

УДК 624.94.014.2

ЛЕГКИЕ СТАЛЬНЫЕ ТОНКОСТЕННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ КЫРГЫЗСТАН

В.С. Семенов¹, А.К. Акматов¹, В.А. Рыбаков², С.М. Амеличев²

¹ Кыргызско-Российский славянский университет имени Б.Н. Ельцина, г. Бишкек (Республика Кыргызстан)

² Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
г. Санкт-Петербург (Российская Федерация)

Аннотация. На основании опубликованных нормативных документов, статей и проектных решений выполнен анализ современного состояния технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) в Республике Кыргызстан, дана оценка перспективам её развития. В последние годы эта технология (объединяет производство, проектирование и монтаж) находит все более широкое применение в архитектуре и строительстве многих стран мира. С использованием ЛСТК строятся как жилые дома, так и здания и сооружения промышленного назначения. Сегодня эти конструкции используются не только в малоэтажном строительстве, но и при возведении многоэтажных зданий (устройстве перекрытий, фасадов и пр.), а также при реконструкции. В Республике Кыргызстан эта технология также находит всё большее распространение. Производство тонколистовых гнутых профилей, проектирование объектов и монтаж зданий из ЛСТК освоено уже несколькими проектно-строительными фирмами. Кыргызстан - горная страна, территория которой находится в зоне высокой сейсмической активности, а населенные пункты на достаточно большом расстоянии от основных производственных баз. В этих условиях применение технологии ЛСТК обеспечивает, во-первых, сейсмобезопасность строящихся объектов; во-вторых, возможность монтажа конструкций в отдаленных и труднодоступных районах без грузоподъемных механизмов и, в-третьих, сокращение до минимума транспортных расходов на доставку конструкций в отдаленные и труднодоступные районы.

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции; Кыргызстан; производство; проектирование; сейсмостойкость; исследования; перспективы

Ссылка для цитирования: Семенов В.С., Акматов А.К., Рыбаков В.А., Амеличев С.М. Легкие стальные тонкостенные конструкции в Республике Кыргызстан // Инженерные исследования. 2025. №1(21). С. 34-44. EDN: KGGKWW

LIGHTWEIGHT THIN-WALLED STEEL STRUCTURES IN THE REPUBLIC OF KYRGYZSTAN

V.S. Semenov¹, A.K. Akmatov¹, V.A. Rybakov², S.M. Amelichev²

¹ Kyrgyz-Russian Slavic University named after B.N. Yeltsin, Bishkek (Republic of Kyrgyzstan)

² Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St.Petersburg (Russian Federation)

Abstract. On the basis of published normative documents, articles and design solutions the current state of technology of light steel thin-walled structures (LSTK) in the Republic of Kyrgyzstan is analyzed, the prospects of its development are assessed. In recent years, this technology (combines production, design and installation) is more and more widely used in architecture and construction in many countries of the world. Both residential houses and industrial buildings and structures are built with the use of LSTK. Today, these structures are used not only in low-rise construction, but also in the construction of multi-storey buildings (slabs, facades, etc.), as well as in reconstruction. In the Republic of Kyrgyzstan this technology is also becoming more and more widespread. Production of thin sheet bent profiles, design of objects and installation of buildings from LSTK has already been mastered by several design and construction firms. Kyrgyzstan is a mountainous country, the territory of which is located in a zone of high seismic activity, and the settlements are at a fairly large distance from the main production bases. In these conditions, the use of LSTK technology provides, firstly, seismic safety of the objects under construction; secondly, the possibility of installation of structures in remote and inaccessible areas without lifting mechanisms and, thirdly, minimizing transportation costs for delivery of structures to remote and inaccessible areas.

Keywords: light steel thin-walled structures; Kyrgyzstan; production; design; earthquake resistance; research; future trends.

For citation: Semenov V.S., Akmatov A.K., Rybakov V.A., Amelichev S.M. Lightweight thin-walled steel structures in the Republic of Kyrgyzstan // Inzhenernyye issledovaniya [Engineering Research]. 2025. No.1(21). Pp. 34-44. EDN: KGGKWW

ВВЕДЕНИЕ

Современная история легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК, в английской транскрипции – Cold-formed Thin-walled Members or Cold-Formed Steel Structures) начинается с середины прошлого века, хотя из литературных источников известно, что первые дома с каркасом из гофрированных стальных профилей были построены в Соединенных Штатах и Великобритании ещё в 1850-х годах XIX века^{1 2 3 4}. Сегодня холодноформованные (холодногнутые) стальные элементы широко используются за рубежом при строительстве отапливаемых и неотапливаемых зданий, мостов, сельскохозяйственных построек, складов, АЗС, СТО и других объектов [1-3]. По данным на 2006 год, объем применения ЛСТК в США и Великобритании составлял порядка 6 и 3,5 млн тонн в год, в то время как в России этот показатель был, примерно 900 тыс. тонн в год⁵. К сожалению, найти в опубликованных источниках аналогичных данных по объемам применения ЛСТК в строительстве на текущий год не удалось.

Анализ зарубежных источников показывает большой интерес специалистов как к теоретическим вопросам проектирования и расчета зданий и сооружений из ЛСТК [4, 5], так и к экспериментальным исследованиям действительной работы ЛСТК и их узловых соединений при статических и динамических (в том числе сейсмических) нагрузках. В [6, 7] изучена работа тонкостенных профилей открытого сечения при сжатии с эксцентриситетом; в [8, 9] – работа панели из тонкостенных профилей при сейсмическом воздействии; в [10, 11] анализируется напряженно-деформированное состояние 6-ти этажного здания при динамическом нагружении. В последние годы опубликованы результаты исследований работы несущих комбинированных сталежелезобетонных и сталедеревянных конструкций, а также комбинированных ограждающих конструкций на основе тонколистового профиля и эффективных теплоизоляционных материалов [12, 13].

Опыт применения технологии ЛСТК (объединяет производство, проектирование и монтаж) в России насчитывает немногим более 50 лет. Началом можно считать конец 60-х годов XX века, когда металлургическая промышленность СССР освоила выпуск гнутых стальных профилей [14]. Позже, в 1987 году (в соавторстве с инженером А.В. Рожковым), была опубликована одна из первых работ ученого и практика, будущего заведующего лабораторией легких конструкций ЦНИИПСК им. Мельникова Эдуарда Леоновича Айрумяна [15]. В этой книге подробно описывались все преимущества применения холодногнутого стального профиля для несущих и ограждающих конструкций зданий. В своих следующих публикациях Э.Л. Айрумян вместе с коллегами разрабатывает основные направления использования ЛСТК в малоэтажном строительстве [16, 17].

В современной России одним из инициаторов внедрения технологии ЛСТК можно считать ООО «Талдом-Профиль» (основано в 1999 году). За прошедшее время компанией совместно с ОАО ЦНИИПромзданий и ЦНИИПСК им. Мельникова разработана целая система строительства зданий различного назначения с использованием для несущих и ограждающих конструкций тонкостенных стальных гнутых профилей торговой марки «Талдом»⁶.

Начиная с 90-х годов XX века было проведено большое количество научных исследований ЛСТК. Особым уважением пользуется научная школа Санкт-Петербургского Политехнического университета. Она представлена такими учеными как Лалин В.В. [18], Дьяков С.Ф. [19, 20], Назмеева Т.В. [21], Советников Д.О. [22]. Значительный вклад в развитие теории ЛСТК внесли Рыбаков В.А. [23], Туснин А.Р. [24], Лагун Ю.И. [25], Юрченко В.В. [26], Петров К.В. [27], Бильк С.И. [28], Коротких А.В. [29], Енджиевский В. [30], Семко В.А. [31]. Работы [18-20] посвящены вопросам строительной механики ЛСТК; работы [23, 24] – численному расчету ЛСТК; работы [25, 28] – экспериментальным исследованиям ЛСТК; работа [27] – вопросам применения ЛСТК при реконструкции зданий; работы [21, 29] – узловым

¹ A History of Cold-Formed Steel [Электронный ресурс]. - URL: <https://buildsteel.org/why-steel/cold-formed-steel-101/a-history-of-cold-formed-steel/> (дата обращения: 15.02.2025)

² HISTORY [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.cfsei.org/history> (дата обращения: 09.11.2024)

³ История ЛСТК / Double wall system [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.2karkasa.ru/istoriya/> (дата обращения: 23.11.2024)

⁴ История ЛСТК – как развивалась технология [Электронный ресурс]. - URL: <https://optimumhouse.ru/construction/istoriya-lstk-kak-razvivalas-tekhnologiya.html> (дата обращения: 20.12.2024).

⁵ Технология ЛСТК в мире и РФ [Электронный ресурс]. - URL: <http://lstk-group.com/ru/> (дата обращения: 07.10.2024)

⁶ Талдом-Профиль Комплект. 12 лет применения легких стальных тонкостенных конструкций в малоэтажном строительстве [Электронный ресурс]. - URL: http://www.taldom-profil.ru/netcat_files/userfiles/info/LSTK.pdf (дата обращения: 10.10.2024)

соединениям ЛСТК; работы [23, 30, 31] – общим вопросам проектирования и расчета несущих и ограждающих конструкций из тонкостенных профилей.

Благодаря большому количеству научных исследований, разработке нормативной базы (СП 260.1325800.2016 и СП 260.1325800.2023. Конструкции стальные тонкостенные из холодногнутых оцинкованных профилей и гофрированных листов. Правила проектирования. – Москва: ФГБУ «РСТ», 2024. – 114 с. и др.), а также накопленному опыту, сегодня ЛСТК получили широкое распространение практически во всех регионах России.

Конструкции из ЛСТК используются не только в малоэтажном строительстве, но и при возведении многоэтажных зданий (устройстве перекрытий, фасадов и пр.) [22], а также при реконструкции⁷ [27]. Интересным аспектом исследований ЛСТК в Санкт-Петербургском политехническом университете Петра Великого является изучение не только общих вопросов этой технологии [23], но также исследования совместной работы тонколистового гнутого профиля с конструкционными и теплоизоляционными материалами [32-34].

В России, ряде европейских стран и США проводятся исследования сейсмостойкости как отдельных конструктивных элементов из тонкостенных гнутых профилей, так и зданий из ЛСТК. В частности, в Центре исследований сейсмостойкости сооружений (ЦИСС) ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко проведены экспериментальные исследования навесных фасадных панелей, изготовленных из стальных холодногнутых оцинкованных профилей с обшивками из гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм и цементно-стружечных плит толщиной 12 мм [35]. Крепление наружной обшивки к стальному каркасу осуществлялось с помощью самонарезающихся винтов. Результаты испытаний показали механическую безопасность, конструктивную целостность и эксплуатационную пригодность системы «каркас – обшивка».

Важным этапом дальнейшего развития рассматриваемой технологии в России можно считать выход в свет (публикацию) двух изданий: «Пособие по проектированию строительных конструкций малоэтажных зданий из стальных холодногнутых оцинкованных профилей (ЛСТК) / [АРСС, Ассоциация развития стального строительства]; под редакцией Назмеевой Т. В. – Санкт-Петербург: Первый ИПХ, 2021. – 238 с. и учебного пособия «Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК). Проектирование, изготовление, монтаж / Астахов И. В., Гудков А. Н., Жидков К. Е. и др.; под общей ред. Зверева В. В. – М.: Издательство «Перо», 2023. – 412 с. В этих изданиях в полной мере отражены все тонкости этой инновационной технологии.

Поскольку применение лёгких стальных конструкций из гнутых профилей имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению как со стальными конструкциями из прокатных профилей, так и с конструкциями из других материалов, их дальнейшее внедрение в практику строительства Кыргызстана является актуальным и экономически обоснованным, однако требующим проведения специальных исследований и разработки нормативных документов, учитывающих специфику региона.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ЛСТК В КЫРГЫЗСТАНЕ

Пионерами внедрения этой технологии в Кыргызстане являются ОАО “Завод модульных металлических конструкций” (“ЗММК”) и фирма “Монтажник” [36, 37]. В 2007 году ОсОО «Монтажник» первым в республике приобрело оборудование и на своем заводе кровельных материалов в пригороде Бишкека освоило выпуск тонкостенных холодногнутых профилей из оцинкованной стали толщиной от 0,8 до 1,2 мм. Одним из объектов, построенных по технологии ЛСТК из профилей завода «Монтажник», была школа в селе Нура Баткенской области. В 2008 году здание школы прошло экспериментальную проверку сильным землетрясением, а результаты обследования показали его высокую сейсмостойкость. Это обстоятельство послужило основанием для принятия руководством республики программы строительства во всех регионах школьных зданий с каркасом из ЛСТК. В настоящее время многопрофильная компания «Монтажник» продолжает производство тонкостенных гнутых профилей толщиной 0,7–1,2 мм для устройства фасадов, панелей и несущих элементов каркаса (рис. 1).

⁷ Талдом Профиль. Опыт применения легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) при реконструкции зданий [Электронный ресурс]. - URL: http://www.taldom-profil.ru/netcat_files/userfiles/info/LSTKreconstruction.pdf (дата обращения: 20.09.2024).



Рис. 1. Продукция компании «Монтажник»: гнутые профили для фасадных систем и каркас жилого дома
Fig. 1. Products of the “Montazhnik” company: curved profiles for facade systems and the frame of an apartment building

Примерно с 2013 года строительно-инжиниринговой компанией DSKA Engineering⁸ освоено полный цикл строительства зданий из ЛСТК, включающий закупку тонколистовой прокатной стали, высокотехнологичное производство холодногнутых профилей, проектные работы и монтаж конструкций. На собственной производственной базе в г. Бишкеке компания выпускает «U» и «С» образные профили из оцинкованной стали толщиной от 0,7 до 2 мм, которые применяются при устройстве каркасов, перегородок, стропильных систем мансард, крыш и др. (рис. 2) [38].

Самые большие объемы работ по строительству зданий из ЛСТК в Кыргызской Республике приходится на группу компаний ОсОО «Seido Systems» и ОсОО «Alto Group», которые больше 10 лет занимаются внедрением этой технологии под торговой маркой «Karkas.kg»⁹. На строительном рынке компании взаимосвязаны, поскольку компания «Seido Systems» занимается непосредственно производством и реализацией металлоконструкций, а «Alto Group» является чисто строительной компанией, которая специализируется на малоэтажном строительстве объектов «под ключ» из легких тонкостенных стальных конструкций, выпускаемых «Seido Systems» (рис. 3).



Рис. 2. Один из объектов компании DSKA Engineering – здание обувной фабрики Imperial Shoes в процессе строительства⁹

Fig. 2. One of the objects of the DSKA Engineering company is the building of the Imperial Shoes shoe factory under construction⁹

⁸ DSKA Engineering Co [Электронный ресурс]. - URL: <https://dska.kg/> (дата обращения: 04.10.2024).

⁹ Karkas.kg [Электронный ресурс]. - URL: <https://karkas.kg/> (дата обращения: 25.09.2024).

Особенности профилей «Karkas.kg»: сталь S550GD и алюмоцинковое покрытие марки AZ150, обеспечивающее долговечность изготовленных из них конструкций. Соединение стальных элементов каркаса – на заклепках.



Рис. 3. Объекты компании «Karkas.kg» в процессе строительства – складской комплекс и двухэтажный жилой дом¹⁰

Fig. 3. Company facilities "Karkas.kg" a warehouse complex and a two-storey apartment building are under construction¹⁰

В 2019 году конструкции «Karkas.kg» прошли экспериментальную проверку на сейсмостойкость¹⁰. Натурные вибродинамические испытания фрагмента двухэтажного дома из ЛСТК провели Международная ассоциация экспертов по сейсмостойкому строительству (МАЭСС) и Казахский научно-исследовательский институт строительства и архитектуры (АО КазНИИСА). Испытуемый фрагмент представлял собой систему связанных между собой и дисками перекрытий несущих стеновых панелей из тонкостенных стальных гнутых профилей, установленную на специальной платформе (рис. 4). Габариты объекта: прямоугольная форма в плане с размерами в осях 5,4 × 6,0 м и высотой в коньке 7,3 м; высота этажа 3,1 м.

Испытания проводились с помощью вибрационной машины инерционного действия типа В-3 в два этапа. На первом изучалась работа здания без наружной обшивки. На втором этапе к несущему каркасу крепились обшивки из древесно-стружечных плит типа OSB (ОСП) толщиной 15 мм. Для крепления обшивки к элементам каркаса использовались самонарезающие винты, а соединения стальных элементов между собой осуществлялись при помощи нержавеющей вытяжных заклёпок из оцинкованной стали фирмы «НАКРООМ» и стальных самонарезающих винтов с пресс шайбой фирмы «РАТТА».



Рис. 4 – Фрагмент здания «Karkas.kg» в процессе вибродинамических испытаний¹⁰
Fig. 4 – Fragment of the building "Karkas.kg" in the process of vibrodynamic tests¹⁰

¹⁰ Karkas.kg [Электронный ресурс]. - URL: <https://karkas.kg/> (дата обращения: 25.09.2024).

Результаты испытаний подтвердили надежность и сейсмостойкость здания из ЛСТК (уровень горизонтальной инерционной нагрузки превышал расчетную сейсмическую нагрузку, соответствующую землетрясению силой 9 баллов), что позволило специалистам республики рекомендовать систему «Karkas.kg» высотой до 3-х этажей для возведения на площадках сейсмичностью 7–9 баллов¹¹.

Результаты испытаний также могут послужить основой для дальнейшего совершенствования строительных норм республики Кыргызстан, регламентирующих строительство в сейсмоопасных районах. В данный момент в СН КР 20-02:2024 «Сейсмостойкое строительство. Нормы проектирования» нет рекомендаций по учету пластических деформаций зданий из ЛСТК при сейсмическом воздействии. В таблице 7.8 СН КР 20-02:2024, в которой приводятся коэффициенты поведения регулярных по высоте зданий, отвечающие за неупругую работу конструкций, отсутствует значение данного коэффициента для зданий из ЛСТК. В практике проектирования для данного типа конструкций, как правило, используется коэффициент поведения для каркасных зданий, равный 4 или 3.3, что соответствует значению 0.25 и 0.3 коэффициента допускаемых повреждений, регламентируемого нормами РФ. Изменение 4 норм Российской Федерации СП 14.13330.2018 «Строительство в сейсмических районах» регламентирует значение понижающего коэффициента допускаемых повреждений K_1 , аналогичного по смыслу коэффициенту поведения в нормах Кыргызстана, для зданий из холодногнутых профилей. Данное значение варьируется от 0.35 до 0.5 в зависимости от конструктивных особенностей зданий, что выше, чем используемые в настоящее время в Кыргызстане коэффициенты 0,25 и 0,3. Применение коэффициента, учитывающего неупругие деформации специализированно для ЛСТК, позволяет принимать более обоснованные решения при проектировании данного вида конструкций. Как видим, нормативная база Кыргызстана несколько запаздывает и для повсеместного введения ЛСТК требуется ее доработка.

Ещё одним лидером внедрения высокотехнологичных решений в области строительства в республике, является компания NTEK. За сравнительно небольшой срок (компания основана в 2010 году), она, в содружестве с российской компанией «Фабрика каркасов» и американской химической компанией Huntsman Building Solutions, освоила технологию «ЛСТК + пенобетон» (напыляемый пенополиуретан SPF)¹².

Важные особенности данной технологии: применение профиля 3-го поколения С-образной формы с дополнительными ребрами жесткости и увеличенной высотой полки (47 мм) (рис. 5); использование для крепления элементов между собой вытяжной заклёпки с цуклевкой под неё, что даёт возможность делать соединение при необходимости разборным и, наконец, свойства термопены, которая обладает (по сравнению с другими изоляционными материалами) более низким уровнем теплопроводности и высоким уровнем герметичности.

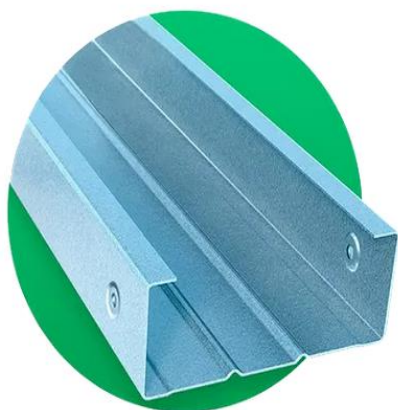


Рис. 5 – Продукция компании NTEK: тонкостенный гнутый профиль 3-го поколения и двухэтажный жилой дом¹³
Fig. 5 – NTEK products: thin-walled curved profile of the 3rd generation and a two-storey residential building¹³

¹¹ Наши конструкции из ЛСТК выдерживают землетрясения в 9 и более баллов [Электронный ресурс]. - URL: <https://karkas.kg/ispytanie-konstruktsij-lstk/> (дата обращения: 10.09.2024).

¹² Профиль ЛСТК от Фабрики Каркасов [Электронный ресурс]. - URL: <https://фабрика-каркасов.рф/profil-lstk-ot-fabriki-karkasov/> (дата обращения: 02.09.2024)

¹³ О ЛСК. Новый этап в развитии строительства! [Электронный ресурс]. - URL: <https://ideametal.bg/za-lsk> (дата обращения: 10.09.2024)

Сравнительно недавно на строительном рынке Кыргызстана появилась компания «Nomad Engineering», специализирующаяся на возведении объектов различного назначения по собственной технологии ПСПК – Перекрестно-Стержневые Пространственные Конструкции (рис. 6 – рис. 8)¹⁴.

Инновационная технология ПСПК предусматривает изготовление на собственной производственной базе инновационных тонкостенных стальных дважды гнутых С-образных профилей и одноболтовое узловое соединение элементов (рис.6). Эти решения позволяют не только снизить расход стали, но и в несколько раз сократить сроки возведения объектов. В настоящее время продолжается совершенствование этой технологии: проводятся испытания элементов и узлов конструкции, разрабатываются специальные технические условия и другая нормативно-техническая документация, которые должны обеспечить условия дальнейшего применения технологии ПСПК в строительстве не только Кыргызстана, но и других стран СНГ.



Рис.6. Тонкостенный стальной дважды гнутый профиль и узел соединения стержней такого профиля
Fig.6. Thin-walled double-bent steel profile and the junction of the rods of such a profile



Рис. 7. Пространственный арочный каркас «Nomading» в процессе строительства¹⁵
Fig. 7. Spatial frameworks of "Nomading" in the construction process¹⁵

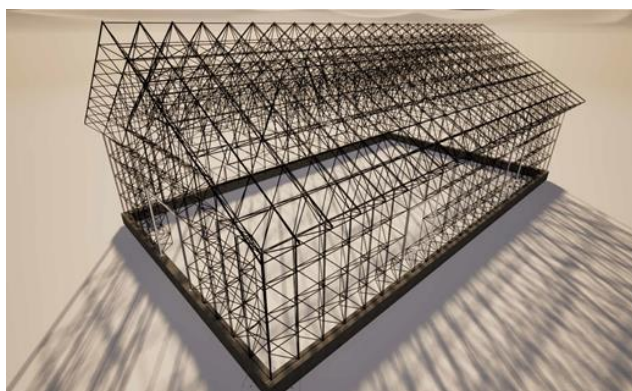


Рис. 8. 3D-модель одного из проектируемых объектов компании «Nomading»¹⁵
Fig. 8. 3D model of one of the projected facilities of the Nomading company¹⁵

¹⁴ Nomad Engineering [Электронный ресурс]. - URL: <https://www.nomading.technology/> (дата обращения: 20.10.2024).

¹⁵ Представители ИСИ на производстве ЛСТК «Nomading» в г. Бишкек [Электронный ресурс]. - URL: https://ice.spbstu.ru/news/predstaviteli_isi_na_proizvodstve_nomading_v_g_bishkek/ (дата обращения: 10.02.2025)

ИССЛЕДОВАНИЯ

Первые попытки теоретических и экспериментальных исследований узловых соединений легких стальных тонкостенных конструкций были осуществлены в Кыргызско-Российском славянском университете (КРСУ) еще в 2012–2015 годах.

Помимо уже описанных выше вибродинамических испытаний фрагмента здания «Каркас.кг», в ГИССИП Госстроя КР в 2018–2023 годах проводились исследования работы узловых соединений стержней из тонкостенных гнутых профилей на самонарезающихся винтах при статических нагрузках. Экспериментально теоретические исследования подтвердили возможность применения таких узловых соединений в конструкциях малоэтажных зданий, а опыт экспериментального строительства позволил разработать проект СТО «Руководство на проектирование зданий из легких стальных тонкостенных конструкций, располагаемых в районах сейсмичностью 9 баллов».

В настоящее время в институте проводятся исследования работы перекрестно-стержневых пространственных систем компании «Nomading» и разрабатываются нормативные документы для расширения объемов применения этих конструкций за счет выхода на строительный рынок стран ЕАЭС.

ПЕРСПЕКТИВЫ

Предваряя обсуждение перспектив применения ЛСТК в Кыргызской Республике, приведём список основных нормативных документов, которые обеспечивают не только успешное применение этой технологии сегодня, но служат основанием и для её будущего. Документы разработаны Государственным институтом сейсмостойкого строительства и инженерного проектирования (ГИССИП) Государственного агентства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства при Кабинете Министров Кыргызской Республики и находятся в открытом доступе. <http://giss.kg/index.php/ru/>

1. Технический регламент «О безопасности строительства зданий различного назначения из быстровозводимых конструкций и материалов». Утвержден постановлением Правительства Кыргызской Республики от 2 августа 2010 года N 143.

2. СП КР 31–108:2023 «Быстровозводимые здания из легких конструкций. Расчет легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК)».

3. СН КР 20–02:2024 (СН КР 20-02:2018). «Сейсмостойкое строительство Нормы проектирования».

4. СТО 28974873-002-2024 (проект). Актуализированная редакция СТО 28084525-08-2021 «Профили стальные тонкостенные гнутые».

Как уже было отмечено выше, нормативная база Кыргызстана несколько «запаздывает» и для повсеместного введения ЛСТК требуется ее доработка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Кыргызстан горная страна, территория которой находится в зоне высокой сейсмической активности, а населенные пункты на достаточно большом расстоянии от основных производственных баз. В этих условиях применение технологии ЛСТК обеспечивает (за счет небольшой собственной массы и проверенных экспериментом узловых соединений и конструкций), во-первых, сейсмобезопасность строящихся объектов; во-вторых, возможность монтажа конструкций в отдаленных и труднодоступных районах без использования грузоподъемных механизмов и сварочных работ, в-третьих, сокращение до минимума транспортных расходов на доставку конструкций в отдаленные и труднодоступные районы.

Стальные прокатные профили экспортируются в республику из стран СНГ и Китая, что определяет их высокую стоимость. Поэтому изготовление на собственном технологическом оборудовании гнутых профилей из недорогого тонколистового проката позволяет, в определенных случаях, заменить дорогостоящие прокатные профили и, во взаимосвязи с другими преимуществами ЛСТК, снизить стоимость строительства.

Важный аспект применения ЛСТК в Кыргызской Республике в перспективе – при реконструкции зданий существующей застройки, а также при восстановлении поврежденных зданий после землетрясений. И, конечно же, необходимым фактором перспектив этой инновационной технологии в Кыргызстане является продолжение исследований работы как самих стержневых элементов из тонкостенных профилей в условиях сложного напряженного состояния при статических и динамических нагрузках, так и их узловых соединений, обеспечивающих надежность зданий, возведенных по технологии ЛСТК.

При подготовке статьи частично были использованы материалы компаний «Монтажник», «DSKA Engineering», «Karkas.kg», «Nomading» и ГИССИП Госстроя КР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ghersi A., Landolfo R., Mazzolani F.M. Design of Metallic Cold-formed Thin-walled Members. London. Spon Press. 2002. 198 p.
2. Wei-Wen Yu, Roger A., La Boube, Chen H. Cold-Formed Steel Design, Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc. 2020. 528 p.
3. Don A. History of Cold-formed steel // Structure magazine. 2006. № 11. Pp. 28 -32.
4. Tăranu G., Toma I-O. FEM analysis of a floor structural system made of thin-walled cold-formed steel profiles// IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering.2021. Vol. 1141. Art. No. 012033. 27th-29th May 2021, Iasi, Romania. DOI:10.1088/1757-899X/1141/1/012033.
5. Kishino V.H., Kishino R.T., Coda H.B. A sequential investigation of the residual stresses and strains influence on the buckling of cold- formed thin-walled members//Thin-Walled Structures. 2022. Volume 180. Art. No. 109814.
6. Kotelko M., Grudziecki J., Ungureanu V., Dan D. Ultimate and post-ultimate behaviour of thin-walled cold-formed steel open-section members under eccentric compression. Part I: Collapse mechanisms database (theoretical study)//Thin-Walled Structures. 2021. Volume 169. Art. No. 108366. DOI: 10.1016/j.tws.2021.108366.
7. Borkowski L., Grudziecki J., Kotelko M., Ungureanu V., Dubina D. Ultimate and post-ultimate behaviour of thin-walled cold-formed steel open-section members under eccentric compression. Part II: Experimental study// Thin-Walled Structures. 2022. Volume 171. Art. No. 108802. DOI: 10.1016/j.tws.2021.108802.
8. Xiang Y., Zhou X., Shi Y., Zhou J. Ke. K., Deng F. Study on the seismic performance of cold-formed thin-walled steel frame with K-shaped braced shear panel//Thin-Walled Structures. 2023. Volume 184. Art. No. 110449. DOI: /10.1016/j.tws.2022.110449.
9. Xiang Y., Zhou X., Ke K., Shi Y., Xu L. Experimental research on seismic performance of cold-formed thin-walled steel frames with braced shear panel//Thin-Walled Structures. 2023. Vol.182. Part A. Art. No. 110210. DOI: 10.1016/j.tws.2022.110210.
10. Wu F., Li Y. Large-scale shaking table tests of a six-story floor-by-floor assembled CFS frame-framing shear wall structure //Engineering Structures. 2023. Volume 293. Art. No. 116608. DOI:10.1016/j.engstruct.2023.116608.
11. Zhou X., Yao X., Xu L., Shi Y., Ke K., Liu L. Shake table tests on a full-scale six-storey cold-formed thin-walled steel-steel plate shear wall structure panel//Thin-Walled Structures. 2022. Volume 181. Art. No. 110009. DOI: 10.1016/j.tws.2022.110009.
12. Pan F., Wang Y., Huang Ch. Design and bearing capacity analysis of cold-formed thin-walled steel-timber composite members// E3S Web of Conferences.2021. 248. Art. No. 03047.DOI: 10.1051/e3sconf/202124803047.
13. Loss. C., Davison, B. Innovative composite steel-timber floors with prefabricated modular components// Engineering Structures. 2017. Volume 132. Pp. 695-713. DOI:10.1016/j.engstruct.2016.11.062.
14. Тришевский И. С., Лемпинский В.В., Воронцов Н.М., Донец Г.В. Гнутые профили проката: справочнику М.: Металлургия, 1967. 379 с.
15. Айрумян Э.Л., Рожков А. В. Легкие стальные конструкции зданий с применением гнутых профилей. М.: ВНИИИС, 1987. 78 с.
16. Павлов А.Б., Айрумян Э.Л., Камынин С.В. Каменщиков Н.И. Быстровозводимые малоэтажные жилые здания с применением легких стальных тонкостенных конструкций // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 9. С. 51–53. EDN HVAXXX.
17. Айрумян Э. Л., Беляев В.Ф., Каганов А.А., Румянцева И.А. Легкие стальные каркасы из оцинкованных гнутых профилей для одноэтажных зданий массового применения // Промышленное и гражданское строительство. 2003. №6. С. 23–24. EDN QIZAPP.
18. Лалин В.В., Рыбаков В.А., Морозов С.А. Исследование конечных элементов для расчета тонкостенных стержневых систем // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 1 (27). С. 53–73. EDN: ORDEDD.
19. Дьяков С. Ф., Лалин В.В. Построение и анализ конечных элементов тонкостенного стержня открытого профиля с учетом деформаций сдвига при кручении // Вестник Пермского государственного технического университета. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. 2011. № 2. С. 130-140. EDN OILLEL.
20. Дьяков С. Ф., Лалин В.В. Построение и анализ конечного элемента тонкостенного стержня с учетом деформаций сдвига для решения задач динамики // Интернет-журнал Науковедение. 2013. № 5(18). С. 93. – EDN RXOHTX.
21. Куражова В. Г., Назмеева Т. В. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 3(21). С. 47–52. EDN: NTLXR.
22. Советников Д.О., Виденков Н.В., Трубина Д.А. Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве // Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015, № 3 (30). С. 152–162. EDN: TUHVXJ.
23. Альхименко А. И., Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Технология легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК). СПб.: Изд-во СПбОДЗПП, 2008. 26 с.
24. Гуснин А.Р. Численный расчет конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля: монография. М.: Издательство АСВ, 2009. 144 с.

25. Лагун Ю.И., Лешкевич О.Н., Новиков В.Е., Чубрик А. Экспериментальные исследования поведения тонкостенных холодногнутох профилей под нагрузкой // Современные металлические и деревянные конструкции (нормирование, проектирование и строительство): сб. науч. тр. Междунар. симпоз., г. Брест, 5–18 июня 2009 г. – Брест: ОАО «Брестская типография», 2009. С. 148–153.
26. Юрченко В. В., Проек В.В. Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутох профилей в среде SCAD Office // Инженерно-строительный журнал. 010. –№8(18). С. 38–46. EDN: NBGCJN.
27. Петров К.В., Золотарева Е. А., Володин В. В., Ватин Н.И., Жмарин Е.Н. Реконструкция крыш Санкт-Петербурга на основе легких стальных тонкостенных конструкций и антиобледенительной системы// Инженерно-строительный журнал. 2010. № 2. С. 59–64. EDN: MZJDAP.
28. Билык С. И., Белов И.Д., Глитин А.Б. Экспериментальное исследование конструкций, выполненных из гнутых тонкостенных профилей// Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре: сб. ст. междунар. конф. Липецк: ЛГТУ, 2009. С. 6–10.
29. Коротких А. В., Кретинин А.Н., Крылов И.И. Особенности работы одно- и многоболтовых фрикционных сдвигостойчивых соединений тонкостенных профилей // Эффективные конструкции, материалы и технологии в строительстве и архитектуре: сб. ст. междунар. конф. – Липецк: ЛГТУ, 2009. С. 48–52.
30. Енджиевский В., Крылов И.И., Кретинин А.Н., Терешкова.А.В. Ограждающие и несущие строительные конструкции из стальных тонкостенных профилей: монография. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2010. 281 с.
31. Семко В.А. Расчет несущих и ограждающих конструкций из стальных холодноформованных профилей в соответствии с Еврокодом 3. Киев: ООО «НПП «Интерсервис», 2015. 143 с.
32. Rybakov, V. Condition Load Effect Factor of Profile Steel in Lightweight Steel Concrete Wall Panels// Construction of Unique Buildings and Structures. 2023. 106. Art. No 10602. DOI:10.4123/CUBS.106.2.
33. Rybakov V., Ogurtsov M., Dentsel I., Tsvetkova A. Lightweight steel concrete trusses// Construction of Unique Buildings and Structures. 2024.113.Art. No 11301. DOI:10.4123/CUBS.113.1.
34. Рыбаков В. А., Дружинина С. Н. Совместная работа стальных тонкостенных профилей и легкого бетона в конструкции перекрытия // Инженерные исследования. 2024. №2(17). С. 22–27. EDN: EBGXBJ.
35. Бубис А.А., Гизятуллин И.Р., Доттуев А.И., Назмеева Т. В. Сейсмостойкость зданий из каркасно-обшивных конструкций с каркасом из стальных холодногнутох оцинкованных профилей // Вестник НИЦ «Строительство». 2021. Т. 31. № 4. С. 98–109. DOI: 10.37538/2224-9494-2021-4(31)-98-109.
36. Семенов В.С., Греховодов В.С., Кондрашов А.В. Быстровозводимые малоэтажные здания из легких стальных тонкостенных конструкций// Вестник КРСУ. 2008. Т. 8. – № 9. С. 154–159. EDN: LHSIWN.
37. Бегалиев У. Т., Абдыкалыков Д.А. Применение легких стальных тонкостенных холодноформованных конструкций в строительстве // Наука и инновационные технологии. 2018. № 8 (8). С. 150–153. EDN: YSBJZB.
38. Семенов В. С., Черных-Рашевский И.А., Токарский А.В. Узловые соединения стальных тонкостенных конструкций. Основные типы. Особенности работы// Вестник КГУСТА. 2015. № 4 (40). С. 27–33. EDN: WMUIBB.

ОБ АВТОРАХ

Владимир Сергеевич Семенов (ORCID: 0009-0004-3779-3486; SPIN: 3066-8535) – д.т.н., профессор кафедры «Строительство», Кыргызско-Российский славянский университет (КРСУ). 720040, Кыргызская Республика, г. Бишкек, пр. Чуй, 126/18 44. E-mail: tie-break@mail.ru

Адыл Камбарович Акматов (SPIN: 8121-3950) – к.т.н., доцент кафедры «Строительство», Кыргызско-Российский славянский университет (КРСУ). 720065, Кыргызская Республика, г. Бишкек, ул. Киевская 44. E-mail: akmatof1980@mail.ru

Владимир Александрович Рыбаков (ORCID: 0000-0002-2299-3096; SPIN: 4936-7819; Scopus ID: 56296687300) – д.т.н., доцент ВШПГиДС ИСИ, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ). 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д.29. E-mail: fishermanoff@mail.ru

Сергей Михайлович Амеличев (ORCID: 0009-0006-8260-2022) – магистрант, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), 195251, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29. E-mail: amelichevsergei02@gmail.com

ABOUT THE AUTHORS

Vladimir S. Semenov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction, Kyrgyz-Russian Slavic University (KRSU). 126/18, Chui Ave., Bishkek, 720040, Kyrgyz Republic. E-mail: tie-break@mail.ru

Adyl K. Akmatov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction, Kyrgyz-Russian Slavic University (KRU). 720065, old Republic, Bishkek, you. Kievskaya 44. E-mail: akmatof1980@mail.ru

Vladimir A. Rybakov – Doctor of Technical Sciences. assistant professor of Higher School of Industrial, Road and Civil Engineering of Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: fishermanoff@mail.ru

Sergey M. Amelichev – Master's student, Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University (SPbPU). 195251, Russia, St.Petersburg, Polytechnicheskaya st., 29. E-mail: amelichevsergei02@gmail.com