

УДК 624.012.4-183.4; 624.94.014.2

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ПЕНОБЕТОНА ПРИ НАДСТРОЙКЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭТАЖЕЙ

А.П. Кремнев<sup>1</sup>, Е.Г. Кремнева<sup>2</sup>

Полоцкий государственный университет, Республика Беларусь

e-mail: <sup>1</sup> [kremnev\\_si@mail.ru](mailto:kremnev_si@mail.ru), <sup>2</sup> [e.kremneva@psu.by](mailto:e.kremneva@psu.by)

*Приведен опыт применения тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля (ЛСТК) при строительстве зданий каркасного типа с пенобетонным заполнением. Приведены результаты испытаний образцов плит покрытия, выполненных с применением ЛСТК и пенобетона различной плотности. В ходе испытаний было подтверждено существенное влияние пенобетонного заполнителя на несущую способность тонкостенных стальных профилей при действии изгибающих моментов.*

**Ключевые слова:** *плиты покрытия, пенобетон, тонкостенный стальной холоднодеформированный профиль, совместная работа.*

## EXPERIENCE OF APPLICATION OF THIN-WALLED STEEL STRUCTURES AND FOAM CONCRETE WHEN SUPPLEMENTING ADDITIONAL FLOORS

A. Kremniou<sup>1</sup>, A. Kremneva<sup>2</sup>

Polotsk State University, Republic of Belarus

e-mail: <sup>1</sup> [kremnev\\_si@mail.ru](mailto:kremnev_si@mail.ru), <sup>2</sup> [e.kremneva@psu.by](mailto:e.kremneva@psu.by)

*The experience of using a thin-walled steel cold-deformed galvanized profile (LSTK) in the construction of frame-type buildings with foam concrete filling is presented. The results of testing samples of coating slabs made with the use of LSTK and foam concrete of various densities are presented. During the tests, the significant effect of the foam concrete aggregate on the bearing capacity of thin-walled steel profiles under the action of bending moments was confirmed.*

**Keywords:** *roof slabs, foam concrete, thin-walled steel cold-deformed profile, teamwork.*

Легкие конструкции зданий каркасного типа находят все большее применение в практике строительства. При возведении малоэтажных зданий и при надстройке дополнительных мансардовых этажей применение легких конструкций и материалов позволяет существенно сократить сроки строительства, снизить трудозатраты и стоимость строительства, выполнять работы в стесненных условиях без применения тяжелой строительной техники и громоздкого грузоподъемного оборудования. Применение легких конструктивных элементов и материалов при надстройке дополнительного этажа (этажей) не приводит к существенному увеличению нагрузки на нижележащие конструкции и грунты основания, и, соответственно, позволяет избежать необходимости их усиления.

При строительстве каркасных зданий и дополнительных этажей наибольшее распространение получили легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) с оцинкованным покрытием. В качестве утеплителя при заполнении ограждающих конструкций из ЛСТК используются различные теплоизоляционные материалы в виде минераловатных плит, стекловаты, эковаты и др. [1-6]. Как показала практика строительства, каркасные дома с утеплителем на основе базальтовых волокон или стекловолна (как наиболее доступный материал) имеют ряд существенных недостатков, таких как возможность деформирования под собственным весом («слеживаемость»), хоть и незначительная, но токсичность (за счет применения фенольных смол для склеивания

волокон), высокая вероятность «заселения» утеплителя мышами и крысами. Кроме того, владельцы каркасных домов с минераловатным утеплителем часто жалуются на эффект «дрожания» всего здания при сильных порывах ветра, при ходьбе на втором этаже, резком закрытии дверей и т.п.

В настоящее время в качестве утеплителя в каркасном домостроении все чаще начинают применять легкие бетоны и, в частности, пенобетон. Пенобетон, представляет собой пористый искусственный материал на основе цементного вяжущего. Данный материал обладает прекрасными теплоизоляционными и паропроницаемыми свойствами. Коэффициент теплопроводности при плотности  $200\text{кг/м}^3$  составляет  $0,05\text{ Вт/м}^\circ\text{С}$  (почти в два раза лучше, чем у газосиликатных блоков ( $0,12\text{Вт/м}^\circ\text{С}$ ). Коэффициент паропроницаемости при плотности  $200\text{кг/м}^3$  -  $0,28\text{мг/м}\cdot\text{час}\cdot\text{Па}$ . (для газосиликатных блоков  $0,24\text{мг/м}\cdot\text{час}\cdot\text{Па}$ ). В доме с пенобетонными стенами всегда будет сухо и комфортно.

При изготовлении пенобетона используются только экологически безопасные компоненты: цемент и протеиновый пенообразователь. Они на 100% экологически безопасные и безвредные материалы. Пенобетон (как и любой материал на основе цемента) со временем только набирает прочность. Щелочная среда цементного вяжущего препятствует образованию грибка и плесени. Пенобетон не по «зубам» для крыс и мышей. За счет большей жесткости каркасные дома с пенобетоном не «дрожат» при малейшей вибрации. При этом стоимость  $1\text{м}^3$  пенобетона, уложенного в конструкцию на 20-30% дешевле, чем стоимость  $1\text{м}^3$  стен из газосиликатных блоков.

В качестве примера успешного применения легких конструкций из ЛСТК с пенобетонным заполнением можно привести опыт строительства дополнительного этажа административно-хозяйственного здания производственной базы ООО «НПФ Строитель».

В ходе обследования и проверочных расчетов несущих конструкций было установлено, что надстройка дополнительного этажа здания с применением традиционных материалов (газосиликата и железобетона) возможна только после усиления фундамента и упрочнения грунта, что было не приемлемо для заказчика. В случае применения легкого каркаса из ЛСТК с пенобетонным заполнением усиления фундаментов не требовалось.

Надстройка дополнительного этажа была выполнена силами заказчика, без привлечения сторонних организаций. Каркас из ЛСТК собирался в отдельные блоки на строительной площадке и затем монтировался краном-манипулятором. После монтажа каркаса стены с наружной стороны обшивались цементно-стружечными плитами (ЦСП), а с внутренней влагостойкими гипсокартонными листами (ГКЛ), рисунок 1. Одновременно с обшивкой внутренней стороны листами ГКЛ производилось заполнение стен пенобетоном плотностью D250-300.

Покрытие здания также было выполнено с применением ЛСТК. При этом перекрываемый пролет составлял более 7м. При таком пролете применение пенобетона в качестве утеплителя кровли не было согласовано проектировщиками, так как в этом случае возникала опасность потери устойчивости из плоскости изгиба тонкостенных балок ЛСТК. Можно предположить, что набравший проектную прочность пенобетон, уложенный между балками способен придать дополнительную жесткость конструкциям покрытия и повысить общую несущую способность металлических балок. Отсутствие методики расчета металлических балок ЛСТК совместно с пенобетоном в данном случае вынудило принять решение о применении минераловатных плит в качестве утеплителя.

С целью определения влияния пенобетона на общую несущую способность изгибаемых конструкций в Полоцком государственном университете были проведены экспериментально-теоретические исследования несущей способности монолитных плит перекрытий с применением тонкостенных стальных холоднодеформированных оцинкованных профилей с пенобетонным заполнением, [7,8].

Исследования проводились на двух образцах плит перекрытия длиной 3м, шириной 600мм и высотой 300мм, рисунок 2. По центру плиты устанавливалась С-образная металлическая балка

ЛСТК высотой 300мм с двух сторон от которой заливался пенобетон различной плотности. Плиты отличались характером заполнения пенобетоном. Плита П-I была изготовлена из пенобетона плотностью D500. Плита П-II – в верхней и нижней части выполнена из пенобетона плотностью D500, а средней части из пенобетона плотностью D200, таблица 1. Работа плит, как сплошного диска моделировалась плотной установкой на боковых гранях плит пружинных зажимов.



Рисунок 1. – Общий вид здания с каркасом второго этажа и обшивкой наружной стороны листами ЦСП

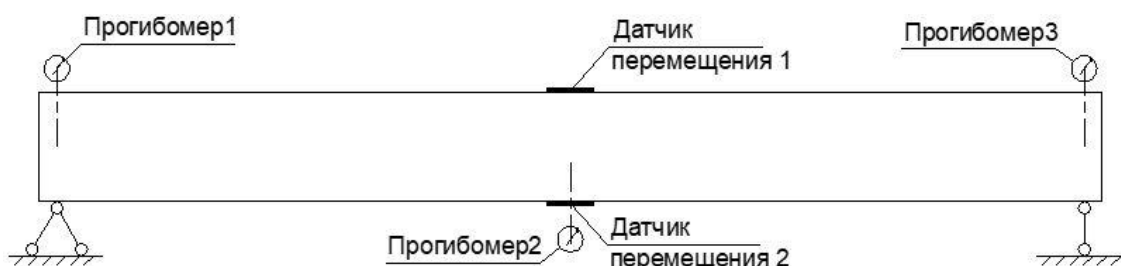


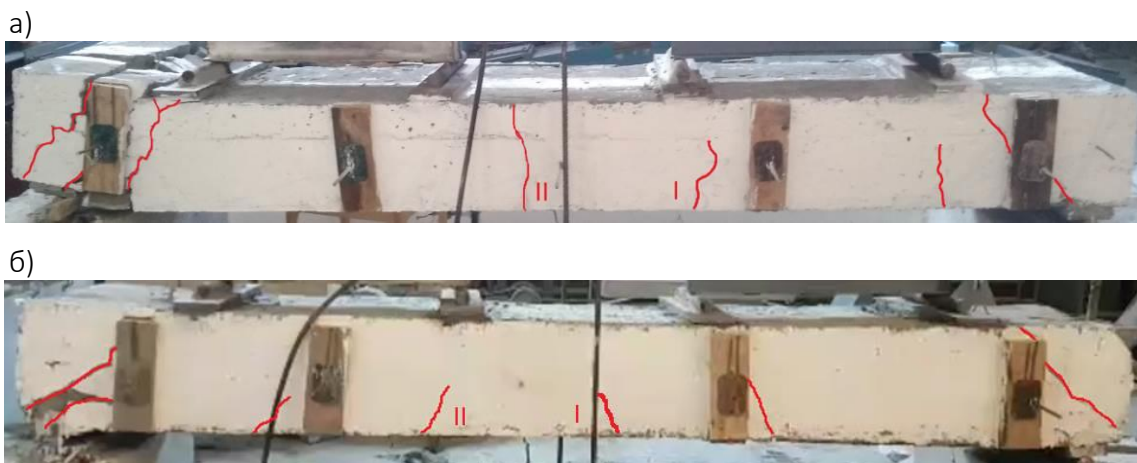
Рисунок 2. – Схема испытания образцов плит

Таблица 1. – Конструкции плит для испытаний

Конструкция	Размещение пенобетона в конструкции	Примечание
Плита П-I 300x600x3000мм		1-профиль С300 2- пенобетон D500 4- пружинный зажим 5- стяжной металлический прут d8 6- деревянная подкладка 7- датчики перемещения
Плита П-II 300x600x3000мм		1-профиль С300 2- пенобетон D500 3- пенобетон D200 4- пружинный зажим, 5- стяжной металлический прут d8 6- деревянная подкладка 7- датчики перемещения

В процессе испытания измеряли деформации сжатой и растянутой зон стальных тонкостенных профилей, прогибы конструкции, ширину раскрытия трещин [9]. Нагрузка прикладывалась в четвертях пролета плиты при помощи гидродомкратов и доводилась до полного разрушения конструкции.

Общий вид плит после испытания показан на рисунке 3.



а) плита П-I после испытания; б) плита П- II после испытания

Рисунок 3. – Общий вид плит до и после испытания

Как видно из рисунка 3 разрушение плит в обоих случаях произошло в опорной части конструкции за счет потери устойчивости стенки металлического профиля. Данное разрушение сопровождалось образованием значительных наклонных трещин, раздроблением бетона в опорной зоне. Разрушающая нагрузка составила для плиты П-I составила - 62,5кН, а для плиты П-II - 30кН, что значительно больше, чем расчетная предельная нагрузка свободно опертой балки без пенобетонного заполнения.

Выводы:

1. Применения легких стальных тонкостенных конструкций при строительстве каркасных малоэтажных зданий и при надстройке дополнительных этажей позволяет существенно снизить нагрузку на основания и фундаменты, избежать дополнительных существенных затрат по их упрочнению и усилению.

2. Применение пенобетона в качестве теплоизоляционного заполнителя в каркасном домостроении позволяет получить ограждающие конструкции, отвечающие требования по теплопроводности, паропроницаемости и долговечности. Вместе с этим данный материал обладает повышенной по сравнению с мягкими теплоизоляционными материалам жесткостью, что позволяет существенно повысить общую жесткость каркаса здания и несущую способность диска покрытия или перекрытия.

3. Результаты испытания балок покрытия из ЛСТК с пенобетонным заполнением с двух сторон показали существенное увеличение несущей способности конструкций за счет совместной работы металлических балок и пенобетона. Разрушение образцов таких плит происходило за счет смятия опорной части, а не за счет потери устойчивости полки стального профиля из плоскости изгибающего момента.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пинскер, В.А. СТО 82866678-3.01.01-2013 / В.А. Пинскер, В.П. Вылегжанин, Н.О. Куликова – Санкт-Петербург: ООО «АНДРОМЕТА». – 2013. – 8 с.

2. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона / И.О. Вербицкий // Ползуновский альманах. – 2016. – № 1. – С. 55-58.
3. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК): описание, плюсы и минусы, технология строительства / А. Кирницкая // Режим доступа: <https://www.syl.ru/article/328996/legkie-stalnyie-tonkostennyie-konstruktsii-istk-opisanie-plyusy-i-minusyi-tehnologiya-stroitelstva>. – Дата доступа: 28.11.2017.
4. Борзова, М.К. Конструкция каркасных зданий с применением монолитного пенобетона/ М.К. Борзова, Н.И. Ватин, М.Р. Гарифуллин. – Санкт-Петербург: С.-Пб. политех. ун-т; сб. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015. – 77 с.
5. Калафат, К. Противопожарное проектирование легких стальных тонкостенных конструкций/ К. Калафат, Л. Вахитова. – Киев: Украинский Центр Центр Стального Строительства. – 19 с.
6. Рыбаков, В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций/ В.А. Рыбаков. – Санкт-Петербург: С.-Пб. политех. ун-т, 2011 – 7 с.
7. Кремнев, А.П. Экспериментально-теоретические исследования плит из пенобетона и тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля / А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева, Р.А. Радкевич // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F, Прикладные науки. Строительство. – 2018. – № 16 – С. 37-42.
8. Кремнев, А.П. Несущая способность плит из пенобетона и тонкостенного холоднодеформированного стального профиля/ А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева// В сборнике: Архитектурно-строительный комплекс: проблемы, перспективы, инновации. Сборник статей II международной научной конференции. Под ред. Л. М. Парфеновой. Новополоцк, 2020. С. 136-142.
9. Изделия строительные железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости: ГОСТ 8829-94. – Взамен ГОСТ 8829-85; введ.01.01.98. – Москва: МНТКС, 1998. – 19 с.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«ПОЛОЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

*Текстовое электронное издание*

Новополоцк  
Полоцкий государственный университет  
2021

УДК 72:624/628+69(082)

Одобрено и рекомендовано в качестве электронного издания  
Советом инженерно-строительного факультета (протокол № 8 от 27.10.2021 г.)

**Редакционная коллегия:**

Д. Н. Лазовский (председатель), А. А. Бакатович, Е. Д. Лазовский,  
Л. М. Парфенова, Ю. В. Вишнякова, Р. М. Платонова, А. М. Хаткевич

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**  
[Электронный ресурс] : электрон. сб. ст. III междунар. науч. конф., Новополоцк, 29–30 апр.  
2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк :  
Полоц. гос. ун-т, 2021. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).  
ISBN 978-985-531-779-2.

Рассмотрены вопросы архитектуры и градостроительства в современных условиях, прогрессивные методы проведения инженерных изысканий и расчета строительных конструкций. Приведены результаты исследований ресурсо- и энергосберегающих строительных материалов и технологий, энергоресурсосберегающие и природоохранные инновационные решения в инженерных системах зданий и сооружений. Проанализированы организационные аспекты строительства и управления недвижимостью, проблемы высшего архитектурного и строительного образования.

Для научных и инженерно-технических работников исследовательских, проектных и производственных организаций, а также преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов строительных специальностей учреждений образования.

*Сборник включен в Государственный регистр информационного ресурса.  
Регистрационное свидетельство № 3671815379 от 26.04.2018 г.*

211440, ул. Блохина, 29, г. Новополоцк, Беларусь  
тел. 8 (0214) 53 53 92, e-mail: a.bakatovich@psu.by; l.parfenova@psu.by

**№ госрегистрации 3671815379**  
**ISBN 978-985-531-779-2**

©Полоцкий государственный университет, 2021

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС:  
ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ, ИННОВАЦИИ**

ЭЛЕКТРОННЫЙ СБОРНИК СТАТЕЙ  
III МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Новополоцк, 29–30 апреля 2021 г.)

Технический редактор *И. Н. Чапкевич.*

Компьютерная верстка *А. А. Прадидовой, С.Е. Рясовой.*

Компьютерный дизайн обложки *Е. А. Балабуевой.*

---

Подписано к использованию 09.11.2021.

Объем издания: 21,05 Мб. Тираж 3 диска. Заказ 420.

---

Издатель и полиграфическое исполнение:  
учреждение образования «Полоцкий государственный университет».

Свидетельство о государственной регистрации  
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий  
№ 1/305 от 22.04.2014.

ЛП № 02330/278 от 08.05.2014.

211440, ул. Блохина, 29,  
г. Новополоцк,  
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44  
<http://www.psu.by>