

## РАСЧЕТ ОГРАЖДАЮЩЕЙ СТЕНОВОЙ ПАНЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАРКАСА ИЗ ГНУТЫХ ОЦИНКОВАННЫХ ПРОФИЛЕЙ

*А. А. Несин, м. н. с., Н. В. Савицкий, д. т. н., проф.*

**Ключевые слова:** гнутые оцинкованные профили, стеновые панели, ограждающие конструкции

**Введение.** Критическая ситуация в топливно-энергетической отрасли Украины предполагает поиск новых путей экономического роста и качества жизни при одновременном уменьшении использовании энергоресурсов.

**Актуальность.** Значительное удорожание энергоносителей привело к существенному увеличению затрат как на строительство, за счет увеличения себестоимости производства строительных материалов и конструкций, так и на эксплуатацию зданий. Сегодня в условиях жесткой экономии энергоресурсов вопросы энергоэффективности крайне актуальны.

Анализ проектных решений ограждающих конструкций, с учетом требований ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель» [1], показывает, что устройство традиционных однослойных сплошных ограждающих конструкций экономически нецелесообразно. Решением проблемы является использование в ограждающих конструкциях технологии легких стальных тонкостенных конструкций.

Суть этой технологии заключается в использовании панелей, изготовленных из легких стальных оцинкованных профилей с заполнением межпрофильного пространства эффективным утеплителем. Для снижения теплопроводности гнутых профилей на их стенках в процессе прокатки выполняется перфорация в виде продольных просечек. Перфорированные профили, так называемые термопрофили (рис. 1), обладают меньшей теплопроводностью, благодаря увеличению пути прохождения теплового потока между полками профиля.

**Анализ публикаций.** Изучению вопроса разработки и применения ограждающих конструкций с каркасом из термопрофилей посвящены работы российских специалистов [2; 3].

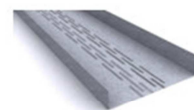
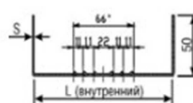
**Целью исследований** является определение минимального сечения профиля ограждающей панели для условий г. Днепропетровска.

**Изложение основного материала.** Ограждающая панель с каркасом из термопрофилей представляет собой новую альтернативу при строительстве наружных стен современного многоэтажного здания. Панели имеют небольшой вес, малую толщину и допускают применение различных материалов для наружной и внутренней отделки.

Основными элементами ограждающей стеновой панели являются вертикальные несущие стойки с поперечным сечением ТС (или ТН) (рис.1). Горизонтальные элементы с поперечным сечением ТН применяется на верхней и нижней кромке каркаса и над оконными проемами (рис. 2). Жесткость термопрофильного каркаса обеспечивается облицовочными плитными материалами, покрывающим каркас с обеих сторон.

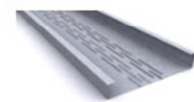
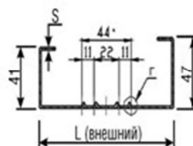
Термопрофили направляющие для строительных конструкций

ТН



Термопрофили стоечные для строительных конструкций

ТС



*Рис. 1. Профили с перфорированной стенкой – термопрофили ТН, ТС*

Для обшивки с внутренней стороны используются гипсокартонные листы. Между обшивкой находится теплоизолирующий слой из эффективного утеплителя (эковаты или минераловатных плит) толщиной 80 – 200 мм.

Для обшивки с наружной стороны можно использовать различные фасадные материалы: магнетитовые плиты, OSB листы и т. д.

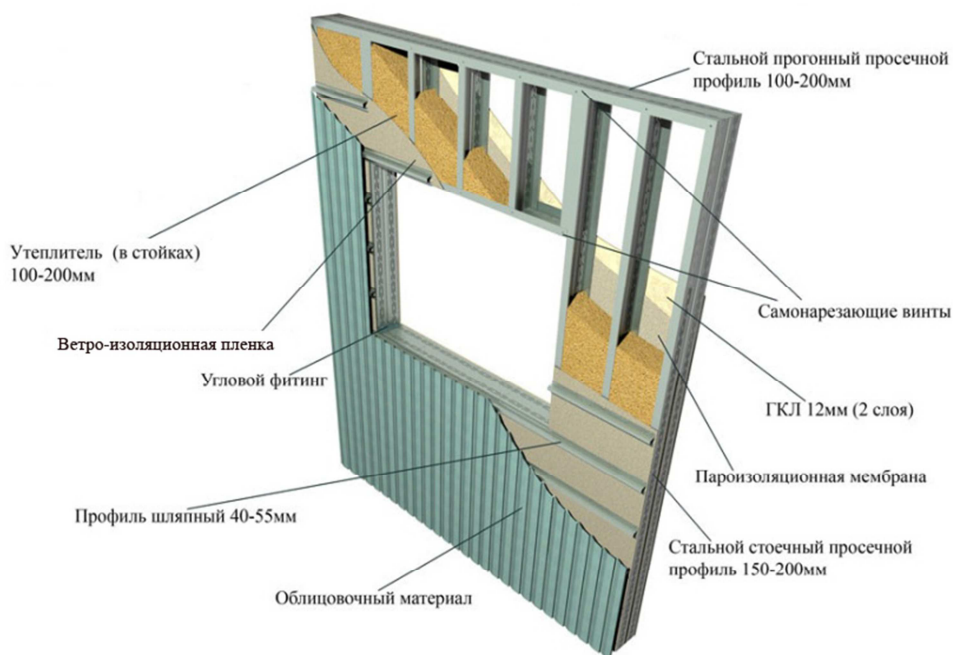


Рис. 2. Принципиальная конструкция ограждающей панели

Согласно ДБН В.1.1-7-2002 «Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства» [3], по условной высоте здания классифицируют как:

- а) малоэтажные – до трех этажей включительно;
- б) многоэтажные – до девяти этажей включительно;
- в) повышенной этажности – до 16 этажей включительно;
- г) высотные – свыше 16 этажей.

Расчет прочности был выполнен для четырех типоразмеров ограждающих панелей с каркасом из термопрофилей: 5 700 × 2 700 мм, 5 700 × 3 000 мм, 5 700 × 3 300 мм и 5 700 × 3 600 мм (рис. 3) для 3-, 5-, 9-, 23- и 33-этажных зданий. Шаг профилей принят равным 600 мм. Класс стали термопрофилей принят С255, с расчетным сопротивлением  $R_y = 250$  МПа. В качестве эффективного утеплителя принята эковата с коэффициентом теплопроводности 0,041 Вт/м<sup>°К</sup> и плотностью 55 кг/м<sup>3</sup>.

Расчет ограждающей панели выполнен для условий г. Днепропетровска (второй климатический район [5], третий ветровой район [6]) на следующие нагрузки:

*Постоянные:*

- собственный вес оцинкованных профилей и утеплителя;
- нагрузки от оконного заполнителя;
- нагрузки от теплового радиатора в подоконной зоне;
- нагрузки от внешней (магнезитовая плита, металлические направляющие профили) и внутренней обшивки (гипсокартонная плита).

*Кратковременные:*

- ветровая нагрузка.

В зависимости от характера нагрузок и целей расчета использовались два вида расчетных значений – предельное расчетное и эксплуатационное значение нагрузки, согласно ДБН В.1.2-2: 2006 [6].

Статический расчет элементов ограждающей панели выполнялся с помощью расчетного комплекса «Лира 9.6». Расчетная модель представлена в виде конечноэлементной плоской схемы. Работа элементов каркаса моделировалась универсальным пространственным стержневым конечным элементом КЭ 10.

Статический расчет выполнен на основные сочетания нагрузок с учетом соответствующих коэффициентов.

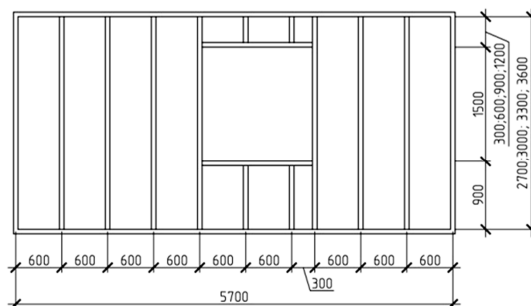


Рис. 3. Конструкция ограждающей стеновой панели с каркасом из изогнутых оцинкованных профилей для четырех типоразмеров

Теплотехнический расчет ограждающей панели (определение минимальной толщины утеплителя для обеспечения  $R_{q \min}$ ,  $\text{м}^2 \text{ К/Вт}$ ) выполнялся согласно требованиям ДБН В.2.6-31:2006. Для г. Днепропетровска значение  $R_{q \min}$  для внешних стен составляет  $2,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Для обоснования теплотехнической эффективности ограждающих панелей с каркасом из термопрофилей были проведены численные [7] и натурные испытания [8] панелей с каркасом из термопрофилей и аналогичных конструкций с каркасом из профилей без прорезей.

В таблице приведены результаты подбора сечения профилей для 3-, 5-, 9-, 23- и 33-этажных зданий.

Аналогичные расчеты ограждающих стеновых панелей с применением каркаса из изогнутых оцинкованных профилей были проведены для всех ветровых районов и типов окружающей местности Украины в соответствии с ДБН В.1.2-2: 2006 [6], для 3-, 5-, 9-, 23- и 33-этажных зданий.

Т а б л и ц а

Результаты подбора сечений профилей ограждающей панели для условий г. Днепропетровск

Кол-во этажей	Геометрические размеры панели, м	Тип окружающей местности			
		1	2	3	4
3	5,7 × 2,7 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,0 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,3 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,6 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
5	5,7 × 2,7 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,0 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,3 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,6 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
9	5,7 × 2,7 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,0 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,3 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,6 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0
23	5,7 × 2,7 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,0 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,3 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,6 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0
33	5,7 × 2,7 м	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,0 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,3 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 0,7
	5,7 × 3,6 м	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0	ТС100 - 1,0

**Выводы.** Разработано четыре типоразмера ограждающих стеновых панелей с применением гнутых оцинкованных профилей для строительства 3-, 5-, 9-, 23- и 33-этажных зданий, которые удовлетворяют требованиям существующих нормативных документов Украины. Эффективность применения данных ограждающих стеновых панелей подтверждается численными и натурными испытаниями.

## ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31: 2006. – [Чинний від 2007-04-01]. – К. : Мін-во будівництва, архітектури та житлово-комун. госп. України, 2006 – 70 с. – (Національні стандарти України).
2. **Ватин Н. И.** Ограждающая конструкция «нулевой толщины» – термopанель / Н. И. Ватин, Д. В. Кузьменко // Инженерно-строительный журнал. – №1. – 2008. – С. 13 – 21.
3. **Ватин Н. И.** Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы / Н. И. Ватин, В. В. Володин // Инженерно-строительный журнал. – № 2 – 2010. – С. 59 – 64.
4. Защита от пожара. Пожарная безопасность объектов строительства: ДБН В.1.1-7-2002. – [Чинний від 2003-05-01]. – К. : Держбуд України, 2002 – 40 с. – (Національні стандарти України).
5. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-11-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – (Національні стандарти України).
6. Система обеспечения надежности и безопасности строительных объектов. Нагрузки и воздействия. Нормы проектирования. : ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний від 2007-01-01]. – К. : Мінбуд України, 2006. – 78 с. – (Національні стандарти України).
7. **Савицкий Н. В.** Ограждающая конструкция с каркасом из термопрофилей / Н. В. Савицкий, А. А. Несин // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Вып. 50. – Д. : ПГАСА, 2009. – С. 479 – 482.
8. **Савицкий Н. В.** Экспериментальное исследование теплотехнической эффективности термопрофилей / Н. В. Савицкий, А. А. Несин // Строительство, материаловедение, машиностроение. Сб. науч. тр. – Вып. 51 – Д. : ПГАСА, 2010. – С. 431 – 437.

### УДК 692.231.3

Расчет ограждающей стеновой панели с применением каркаса из гнутых оцинкованных профилей / А. А. Несин, Н. В. Савицкий // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПГАСА, 2013. – № 1 – 2. – С. 47 – 50. – табл. 1. – рис. 3. – Библиогр.:(6 назв.).

Приведены результаты расчета каркаса из гнутых оцинкованных профилей для четырех типоразмеров ограждающих стеновых панелей для строительства многоэтажных каркасных зданий в условиях г. Днепропетровска.

*Ключевые слова:* гнутые оцинкованные профили, стеновые панели, ограждающие конструкции.

Розрахунок огорожувальної стінової панелі із застосуванням каркаса з гнутих оцинкованих профілів / О. А. Несін, М. В. Савицький // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Д. : ПДАБА, 2013. – № 1 – 2. – С. 47 – 50. – табл. 1. – рис. 3. – Библиогр.:(6 назв.).

Наведено результати розрахунку каркаса з гнутих оцинкованих профілів для чотирьох типорозмірів огорожувальних стінових панелей для будівництва багатопверхових каркасних будинків в умовах м. Дніпропетровськ.

*Ключові слова:* гнуті оцинковані профілі, стінові панелі, огорожувальні конструкції.

Design of external wall panel with frame of bent zinc-coated profiles / A. A. Nesin, N. V. Savitsky // Visnyk of Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture. – D. : PSACEA, 2013. – № 1 – 2. – P. 47 – 50. – pic. 3. – tabl. 1. – Bibliogr.:(6 names).

The results of calculation of 4 standard size external wall panel which are made of bent zinc-coated profiles for multistory framed buildings in Dnepropetrovsk.

*Key words:* bent zinc-coated profiles, wall panels, external structures.