

УДК 624.012.4-183.4; 624.94.014.2

## ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛСТК С ПЕНОБЕТОННЫМ ЗАПОЛНЕНИЕМ ПРИ НАДСТРОЙКЕ ЗДАНИЙ

*А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева*

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,  
г. Новополоцк, Республика Беларусь  
e-mail: [kremnev\\_si@mail.ru](mailto:kremnev_si@mail.ru), [e.kremneva@psu.by](mailto:e.kremneva@psu.by)

*Рассмотрены результаты успешного опыта надстройки дополнительного этажа административного бытового корпуса с применением тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля (ЛСТК). Доказана эффективность пенобетона как теплоизоляционного материала для заполнения каркаса надстраиваемого этажа.*

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

## EXPERIENCE IN USING OF THIN-WALLED COLD-FORMED GALVANIZED STEEL PROFILE WITH FOAM CONCRETE FILLING WHEN BUILDING SUPERSTRUCTURES

*A. Kremnev, A. Kremneva*

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Novopolotsk, Republic of Belarus  
e-mail: [kremnev\\_si@mail.ru](mailto:kremnev_si@mail.ru), [e.kremneva@psu.by](mailto:e.kremneva@psu.by)

*The results of the successful experience of the superstructure of an additional floor of an administrative household building with the use of thin-walled cold-formed galvanized steel profile are considered. The effectiveness of foam concrete as a thermal insulation material for filling the frame of the built-up floor has been proven.*

**Keywords:** plates, foam concrete, thin-walled steel cold-formed profile.

В условиях Республики Беларусь наибольший объем работ по реконструкции существующих зданий и сооружений отмечался в 90-х годах прошлого столетия и в начале 2000, [1]. В то время, среди ученых, проектировщиков бытовало мнение, что наступающий 21 век станет «веком реконструкции». Темы диссертаций, научные статьи в основном были посвящены методам усиления несущих конструкций, увеличения их долговечности, методам упрочнения грунтов и усилению фундаментов. С темой реконструкции и усиления непосредственно были связаны научные работы по обследованию технического состояния строительных конструкций здания, грунтов основания и фундаментов.

Как показало время, 21 век не стал золотым веком реконструкции. Со временем стало понятно, что здания и сооружения построенные 50 и более лет назад не только подверглись физическому износу, но и моральному. Современные требования к фасадам зданий, планировка и зонирование пространства очень плохо согласуются с указанными выше параметрами старых зданий. В качестве другого фактора, снижающего привлекательность инвестиционных вложений в реконструкцию, следует отметить часто возникающую при реконструкции необходимость усиления фундаментов или упрочнение грунтов оснований. Известно, что усиление фундаментов существующих зданий и сооружений является одной из наиболее сложных и дорогостоящих геотехнических задач. Если стоимость фундаментов при новом строительстве редко превышает 10% от СМР, то стоимость усиления фундаментов при реконструкции

может составлять от 35 до 50% от стоимости всех строительно-монтажных работ. Тем не менее, актуальность задач, связанных с реконструкцией и сейчас не утратили своего значения. В первую очередь это касается зданий и сооружений, представляющих архитектурную и историческую ценность.

Следует отметить еще один немаловажный фактор в пользу реконструкции. Этот фактор связан с постепенным ужесточением экологических требований и, в частности, с необходимостью снижения выбросов CO<sub>2</sub> и других отходов. Установлено, что углеродный след при реконструкции зданий в 3-5 раз меньше, чем при новом строительстве на месте существующего [2]. Кроме того, при сносе старого здания образуется большое количество строительного мусора, который необходимо вывезти и утилизировать. В развитых странах оценка углеродного следа при анализе инвестиционных проектов является обязательной и особенно для объектов с льготным или государственным финансированием [3].

Развитие методов строительства реконструируемых зданий и методов усиления фундаментов в настоящее время невозможно представить без внедрения эффективных технологий и материалов, позволяющих с наименьшими затратами и максимально быстро преобразовать старое здание в фактически новое, отвечающее всем современным эстетическим и экологическим требованиям. При этом можно расширить полезную площадь за счет надстройки дополнительных этажей. Надстройка дополнительных этажей представляет собой сложную задачу с организационной, технологической и инженерной точек зрения. Как показывает практика, надстройка одного – двух этажей привлекает инвесторов лишь в том случае, когда грунтовые условия позволяют сделать это без усиления фундаментов.

Необходимости усиления оснований и фундаментов можно избежать, если при надстройке дополнительных этажей использовать легкие конструкции и материалы. В этом случае дополнительную нагрузку на фундаменты можно существенно снизить и зачастую обойтись без их усиления. Кроме того, применение легких конструкций и материалов позволяет выполнять работы в стесненных условиях без применения тяжелой строительной техники и громоздкого грузоподъемного оборудования и, как следствие, существенно сократить сроки строительства, снизить трудозатраты и стоимость. Появляется возможность выполнять работы по монтажу несущих конструкций дополнительных этажей без отселения жильцов дома или остановки технологического процесса и предварительного демонтажа кровли.

Наиболее легкие несущие конструкции в современном гражданском и промышленном строительстве изготавливаются с применением стальных тонкостенных С-образных профилей (ЛСТК) с оцинкованным покрытием. При помощи ЛСТК можно получить несущие и ограждающие конструкции каркасного типа, обладающие достаточной для 2-х 3-этажей несущей способностью и жесткостью. В качестве утеплителя заполнения каркаса наружных стен, как правило, применяются различные теплоизоляционные материалы в виде минераловатных плит, стекловаты, эковаты и др. [4–9].

Как показала практика строительства, каркасные дома с утеплителем на основе базальтовых волокон или стекловолокна (как наиболее доступный материал) имеют ряд существенных недостатков, таких как возможность деформирования под собственным весом («слеживаемость»), применение 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.

Заполнение внутренней полости стены из ЛСТК пенобетоном лишено указанных недостатков. Пенобетон представляет собой искусственный материал на основе цементного вяжущего. При приготовлении цементный раствор смешивается с пенообразователем, за счет чего формируется пористая структура. В качестве пенообразователя применяются специальные рас-

творы, изготовленные на протеиновой основе и абсолютно экологически безопасные. После набора прочности пенобетон имеет низкую плотность, достаточную прочность и долговечность. Как и любой материал на основе цемента пенобетон со временем только набирает прочность. Щелочная среда цементного вяжущего препятствует образованию грибка и плесени. Теплоизоляционные и паропроницаемые свойствами пенобетона приведены в таблице.

Таблица 1. – Нормируемые показатели физико-технических свойств пенобетонов

Марка пенобетона по средней плотности	Коэффициент	
	теплопроводности пенобетона в сухом состоянии, Вт/(м·°С), не более	паропроницаемости пенобетона, мг/(м·ч·Па), не менее
D150	0,047	0,295
D200	0,05	0,28
D300	0,065	0,25
D400	0,085	0,22
D500	0,12	0,20

Один из примеров успешного применения легких конструкций из ЛСТК с пенобетонным заполнением описан в работе [10] (рисунок).



Рисунок 1. - Общий вид здания с каркасом второго этажа

Надстройку дополнительного этажа в данном случае удалось выполнить без усиления фундаментов несмотря на то, что фундаменты здания бывшего склада строительных материалов фактически отсутствовали. Дополнительная нагрузка на обрез фундамента за счет надстройки составила чуть больше 6 кН/м.п.

Особо следует отметить конструктивное решение покрытия надстроенного этажа. Оно также выполнено с применением легких С-образных металлических профилей высотой 300 мм. Учитывая, что перекрываемый пролет составлял 7.3м, для максимального снижения грузовой

нагрузки в качестве утеплителя была применена минеральная вата. Применение пенобетона, в этом случае, сложно было обосновать расчетом, так как на тот момент отсутствовали теоретические и экспериментальные данные о влиянии пенобетонного заполнителя на поперечную устойчивость несущих балок. Очевидно, что набравший проектную прочность пенобетон, уложенный между несущими балками покрытия, способен придать дополнительную жесткость из плоскости изгиба и в целом повысить общую несущую способность диска перекрытия.

В Полоцком государственном университете имени Евфросинии Полоцкой, Беларусь, были проведены экспериментально-теоретические исследования, подтвердившие существенное влияние на поперечную устойчивость изгибаемых элементов с пенобетонным заполнением [11–13]. Опыт эксплуатации здания более 10 лет показал правильность конструктивных решений, заложенных в проекте. Помещение второго этажа успешно эксплуатируется по назначению. Ограждающие конструкции полностью выполняют свои функции, обеспечивают требуемые температуру и микроклимат в любое время года.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Кремнев, А.П. Опыт усиления фундаментов существующих зданий путем пересадки на сваи на объектах Республики Беларусь / А.П. Кремнев, И.Л. Бойко // Сборник статей III Всероссийской конференции с международным участием «Фундаменты глубокого заложения и проблемы геотехники территорий», посвященной 90-летию со дня рождения Бартоломея Адольфа Александровича, Пермь, 28-31 мая 2024 г./ ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – Пермь. (в печати)
2. Carter, С. Углеродный след реконструкции и нового строительства [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.featuresbusiness.com/17646802-the-carbon-footprint-of-a-renovation-vs-new-construction> (дата обращения: 5.12.2024).
3. Торосов, И., Кулапин, А., Ячевская, С., Меребашвили, Т. **Углеродный след инфраструктурных проектов: считать или не считать?** [Электронный ресурс] И. Торосов, А. Кулапин. С. Ячевская, Т. Меребашвили. – URL: <https://www.csr.ru/upload/iblock/97e/8cdliixqdau31ni31xyud75wv0mq4v4d.pdf/> (дата обращения: 05.12.2024).
4. Быстровозводимые здания: основные преимущества и недостатки [Электронный ресурс] // Журнал «Все просто». – URL: <http://vseprostoy.ru/byistrovozvodimyye-zdaniya-osnovnyie-preimushhestva-i-nedostatki/> (дата обращения: 12.10.2024).
5. Вербицкий, И.О. Применение металлического профилированного листа в качестве несущего элемента монолитных перекрытий из пенобетона // Ползуновский альманах. – 2016. – №1.- С55-58.
6. Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК): описание, плюсы и минусы, технология строительства / А. Кирницкая. – URL: <https://www.syl.ru/article/328996/legkie-stalnyie-tonkostennyie-konstruktsii-lstk-opisanie-plyusyi-i-minusyi-tehnologiya-stroitelstva> (дата обращения: 12.10.2024).
7. 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, 2014 – С75-83.
8. Лундышев, И.А. Почему пенобетон [Электронный ресурс] / И.А.Лундышев // Режим доступа: [http://www.sovbi.ru/ru/penobeton/why\\_penobeton.php](http://www.sovbi.ru/ru/penobeton/why_penobeton.php).– Дата доступа: 29.11.2017.
9. ЛСТК и монолитный пенобетон // Режим доступа: <http://www.profstaldom.ru/lstk-articles/lstk-i-monolitnyj-penobeton/>.– Дата доступа: 12.10.2024.
10. Кремнев, А.П. Экспериментально-теоретические исследования плит из пенобетона и тонкостенного стального холоднодеформированного оцинкованного профиля /А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева //Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации : электронный сборник статей III международной научной конференции, Новополоцк, 29–30 апр. 2021 г. / Полоц. гос. ун-т ; Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – Новополоцк, 2021. – С. 95-99.
11. 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. Ф. Прикладные науки. – 2018. – № 16. – С. 37-42.

12. Кремнев, А.П. Несущая способность плит из пенобетона и тонкостенного холоднодеформированного стального профиля / А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева // Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации: электронный сборник статей II международной научной конференции., Новополоцк 28-29 нояб.2019г./Полоцкий гос. университет: Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. - 2020 - CD-ROM, С.136-141.
13. Экспериментально-теоретические исследования напряженно-деформированного состояния плит из пенобетона / А.П. Кремнев, Е.Г. Кремнева, А.И. Колтунов // Архитектурно-строительный комплекс: Проблемы, перспективы, инновации: электронный сборник статей VI международной научной конференции., Новополоцк 27 октяб.2023г./Полоцкий гос. университет: Редкол.: Д. Н. Лазовский (председ.) [и др.]. – 2024. – CD-ROM. – С. 128–134.