

Н. В. САВИЦКИЙ, О. Г. ЗИНКЕВИЧ (ПГАСА, Днепропетровск),
А. Н. ЗИНКЕВИЧ (ДИИТ)

ВЛИЯНИЕ ЖЕСТКОСТИ ОБШИВКИ НА РАСЧЕТНУЮ ДЛИНУ СЖАТОЙ СТОЙКИ КАРКАСА ИЗ ЛСТК МЕЖДУ УЗЛАМИ ЗАКРЕПЛЕНИЯ

Розглянуто вплив жорсткості обшивки каркасу з легких сталевих конструкцій на розрахункову довжину елементів між вузлами закріплення при розрахунку стійкості в площині меншої жорсткості.

Рассмотрено влияние жесткости обшивки каркаса из легких стальных конструкций на расчетную длину элементов между узлами закрепления при расчете на устойчивость в плоскости меньшей жесткости.

The sheathing stiffness of lightweight cold-formed steel framing influence for stud elements buckling checked in the weak-axis between fasteners is considered.

Введение

В настоящее время для возведения малоэтажных зданий и надстройки существующих зданий при их реконструкции все большее применение находят каркасные технологии, в частности каркасы, выполненные из тонкостенных стальных профилей. Преимущество такой технологии – малый собственный вес конструкций и высокие темпы монтажа.

Расчет сжатых элементов каркасов из легких стальных конструкций (ЛСТК) на устойчивость может производиться без учета раскрепления обшивкой и с учетом работы листов обшивки, обеспечивающих поддержку стойки в узлах соединения при потере устойчивости в плоскости меньшей жесткости. Учет участия обшивки в работе стойки приводит к усложнению расчета, но в то же время, позволяет более рационально использовать сечения элементов.

Постановка проблемы

В [1] учет жесткости листов обшивки производится при расчете на общую устойчивость сжатой стойки стены в плоскости меньшей жесткости совместно с вовлеченной полосой листа обшивки (рис. 1). В то же время, жесткость обшивки не учитывается при расчете на устойчивость стойки в плоскости меньшей жесткости между узлами крепления к листам обшивки. Расчетная длина элемента принимается равной двум расстояниям между узлами крепления, учитывая возможность отказа одного промежуточного крепления.

Поскольку некоторые материалы, применяемые в качестве обшивок для каркасов из ЛСТК, имеют относительно малую жесткость,

необходимо рассмотреть влияние узлов закрепления стойки как упругих опор с определенной жесткостью на расчетную длину элементов.

Цель работы

Цель данной работы заключалась в оценке влияния податливости узлов крепления сжатых стоек каркаса к листам обшивки на расчетную длину элементов между узлами закрепления при расчете на устойчивость в плоскости меньшей жесткости. На первом этапе выполнялась оценка податливости связей – жесткости упругих опор, далее определялись коэффициенты расчетной длины.

В данной работе рассмотрена стойка каркаса из холодногнутого профиля [2], обшитого листами гипсокартона (ГКЛ) или ориентированной стружечной плитой (ОСП). Шаг узлов крепления принят 300 мм, шаг стоек 600 мм. Как и в [1] учтен отказ одного промежуточного крепления – рассматривается фрагмент стойки длиной 600 мм (рис. 1).

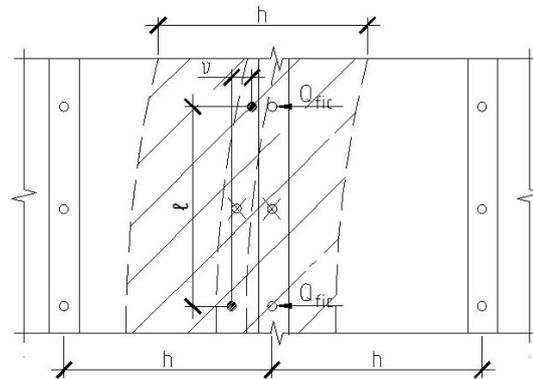


Рис. 1. Рассматриваемый фрагмент стойки каркаса

Оценка податливости связей

Расчетная оценка жесткости упругой опоры производилась по величине относительного смещения v фрагмента листа обшивки между рассматриваемыми узлами крепления при воздействии условной поперечной силы (рис. 1). Высота фрагмента листа, включаемого в работу элемента каркаса, принимается равной шагу фахверковых элементов [1].

Смещение v , вызываемое касательными напряжениями, для включенного участка обшивки определяется как для пластины согласно [3]:

$$\frac{v}{\ell} = \frac{\chi Q}{GA}, \quad (1)$$

где v – относительное перемещение между рассматриваемыми сечениями под действием касательных напряжений, расположенными на расстоянии ℓ ; χ – коэффициент распределения сдвига, для прямоугольного сечения принимается $\chi = 1,2$; Q – значение поперечной силы; G – сдвиговая жесткость материала; A – площадь сечения, воспринимающего касательные напряжения.

Из (1) жесткость упругой опоры для сжатого стержня, соединенного с листами обшивки, можно выразить, приравняв величину смещения между соседними упругими опорами к единичной $v = 1$ (мм, см).

Отсюда, находится жесткость упругой опоры (кН/см):

$$v = \frac{Q}{v} = \frac{GA}{\chi \ell}, \quad (2)$$

где v – единичное линейное перемещение упругой опоры.

Приведенная расчетная оценка жесткости упругой опоры не учитывает влияния на податливость узла местных деформаций полки профиля стойки, соединительного элемента (винта) и местного смятия материала обшивки. Для сопоставления в табл. 1 приведены результаты экспериментального определения жесткости упругих опор [4].

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных оценки жесткости упругих опор (узлов соединения стойки с листами обшивки) показывает, что преобладающее влияние на податливость узла имеют местные деформации полки профиля стойки, соединительного элемента (винта) и местное смятие

материала обшивки сравнительно с деформациями сдвига материала листа обшивки.

Таблица 1

Сопоставление расчетных и экспериментальных данных оценки жесткости упругих опор для сжатой стойки

Материал листа обшивки	Толщина листа, мм	Диаметр винта, мм	Жесткость упругой опоры v (k^*), кН/см (для одного листа)	
			расчетная оценка	экспериментальные данные [4]**
гипсокартон	9,5	3,51 (№ 6)	60	1,36...2,66
	12,5	3,51 (№ 6)	80	1,49...4,54
	16	3,51 (№ 6)	106,7	1,7...5,57
	12,5	4,17 (№ 8)	80	1,97...10,03
ОСП	9	4,17 (№ 8)	37,5	4,1...12,69

Примечания: * в [4] жесткость упругой опоры обозначена k .

** диапазон изменения величин жесткости упругой опоры, приведенных в [4].

Исходя из приведенных в табл. 1 данных, расчетная длина элемента между узлами соединения при расчете на устойчивость в плоскости меньшей жесткости должна определяться с учетом значений жесткости упругих опор, определенных экспериментально.

Определение коэффициента расчетной длины

Задача определения коэффициента свободной длины для неразрезного сжатого стержня на упругих опорах рассмотрена в [5]. Расчетная схема стержня приведена на рис. 2.

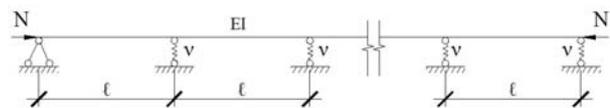


Рис. 2. Расчетная схема сжатого стержня на упругих опорах

Расчетная длина сжатого элемента l_{ef} связана с его геометрической длиной l зависимостью

$$l_{ef} = \mu l, \quad (3)$$

где μ – коэффициент расчетной (свободной) длины элемента.

Значение коэффициента расчетной длины μ устанавливается с учетом коэффициента жесткости m , который для данной задачи определяется

$$m = \frac{v\ell^3}{EI}, \quad (4)$$

где v – усилие, соответствующее единичному линейному перемещению упругой опоры, кН/см; ℓ – расстояние между упругими опорами (узлами крепления); EI – изгибная жесткость элемента.

Зависимость коэффициента расчетной длины μ от коэффициента жесткости m для рассматриваемой расчетной схемы приведена на рис. 3.

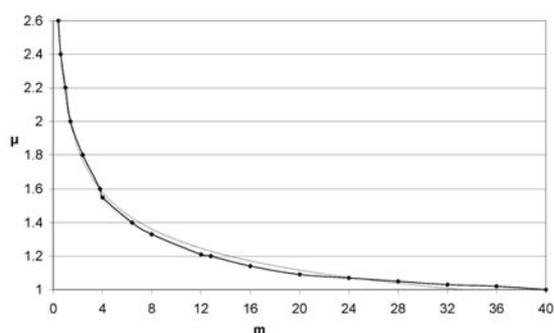


Рис. 3. Зависимость коэффициента расчетной длины μ от коэффициента жесткости m для неразрезного сжатого стержня на упругих опорах [5]

Значение коэффициента жесткости m ограничивается предельным m_0 , и в случае $m \geq m_0$ коэффициент расчетной длины принимается $\mu = 1$.

Результаты определения коэффициента расчетной длины для фрагмента стержня между узлами крепления к листам обшивки при расчете на устойчивость в плоскости меньшей жесткости приведены в табл. 2.

В табл. 2 приведены значения коэффициентов расчетных длин, рассчитанные с учетом минимальных значений жесткостей упругих опор из диапазона экспериментальных данных [4], представленных в табл. 1.

Коэффициенты расчетной длины

Профиль	Коэффициент расчетной длины μ при характеристиках обшивки и диаметре соединяющих винтов				
	ГКЛ 9,5мм Ø3,51мм	ГКЛ 12,5мм Ø3,51мм	ГКЛ 16мм Ø3,51мм	ГКЛ 12,5мм Ø4,17мм	ОСП 9мм Ø4,17мм
КСЦ 90-0.8	1,21	1,187	1,153	1,117	1
КСЦ 90-1.2	1,37	1,342	1,305	1,264	1,08
КСЦ 140-0.8	1,24	1,215	1,181	1,144	1
КСЦ 140-1.2	1,375	1,35	1,31	1,269	1,08

Выводы

1. При расчете сжатых элементов каркасов из ЛСТК на устойчивость между узлами крепления с листами обшивки в плоскости меньшей жесткости необходимо учитывать податливость связей, которая может иметь значительное влияние на расчетную длину элемента.

2. Расчетная длина элемента между узлами соединения с обшивкой должна определяться с учетом значений жесткости упругих опор, определенных экспериментально, учитывающих влияние на податливость узла местных деформаций полки профиля, соединительного элемента (винта), местного смятия материала обшивки и деформаций сдвига материала листа обшивки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Yu, W. W. Cold-form steel design [Текст]. – 3rd ed. / W. W. Yu. – 2000. – 767 p.
2. Испытание металлических профилей фирмы «Bade celik» [Текст] / Н. В. Савицкий и др. // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Вып. № 43. – Д.: ПГАСА, 2007. – С. 449-458.
3. Пёшль, Т. Сопроотивление материалов [Текст] / Т. Пёшль. – М.: ОГИЗ, 1948. – 380 с.
4. Iuorio, O. Compilation of k values [Электрон. ресурс] / O. Iuorio, B. W. Schafer; Johns Hopkins University. – 2008. – Режим доступа: <http://www.ce.jhu.edu/bschafer/sheathedwalls>.
5. Лейтес, С. Д. Справочник по определению свободных длин элементов стальных конструкций [Текст] / С. Д. Лейтес. – М., 1963. – 161 с.

Поступила в редколлегию 19.03.2010.

Принята к печати 30.03.2010.