

УДК 624.012.4-183.4; 624.94.014.2

**К ВОПРОСУ ПРОЧНОСТИ ТОНКОСТЕННЫХ ИЗГИБАЕМЫХ СТАЛЬНЫХ БАЛОК  
С ПЕНОБЕТОННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ****Р.А. РАДКЕВИЧ***(Представлено: канд. техн. наук, доц. Е.Г. КРЕМНЕВА;  
канд. техн. наук, доц. А.П. КРЕМНЕВ)*

*Выполнено сравнение поперечных сил для стального холоднодеформированного тонкостенного оцинкованного профиля и тонкостенных изгибаемых балок с пенобетонным заполнением. Представлены графики деформаций сжатой зоны и прогибов опытных образцов. Построены эпюры деформаций сжатой и растянутой зон. Определена степень влияния пенобетона на стальной холоднодеформированный тонкостенный оцинкованный профиль.*

В настоящее время технический прогресс направлен на облегчение веса строительных конструкций, в связи с чем широкое распространение получили здания и сооружения из тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля. В качестве утеплителя в таких зданиях зачастую используется пенобетон. Наиболее массовые конструкции в таких зданиях и сооружениях, являются изгибаемые элементы в частности покрытия и перекрытия.

Исследования совместной работы легких стальных тонкостенных конструкций с пенобетоном получили свое развитие в трудах многих ученых научно-исследовательских, проектных и учебных институтов стран ближнего и дальнего зарубежья [1].

В настоящее время в Полоцком государственном университете проводятся экспериментальные исследования совместной работы пенобетона с легкими стальными тонкостенными конструкциями на примере изгибаемых элементов, а именно плит покрытий из тонкостенных изгибаемых стальных балок с пенобетонным заполнением.

Исследование производилось для двух серий образцов: плита I (пенобетон D500); плита II представляла собой составную конструкцию, включающую пенобетоны разных плотностей. В сжатой и растянутой зонах использовался пенобетон D500, а в средней части, где проходит нейтральная ось, – D200.

Серии образцов были изготовлены с применением одинакового С-образного холоднодеформированного оцинкованного профиля.

Для сравнения экспериментальных и теоретических значений произведен расчет в среде MachCad тонкостенного стального холоднодеформированного профиля по ТКП EN 1993-1-1-2009 [2], ТКП EN 1993-1-3-2009 [3], ТКП EN 1993-1-5-2009 [4] и ТКП 45-5.04-274-2012 [5] с определением максимальных моментов и поперечных сил. Результаты расчетов показаны в таблице 1.

Таблица 1. – Расчетные характеристики профиля

Максимально допустимый изгибающий момент, M(кН·м)	Максимально допустимая поперечная сила, V (кН)
10,69	13,475

В результате эксперимента выявлено, что разрушение всех образцов произошло на опоре от потери местной устойчивости профиля. Сравнение расчетных и экспериментальных поперечных сил показано на гистограмме (рисунок 1).

Как видно из гистограммы у плиты II максимальная поперечная сила незначительно превышает расчетную для профиля, а именно на 11%. Данное сравнение позволяет предположить, что пенобетон не работал совместно со стальным профилем.

Для плиты I поперечная сила превышает расчетную более чем в два раза, а именно на 132%.

Из сравнения видно, что на сегодняшний день ТКП EN не учитывает совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля и пенобетона.

Таким образом, в национальных приложениях необходима доработка данного вопроса.

Большее значение усилий было получено в Плите I благодаря работе в конструкции пенобетона D500, об этом свидетельствует график деформаций сжатой зоны для плиты I и плиты II, представленный на рисунке 2.

Поперечная сила, кН

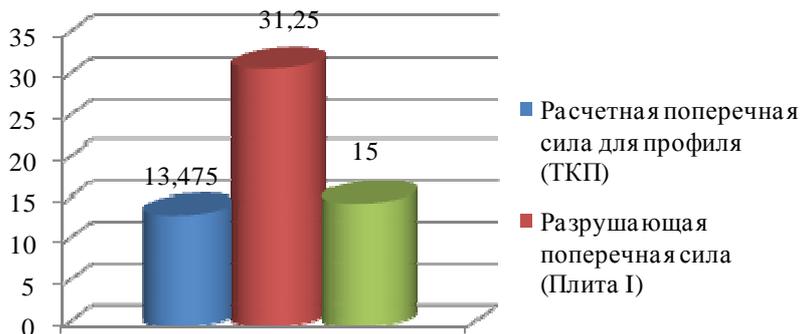


Рисунок 1. – Сравнение поперечных сил

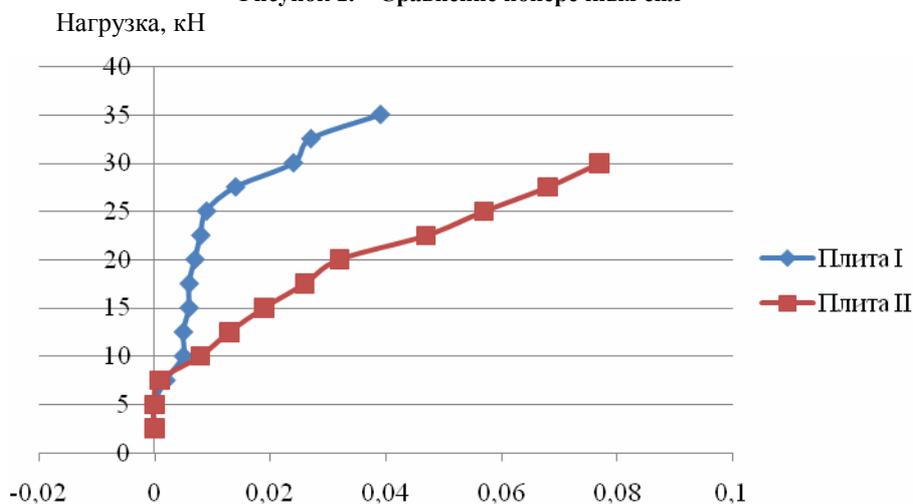


Рисунок 2. – Сравнение деформаций сжатой зоны

Из данного графика видно, что деформации сжатой зоны для плиты I уменьшались при нагрузке в пределах от 10 до 25 кН. Это свидетельствует о перераспределении усилий в плите между профилем и пенобетоном. Деформации сжатой зоны плиты II проходили практически линейно.

Прогибы плиты I и плиты II показаны на рисунке 3.

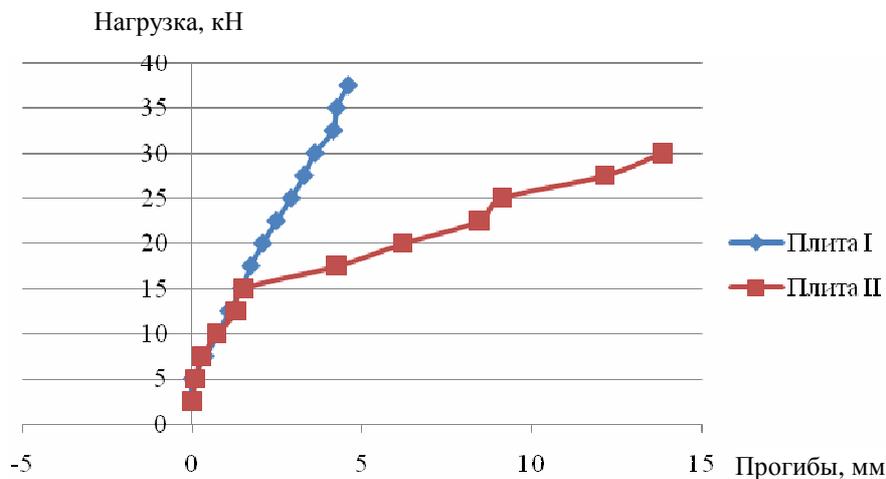


Рисунок 3. – Сравнение прогибов плиты I и плиты II

Из рисунка 3 видно, что совместная работа обеспечивалась одинаково у плиты I и плиты II до нагрузки 15 кН. Далее у плиты II прослеживается исключение пенобетона из совместной работы.

Крайние деформации растяжения-сжатия тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля для каждой конструкции показаны на рисунке 4.

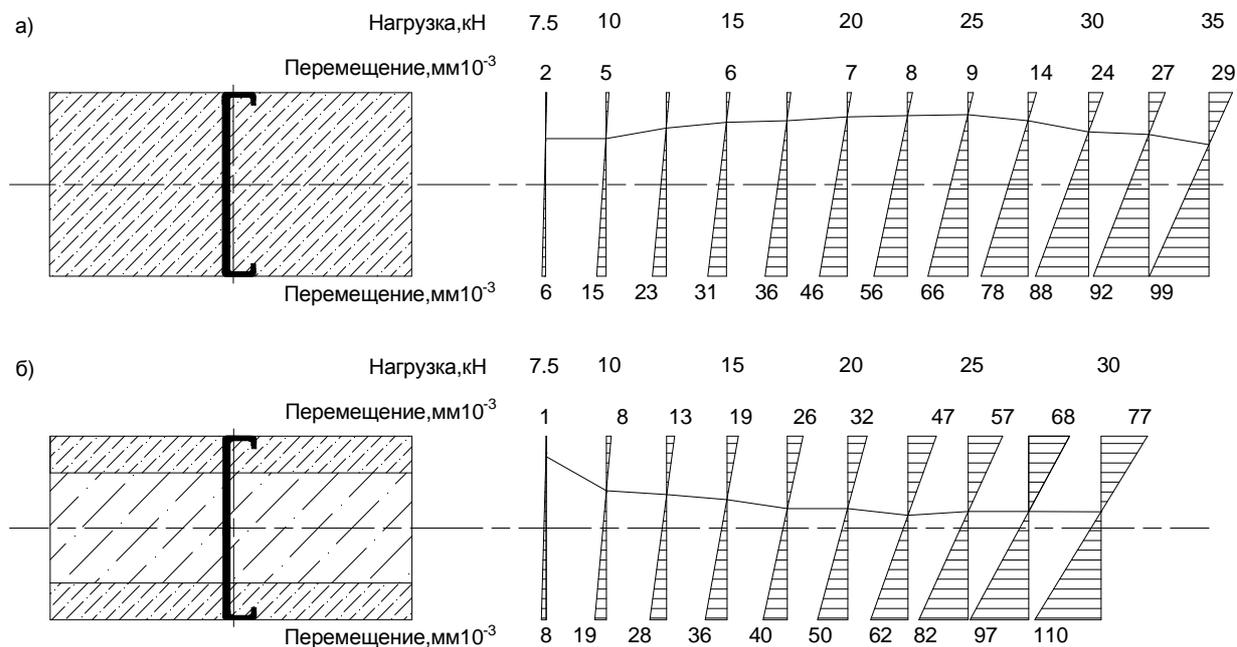


Рисунок 4. – Эпюры деформаций для плиты I (а), для Плиты II (б)

Анализ эпюр деформаций показал, что напряженно-деформированное состояние плит отличалось. Так, в плите I сжатая зона профиля при нагрузках от 10 до 25 кН уменьшалась, затем сжатая зона начала увеличиваться. Это связано с тем, что в работу был включен пенобетон D500. В плите II данных изменений не зафиксировано, что видно на эпюре деформаций. Изменение расположения нейтральной оси для плиты II проходило практически линейно.

#### Выводы:

- 1) плита I и плита II разрушились от потери местной устойчивости на опоре;
- 2) экспериментальная разрушающая поперечная сила в плите I была на 132% больше расчетной для тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля;
- 3) экспериментальная разрушающая поперечная сила в плите II была на 11% больше расчетной для тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля;
- 4) на сегодняшний день ТКП EN не учитывает совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля и пенобетона. Таким образом, в национальных приложениях необходима доработка данного вопроса;
- 5) согласно эпюрам деформаций, графиков прогибов от нагрузки и деформаций сжатой зоны от нагрузки установлено влияние на совместную работу тонкостенного стального холоднодеформированного профиля пенобетона D500 в плите I.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона : дис. ... магистра техн. наук / И.О. Вербицкий. – М., 2016. – 7 с.
2. ТКП EN 1993-1-1-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
3. ТКП EN 1993-1-3-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-3. Общие правила. Дополнительные правила для холодноформованных элементов и профилированных листов.
4. ТКП EN 1993-1-5-2009 (02250) Еврокод 3. Проектирование стальных конструкций. Часть 1-5. Пластинчатые элементы конструкций.
5. ТКП 45-5.04-274-2012 (02250) Стальные конструкции. Правила расчета.