

этой системы состоит в том, что если дымовые ходы имеют повреждения, дым может выйти наружу, вызывая отравление угарным газом, также разница температур в точках, наиболее приближенных к печи, и точках, удаленных от нее.

Ханок – это дом, в котором есть место дереву ветру и солнцу. Он полностью экологичен и энергоэффективен за счет того, что все задействованные материалы природные.

Современная история сполна отыгралась на традиционной корейской архитектуре, но лишь традиционная корейская архитектура знает, как быть в гармонии с окружающим миром, она расцветает вновь, переосмысливая себя и своё место в новом веке и новой жизни.

Список цитированных источников

1. Ханок – радиционный корейский дом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://library-koresaram.com/shop/product/hanok-tradicionnyj-korejskij-dom>. – Дата доступа: 12.03.22.
2. Портал о Сеуле и Корее в целом. Ханок [Электронный ресурс]. – <https://mojseul.ru/xanok>. – Дата доступа: 10.03.22.
3. Традиционный корейский дом – ХАНОК, Южная Корея, Сеул [Электронный ресурс]. – <http://gustur.ru/tradicionnyj-korejskij-dom-xanok-yuzhnaaya-koreya-seul>. – Дата доступа: 10.03.22.
4. Ондоль – корейская система обогрева пола [Электронный ресурс]. – <http://rexva.ru.ru/informatsionnye-materialy/stati/292/>. – Дата доступа: 10.03.22.
5. Ханок – традиционный корейский дом! [Электронный ресурс]. – <https://bambooclub.livejournal.com/27820.html>. – Дата доступа: 15.03.22.

УДК 624.014.2

Чернявский И. Д.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Зинкевич И. В.

К УСТОЙЧИВОСТИ ФОРМЫ СЕЧЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ СТЕРЖНЕЙ ИЗ ХОЛОДНОГНУТЫХ ПРОФИЛЕЙ ТИПА «СИГМА»

Широкое применение ЛСТК находят во всем мире. Проблеме устойчивости тонкостенных холодногнутых конструкций посвящено множество работ, исследований, публикаций.

Выделяют три основные формы потери устойчивости: местная (local buckling), устойчивость формы поперечного сечения (distortional buckling) и общая (global buckling): изгибная (flexural) и/или крутильная (torsional).

В настоящее время все методы расчета тонкостенных конструкций, как правило, делятся на две основные группы: аналитические и численные.

Отметим, что классификация сечений, принятая в ТКП EN 1993-1-1 и ТКП EN 1993-1-4 для рассматриваемых профилей, непригодна. Так как и в первом (т. 5. 2) так и во втором (тоже т. 5. 2) документах классы сечений определены из условий местной потери устойчивости полкой или стенкой, не имеющими дополнительных элементов жесткости (отгибы, двойные отгибы (краевые элементы жесткости) и внутренние элементы жесткости (выпуклости, канавки).

Для ЛСТК нет понятия класса сечения, а возможная потеря местной устойчивости учитывается исключением из работы части полки и (или) стенки, а возможная потеря устойчивости элементом жесткости называется потерей

устойчивости формы сечения (дисторсионная форма потери устойчивости) и учитывается уменьшением толщины элемента жесткости и прилегающей к нему полки (стенки). И всё это в случае необходимости учитывается в приведенном сечении. Если потери местной устойчивости и устойчивости формы сечения в упругой стадии работы не происходит, то приведенное сечение считается равным исходному.

Для иллюстрации форм потери устойчивости приведем известный рисунок из ТКП EN 1993-1-3 [1].

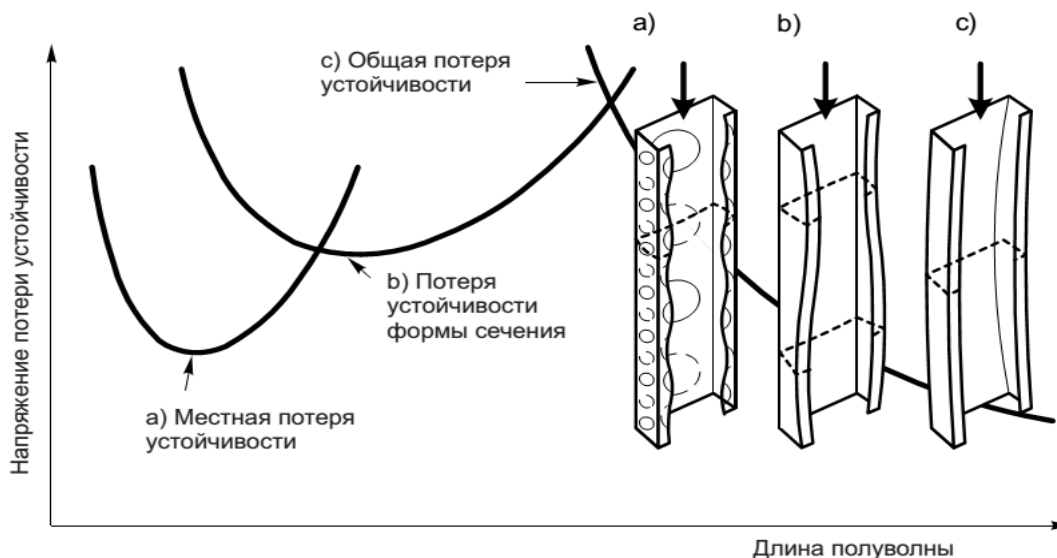
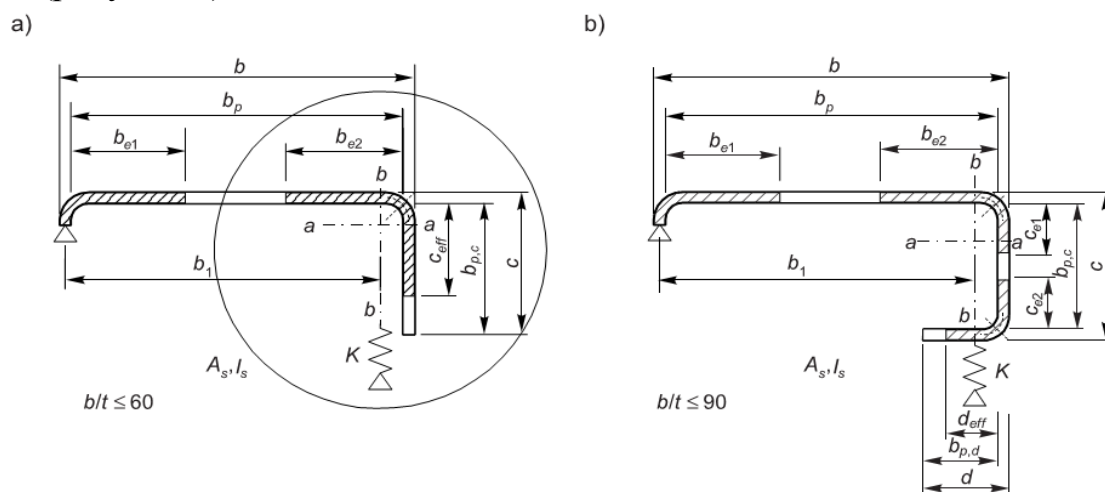


Рисунок 1 – Примеры различных форм потери устойчивости

Для учета потери местной устойчивости используется, как и для обычных профилей, метод «эффективной ширины», который описан в ТКП EN 1991-1-5 [2] с учетом элементов жесткости.

Учет дисторсионной формы потери устойчивости производится уже с приведенным сечением. Определяют коэффициент снижения сопротивления при потере устойчивости формы сечения (изгибная форма потери устойчивости краевого элемента жесткости), используя начальное эффективное сечение элемента жесткости и предполагая наличие непрерывной упруго-податливой опоры (рисунок 5).



a – одиночный отгиб, б – двойной

Рисунок 2 – К учету дисторсионной формы потери устойчивости

При изгибе ригеля с сечением типа «Сигма» для определения характеристик сечения с учетом потери устойчивости формы (дисторсионной) для определения жесткости условной пружины рекомендуется следующая схема, которая часто используется в литературных источниках [3, 4] (рисунок 3). Отметим, что формулы для определения жесткости пружины нормы не дают.

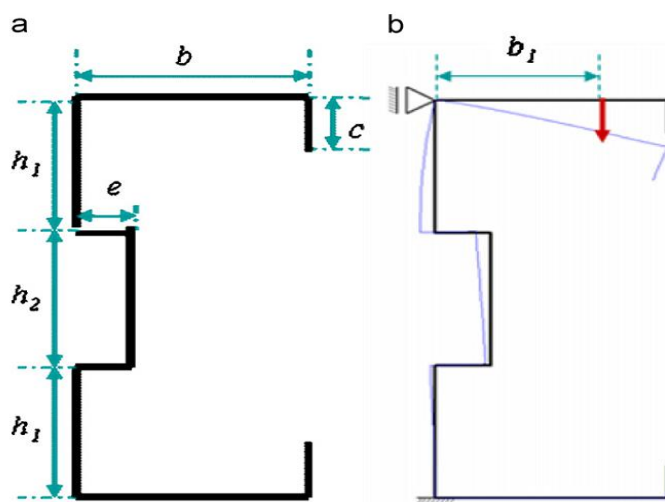


Рисунок 3 – К учету дисторсионной формы потери устойчивости для профилей типа «сигма»

Нами предлагается использовать для определения жесткости МКЭ.

Рассматриваем контур профиля глубиной 1 мм.

Сила 1 Н приложена к полке в точке проекции центра тяжести половины полки и элемента жесткости.

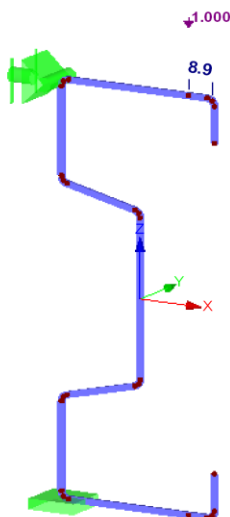


Рисунок 4 – К определению жесткости «пружины» для профиля типа «сигма»

Для проверки нами были испытаны 2 образца из СИГМА-профиля длиной 350 мм и 700 мм. Испытания проводились с помощью пресса гидравлического П-250.

а)



б)



Рисунок 5 – Испытания короткого (а) и длинного (б) образцов

При испытании образца длиной 700 мм наблюдалась потеря устойчивости формы сечения.

Механические характеристики стали профилей определялись в испытаниях вырезанных образцов на растяжение (рисунок 4), результаты приведены в таблице 1.

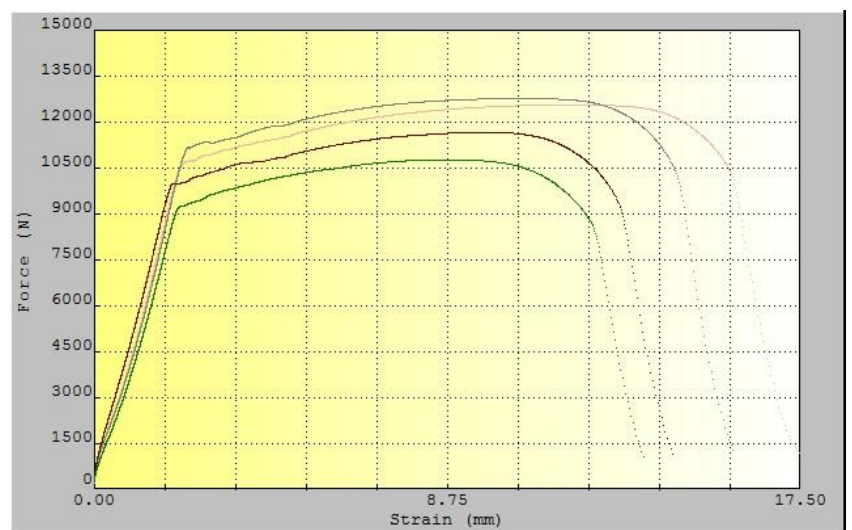


Рисунок 6 – Испытания стали образцов

Таблица 1 – Результаты испытаний стали профилей

	Разр. Нагрузка, Н.	Предел прочности, МПа.	Предел текучести, МПа.	Предел прочности по (3.1)
Образец 1	10751.64	441.47	374.8	665
Образец 2	11647.82	438.13	372.3	602
Образец 3	12749.57	467.67	396.9	668
Образец 4	12542.91	462.34	392.7	633

Теоретические предельные нагрузки определялись по разработанной методике и проверялись в программе Dlubal Shape thin. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний образцов

	Предельная нагрузка экспериментальная, (кН)	Предельная нагрузка теоретическая при пределе текучести 350МПа, (кН)	Предельная нагрузка теоретическая при пределе текучести 374МПа, (кН)	К-т снижения предельной нагрузки Эксп/теор
Об. 350 мм	365	353	358	1/1
Об. 700 мм	320	312	334	0.88/0.884

Выводы

1. Для профилей типа «сигма» потеря устойчивости формы сечения оказывает существенное влияние на несущую способность элементов в целом.

2. Сталь ригелей типа «сигма» имеет значение предела текучести не менее $f_y = 372$ МПа и предела прочности (временное сопротивление) $f_u = 438$ МПа, что превышает значения принятой в проекте стали S350GD+Z по EN 10346, равные соответственно $f_y = 350$ МПа и $f_u = 420$ МПа.

3. При испытаниях коротких стоек разной длины подтверждается зависимость формы потери устойчивости от длины элемента.

4. Сравнение результатов эксперимента с теоретическими результатами дает достаточно хорошее совпадение.

Список использованных источников

1. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов: ТКП EN 1993-1-3-2009. Еврокод 3. – Минск : МАиС РБ, 2010. – 114 с.

2. Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1–5. Пластинчатые элементы конструкций: ТКП EN 1993-1-5-2009. – Минск : МАиС РБ, 2014. – 51 с.

3. L.-y. Li. An analytical model for analysing distortional buckling of cold-formed steel sections / L.-y. Li, J.-k. Chen // Thin-Walled Structures. – 2008. – 46. – 1430–1436.

4. Distortional buckling of cold-formed steel columns. Research report RP00-1. – August 2000. Revision 2006. – American Iron and Steel Institute.

УДК 69.059

Дробыш А. И.

Научный руководитель: к. т. н., доцент Шевчук В. Л.

ПОВРЕЖДЕНИЯ КАМЕННОЙ КЛАДКИ МОНАСТЫРЯ БЕРНАРДИНОК В ГОРОДЕ БРЕСТЕ

На территории современной Брестской крепости недалеко от Рождество-Богородицкого женского монастыря сохранились руины Бернардинского монастыря.