
- а – деревянный нагель; б – болт; в – стальной штифт; г – трубчатый штифт; д – винт; е, ж – гвозди; з – нагель для автоматической забивки (США), и – нагель крестообразного сечения для забивки огнестрельным способом (В.Н. Шведов); к – нагель витой крестообразный (Г.А. Столповский); л) - скоба



а)



б)



в)

а – фрагмент несущей стены каркасного дома или объемного модуля;
 б – фактическое расчетное сечение; в – приведенное (расчетное) сечение

8-12
АПРЕЛЯ

SOCHI

Методика расчета (СП 64.13330.2017)

$$\sigma = \frac{N}{A_{\text{расч}} * \varphi} \leq R_c * m$$

где A – расчетная площадь поперечного сечения нетто; φ – коэффициент продольного изгиба, m – произведение коэффициентов, учитывающих условия работы элементов панели, породу древесины, влажность и т.п.; R_c – расчетное сопротивление древесины сжатию.

$$\varphi = \frac{\sigma_{кр}}{R_c},$$



Система дифференциальных уравнений 8

3-х слойного сжатого составного стержня:

$$\begin{cases} T_1''' / \xi_1 = \Delta_{11}T_1 + \Delta_{12}T_2 + \Delta_{1y}y + \Delta_{10} \\ T_2''' / \xi_2 = \Delta_{21}T_1 + \Delta_{22}T_2 + \Delta_{2y}y + \Delta_{20} \\ \Sigma N^0 y'' = \Delta_{y1}T_1 + \Delta_{y2}T_2 + \Delta_{yy}y_2 + \Delta_{y0} \end{cases},$$

Граничные условия при шарнирном опирании концов стойки:
 $x=0 \ T_i=0 \rightarrow y=0$; $x=l \rightarrow T_i=0, y=0$, а функции $T(x)$ и $y(x)$ имеют вид:

$$T_i = \alpha_i \sin \chi x; \quad y = \alpha_y \sin \chi x,$$

Подстановка которых в систему дифф. уравнений дает:

$$\begin{cases} \left(\Delta_{11} + \frac{\chi^2}{\xi_1} \right) \alpha_1 + \Delta_{12} \alpha_2 + \frac{\Sigma N^0}{\Sigma EI} c_1 \alpha_y = 0 \\ \Delta_{21} \alpha_1 + \left(\Delta_{22} + \frac{\chi^2}{\xi_2} \right) \alpha_2 + \frac{\Sigma N^0}{\Sigma EI} c_2 \alpha_y = 0 \\ \frac{\Sigma N^0}{\Sigma EI} c_1 \alpha_1 + \frac{\Sigma N^0}{\Sigma EI} c_2 \alpha_2 + \left[\frac{(\Sigma N^0)^2}{\Sigma EI} + \Sigma N^0 \chi^2 \right] \alpha_y = 0 \end{cases}.$$

Решение этой системы отлично от 0, когда определитель матрицы:

9

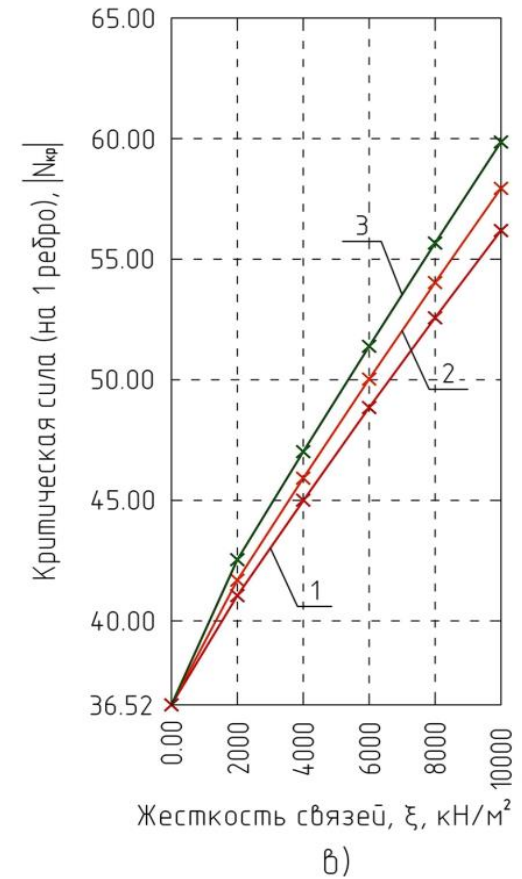
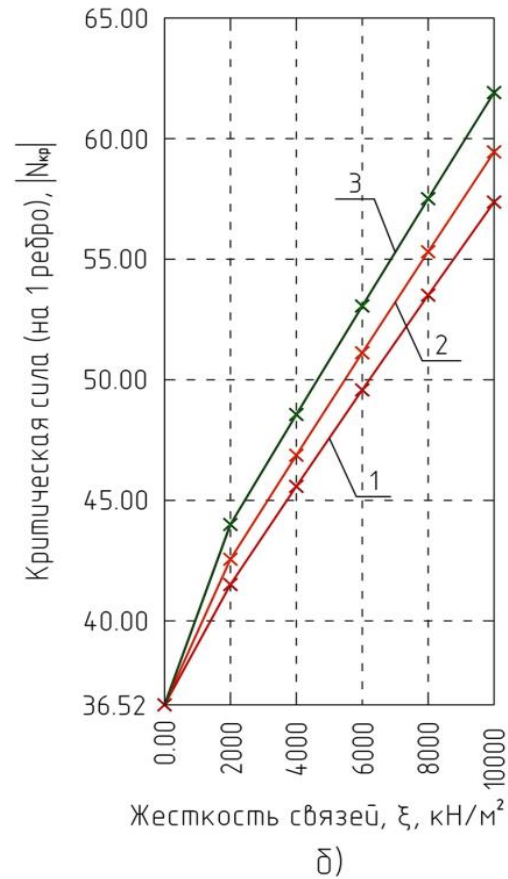
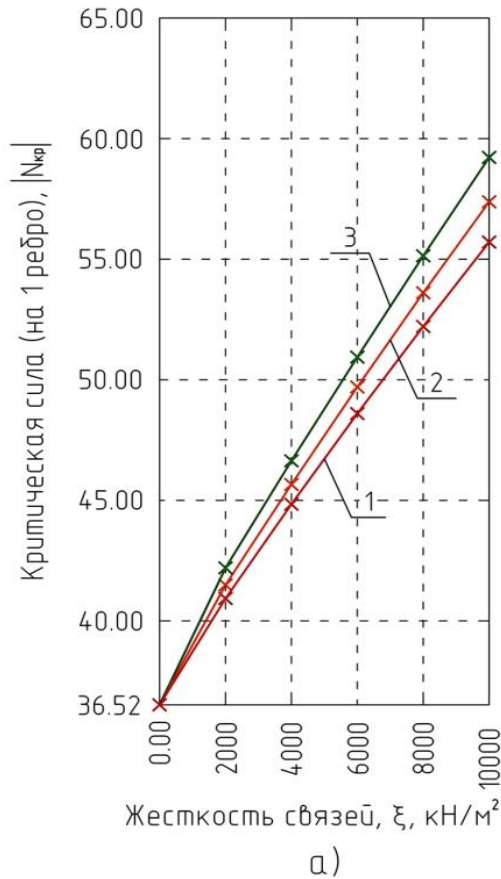
$$\begin{vmatrix} (\Delta_{11} + \chi^2 / \xi_1) & \Delta_{12} & c_1 \\ \Delta_{21} & (\Delta_{22} + \chi^2 / \xi_2) & c_2 \\ c_1 & c_2 & [\Sigma EI + \chi^2 (\Sigma EI)^2 / \Sigma N^0] \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель и выражая неизвестное $N_{кр}$ получаем выражение для определения критической силы:

$$N_{кр} = - \frac{\chi^2 \Sigma EI^2 \cdot (\chi^4 + \chi^2 \xi_1 \Delta_{11} + \chi^2 \xi_2 \Delta_{22} + \xi_1 \xi_2 \Delta_{11} \Delta_{22} - \xi_1 \xi_2 \Delta_{12}^2)}{\left(\chi^2 (\chi^2 \Sigma EI - c_1^2 \xi_1 - c_2^2 \xi_2 + \xi_1 \Delta_{11} \Sigma EI + \xi_2 \Delta_{22} \Sigma EI) - \right. \\ \left. - \xi_1 \xi_2 \cdot (c_2^2 \Delta_{11} + c_1^2 \Delta_{22} - 2c_1 c_2 \Delta_{12} - \Delta_{11} \Delta_{22} \Sigma EI + \Delta_{12}^2 \Sigma EI) \right)}.$$

k -целое число, учитывающее количество полуволн изгиба стойки при потере устойчивости (принимается $n=1$ как соответствующее минимальному $N_{кр}$); l -расчетная высота панели (расстояние между точками закрепления); ΣEI – изгибная жесткость стержня с нулевой жесткостью шов сдвига, ξ_i – коэффициенты жесткости швов (kH/m^2), Δ_{ij} , Δ_{iy} – коэффициенты при неизвестных и свободные члены дифференциальных уравнений, описывающих распределение касательных усилий в швах; $c_{c,i}$ – расстояния между ц.т. элементов составного сечения; $\chi = k\pi/l$.

Результаты



Зависимости $|N_{кр}|$ для одного ребра от жесткости связей, крепящих обшивку к ребрам: а – обшивки из OSB; б – ФК; в – ЦСП; 1 – $t_{об}=12$ мм; 2 – $t_{об}=15$ мм; 3 – $t_{об}=18$ мм

Выводы

- 1) Нами предложена методика, позволяющая уточнить напряженно-деформированное состояние стеновых панелей на деревянном каркасе и определить значение критической силы с учетом вовлеченных в работу обшивок, соединенных с ребрами податливыми механическими связями.
- 2) Учет двухсторонних обшивок в работе ребер позволяет значительно увеличить значение критической силы $|N_{кр}|$. Наибольшее увеличение критической силы $|N_{кр}|$ наблюдается при повышении жесткости механических связей сдвига, крепящих обшивку к ребрам. Увеличение толщины обшивки, а так же применяемый материал (OSB, ФК или ЦСП) дает весьма незначительный эффект.
- 3) Для повышения прочности и устойчивости стеновых древокомпозитных панелей следует, в первую очередь, увеличивать жесткость податливость механических соединений на границе «ребро-обшивка», что может быть достигнуто как применением более сдвигоустойчивых связей, так и уменьшением шага их расстановки.



**ВСЕРОССИЙСКИЙ
ЖИЛИЩНЫЙ
КОНГРЕСС**

**8-12
АПРЕЛЯ**

SOCHI

Спасибо за внимание!

