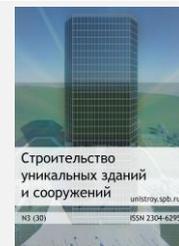


Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spb.ru



Легкие стальные тонкостенные конструкции в многоэтажном строительстве

Д.О. Советников¹, Н.В. Виденков², Д.А. Трубина³

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого», 195251, Россия, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, 29.

Информация о статье

УДК 69

Статья о новом оборудовании, материалах, технике и технологиях

История

Подана в редакцию 6 октября 2014
Принята 17 февраля 2015

Ключевые слова

легкие стальные тонкостенные конструкции,
ЛСТК,
многоэтажное строительство,
стальной каркас,
каркасное строительство

АННОТАЦИЯ

К настоящему моменту легкие стальные тонкостенные конструкций широко применяются при строительстве зданий и сооружений во всём мире. В России возведение подобных сооружений также осуществляется, но до недавнего времени ограничивалось малоэтажными строениями. Во многом это связано с отсутствием единых нормативной базы и стандартов производства ЛСТК, достаточного опыта строительства данных сооружений.

В статье рассмотрена технология строительства многоэтажных зданий с использованием ЛСТК, а также предложены возможные конструктивные решения на основе существующих проектов. Проведено сравнение ЛСТК с другими материалами, используемыми в качестве ограждающих конструкций в зданиях с большой высотой. Выявлены основные преимущества и недостатки применения легких стальных тонкостенных конструкций в многоэтажном строительстве.

Содержание

1.	Введение	153
2.	Обзор литературы	153
3.	Постановка задачи	154
4.	Использование ЛСТК	154
5.	Технология многоэтажного строительства	155
6.	Основные преимущества и недостатки	158
7.	Заключение	160

1

Контактный автор:

+7 (911) 901 9058, sovvet96@yandex.ru (Советников Даниил Олегович, студент)

2

+7 (911) 756 2244, xnickid@gmail.com (Виденков Никита Викторович, студент)

3

+7 (950) 002 7246, d.trubina@inbox.ru (Трубина Дарья Алексеевна, ассистент, аспирант)

1. Введение

Строительство с применением металлоконструкций широко и эффективно используется во многих развитых странах мира. Появление новых инновационных технологий в строительстве совместно с развитием металлургии делают металл одним из наиболее перспективных материалов будущего.

В настоящее время в мировой практике особое внимание уделено использованию легких строительных конструкций из тонкостенных холодногнутох оцинкованных профилей (ЛСТК). Они производятся методом холодного формообразования на профилегибочных станках из прокатного листового металла [1].

Легкие стальные конструкции отличаются малой металлоемкостью, достигнутой благодаря рациональной конструктивной форме, оптимальным размерам сечений, использованию стали повышенной прочности и применению алюминиевых сплавов. Кроме того, ЛСТК характеризуется доступностью изготовления и транспортировки, высокой технологичностью, скоростью возведения и, что немаловажно, снижением затрат на строительство объекта, начиная с нулевого цикла.

Широкое распространение конструкций из тонкостенного профиля российского производства затруднено в значительной мере из-за несовершенства отечественных нормативных и методических баз по расчету ЛСТК, отсутствия надлежащих инструкций по монтажу и эксплуатации, недостаточного опыта проектирования подобных конструкций. В тоже время существуют зарубежные нормы и стандарты для проектирования подобных конструкций, такие как Еврокод-3 и AJSJ. Поэтому до создания единых российских стандартов ЛСТК целесообразно полагаться на мировой опыт в развитии данной области строительства.

До недавнего времени металлоконструкции в России применялись в большей мере для строительства промышленных, а также малоэтажных зданий и сооружений. Однако подобные технологии могут использоваться и для строительства многоэтажного жилья, способного соответствовать всем необходимым стандартам и нормам, а также обеспечивать требуемый комфорт внутри помещения.

2. Обзор литературы

М. Селикэг (M. Celikag) и С. Наими (S. Naimi) в своей работе [2] оценили динамику строительства средневысотных зданий с 2000 по 2007 года на севере Кипра. Ими были рассмотрены проблемы использования железобетонных конструкций при строительстве подобных зданий, такие как: неправильный контроль качества существующих конструкций, неверно подобранные материалы для изоляции от внешних воздействий, различные причины, которые приводят к возникновению трещин и вызывают разрушение железобетона, а также неправильный подбор типов фундаментов. Также были рассмотрены сооружения из тонкостенных стальных конструкций, и выявлены их преимущества перед железобетонными. К ним относятся: легкость монтажа, малый вес несущих элементов, сейсмостойчивость и простота при замене и реконструкции этих элементов.

Энрикоде Ангелиса (Enricode Angelisa) и Эрманно Серра (Ermanno Serra) в своём исследовании [3] изучают термоизоляцию и теплопроводность легких стальных тонкостенных конструкций. В ходе работы были рассмотрены различные типы стен, исходя из следующих характеристик: толщина изолирующего слоя, количество и толщина холодногнутох стальных стержней. Приведены расчеты теплопроводности и теплопередачи для каждого из рассмотренных видов стен, а также рекомендации по улучшению строительных стандартов и данных производителей на территории Италии.

В.В. Юрченко в своей работе [4] уделила внимание статистическому анализу и определению внутренних усилий в элементах конструкций из тонкостенных холодногнутох стержней открытого профиля при учете стесненного кручения. Приведены исследования проблемы устойчивости несущих элементов из холодногнутох профилей, а также их критической работы (после потери местной устойчивости сжатых элементов сечения и после потери устойчивости формы поперечного сечения).

М.В. Ананина занималась исследованием коррозии легких стальных конструкций, выполненных из холодногнутох профилей. В статье [5] были приведены типы и причины коррозии подобных конструкций, а также необходимые меры предосторожности и защиты, способные сохранить конструкции от подобных негативных эффектов. Кроме этого, автор делает акцент на зависимость коррозии от формы стальной конструкции.

Д.А. Трубина, Д.А. Абдулаев, Е.Д. Пичугин и М.Р. Гарифуллин в своей работе [6] исследовали локальную устойчивость ЛСТК. По результатам проведенного обзора авторы предложили учитывать

геометрическую нелинейность при расчете подобных конструкций. Влияние геометрической нелинейности подробно рассмотрено в их следующих работах [7, 8].

В.Г. Куражова и Т.В. Назмеева в статье [9] рассмотрели виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях, привели подробные характеристики каждого соединения, а также провели сравнительный анализ всех видов соединений, выявив недостатки и преимущества каждого из них в отдельности. Кроме того получен экономический расчет применяемых крепежных соединений из расчета их количества на один узел крепления.

Н.И. Ватин, Е.Н. Жмарин, В.Г. Куражова и К.Ю. Усанова в пособии [10] ставят целью ознакомить читателя с инновационной технологией строительства из ЛСТК общественных и жилых конструкций, а так же приводят аналитические и технические материалы, рекомендации и конструктивные решения при проектировании с использованием стальных конструкций.

3. Постановка задачи

До настоящего времени в России применение легких стальных тонкостенных конструкций рассматривалось, в большинстве случаев, для строительства малоэтажных зданий (до 4 этажей).

Целью данной работы является рассмотрение возможности использования технологии ЛСТК при строительстве многоэтажных зданий, а также описание возможных конструктивных решений на основе уже существующих проектов.

4. Использование ЛСТК

ЛСТК позволяют осуществлять быстровозводимое панельно-каркасное строительство. Суть заключается в применении перфорированного и неперфорированного металлопрофиля в качестве каркаса зданий. Ограждающими конструкциями являются специальные стеновые панели.

Особенностью каркасного дома является разделение функций несущей и ограждающей конструкций. Каркас выполняет несущую функцию, ограждающую — утеплитель в совокупности с ветро-гидро- и парозащитными материалами.

Профили формируются из стальных оцинкованных листов толщиной от 0,7 до 2 мм и могут быть использованы как для сборки цельного каркаса здания, так и устройства его отдельных элементов (наружных и внутренних стен, перегородок, межэтажных перекрытий).

Сталь, используемая для производства профилей, характеризуется высоким значением отношения прочности материала к его плотности, что позволяет создавать легкие конструкции с большой несущей способностью.

Термопрофиль (перфорированный профиль) отличается наличием сквозных поперечных сечений, выполненных в шахматном порядке, значительно увеличивающих путь прохождения теплового потока, значительно снижает потери тепла и позволяет избежать возникновения «мостиков холода». Такая особенность приводит к уменьшению поперечной теплопроводности стального оцинкованного профиля ЛСТК, что делает возможным его использование в роли каркаса стен внешнего периметра утепленного быстровозводимого здания.

Для несущего каркаса зданий чаще всего используются стандартные профили трех типов: швеллерные, С-образные и Z-образные. Высота сечения профилей изменяется от 100 до 400 мм.

Поперечные рамы каркаса здания, образованные из стоек, двускатных сплошностенчатых или решетчатых (ферменных) ригелей и опорных устройств в виде анкеров, упоров или затяжек, устанавливаются с шагом 3-6 метров.

Виды узловых соединений

В тонкостенных конструкциях используются следующие типы соединений: сварка, склеивание, винтовые, заклепочные и болтовые соединения.

В [9] были подробно рассмотрены преимущества и недостатки всех видов узловых соединений. На основании исследования авторы сделали вывод, что наибольшей популярностью пользуются саморезы, в силу их низкой стоимости. В таблице 1 представлено сравнение основных видов узловых соединений.

Таблица 1. Виды узловых соединений, их преимущества и недостатки

Виды узловых соединений	Преимущества	Недостатки
Сварные	-малая трудоемкость -герметичность соединения	-необходимы специальная техника и оборудование -возникновение дефектов швов
Клеевые	-напряжение в соединении распределено равномерно -низкая масса элементов в соединении -прилегающие элементы защищены от коррозии	-клей должен обладать рядом свойств: быть химически- и влаго- устойчивым -клей должен обеспечить прочность в пределах температур от -50 до +100
Винтовые (в данном типе соединений применяются самонарезающие винты, которые представляют собой болты небольшого диаметра с резьбой специального профиля)	-высокая скорость монтажа -обеспечение крепления профилей ЛСТК между собой, крепление стеновых панелей к каркасу, а также кровельных покрытий -применение самосверлящих саморезов исключает необходимость предварительного создания отверстий	-образуется неразборное соединение -часто в узлах невозможно разместить нужное количество винтов, что уменьшает несущую способность конструкции
Заклепочные	не позволяют распространяться усталостным трещинам	-отсутствие нормативной базы в России ограничивает широкое применение такого типа соединений -трудоемкость процесса (из-за необходимости сверления большого количества отверстий)
Болтовые	позволяет расширять область применения ЛСТК в большепролетных конструкциях	требуют более детальной разработки нормативной базы в России

5. Технология многоэтажного строительства

В отличие от стран Запада, где рассматриваемая технология применяется длительное время и практически повсеместно, в России утвердилось мнение, что сфера применения ЛСТК ограничивается малоэтажными и промышленными строениями. На практике же оказывается, что применение легких стальных конструкций возможно и целесообразно даже при строительстве зданий высотой более 10 этажей.

В качестве примера можно привести инновационную технологию СТИЛТАУН®, разработанную проектным бюро компании «Андромета», полностью соответствующую европейским стандартам и позволяющую возводить жилые дома до 6 этажей на несущих каркасах из легких оцинкованных металлоконструкций. На рисунках 1, 2 представлен строящийся 6-ти этажный дом в д. Кривское, Калужская область.



Рисунок 1. Строящийся объект СТИЛТАУН® [26]



Рисунок 2. Утепление и облицовка жилого дома [27]

Технические характеристики технологии СТИЛТАУН®:

- Температура от – 50 °С до + 50 °С
- Снеговая нагрузка I-V снеговой район
- Ветровая нагрузка I-IV ветровой район
- Сейсмическая нагрузка - до 9 баллов включительно
- Свободные пролеты межэтажных перекрытий до 8,5 м
- Огнестойкость несущих конструкций – REI120, междуэтажных перекрытий — REI 90

Линейные стальные детали могут собираться в каркасы панелей и ферм перекрытий (покрытий) как на заводе-изготовителе, так и на строительной площадке. Сборка панелей осуществляется при помощи самонарезающих винтов, соединение панелей между собой - при помощи самонарезающих винтов или болтов нормальной прочности.

Возведение каркаса 6-ти этажного трехсекционного жилого дома занимает 1,5-2 месяца.

Несущий каркас выполняется из С-образных профилей толщиной 0,7-4 мм, высотой 100-400 мм и монолитных стальных перекрытий с заполнением пенобетоном либо твердым утеплителем. Устойчивость каркаса обеспечивается внутренними продольными и поперечными стенами и горизонтальными межэтажными перекрытиями, связывающих стены и расчленяющих их на ярусы.

Несущие конструкции межэтажных перекрытий выполнены в виде ферм или балок из оцинкованного С-профиля толщиной 2-3 мм и высотой 150-300 мм. Для прокладки коммуникаций и вентиляции в стенках профиля выполняются технологические отверстия диаметром 120 мм.

Предусматривается два варианта заполнения перекрытий: легким пенобетоном (рисунок 3) либо твердым негорючим утеплителем (к примеру, минераловатным) (рисунок 4).

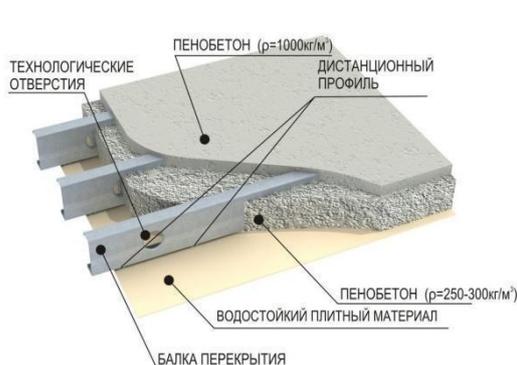


Рисунок 3. Перекрытие с заполнением пенобетоном [28]

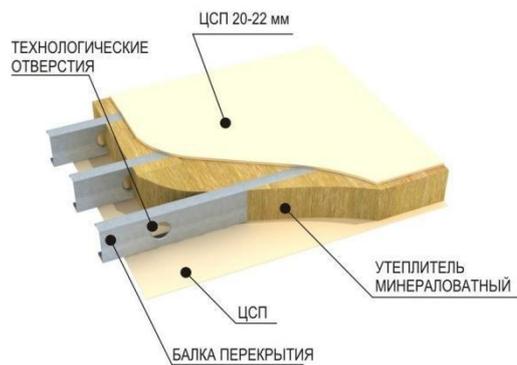


Рисунок 4. Перекрытие с заполнением минераловатным утеплителем [29]

Стеновые панели представляют собой конструкцию из стального оцинкованного профиля, залитого пенобетонной смесью по несъемной опалубке из влагостойкого плитного материала (рисунок 5). Обшивка стены крепится к каркасу панели с помощью самонарезающихся винтов. Между опалубкой и каркасом монтируется дистанционирующий профиль, создающий зазор, для того чтобы металлические конструкции были закрыты пенобетоном. Подобное решение совмещает в себе преимущества панелей из конструкционного бетона с существенно меньшей массой. Кроме того, появляется возможность изготавливать такие панели на месте возведения здания.

Негорючий утеплитель также может использоваться в качестве заполнителя для стен (рисунок 6). Наружной и внутренней обшивкой может служить любой негорючий листовый материал (стекломгнезитовый лист, цементно-стружечная плита, гипсокартон и пр.). Сама обшивка крепится к панелям при помощи самонарезающихся винтов. Внутреннее пространство между листами обшивки заполняется тепло и звукоизолирующим материалом.

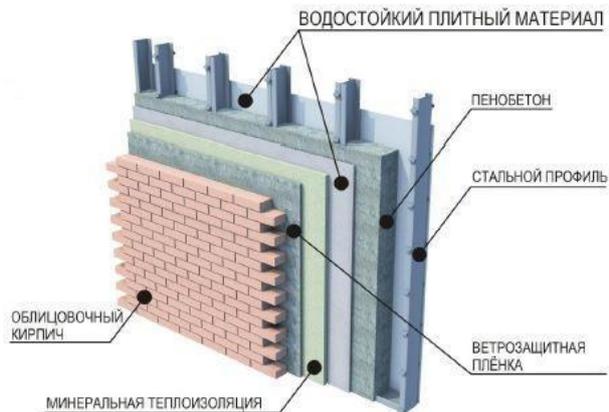


Рисунок 5. Стеновая панель с пенобетоном [30]

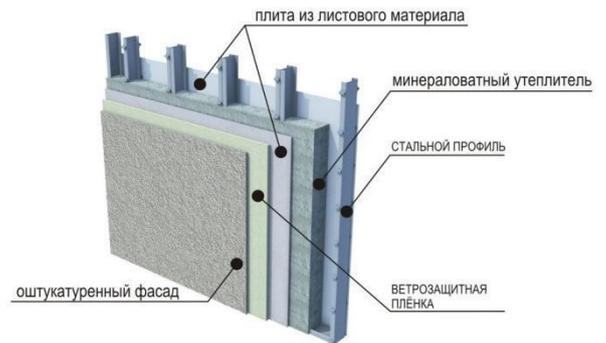


Рисунок 6. Стеновая панель с утеплителем [31]

В качестве наружной отделки возможно использование различных материалов: облицовочный кирпич, сайдинг, камень, сталь. Устройство вентиляционного зазора между каркасом здания и его отделкой способствует удалению влаги из стен, что защищает стальные панели от скопления конденсата и коррозии.

При строительстве домов с большей этажностью возможно использование ЛСТК в качестве ограждающих конструкций, несущие функции при этом осуществляет бетонный монолитный каркас, либо металлокаркас из сварных профилей.

Кроме компании "Андромета" свои разработки проектов многоэтажных зданий представила компания StrotisGroup. Совместно с финским производственным концерном Ruukki ими были разработаны технологии, которые позволяют возводить 16-ти этажные жилые дома на основе стального каркаса.

Одним из таких проектов является Т-16 - типовой многоэтажный дом для комплексной территориальной застройки с применением легких стальных конструкций в качестве наружных стен (рисунок 7).



Рисунок 7. Проект Т-16 [32]

Конструктивные решения:

Тип фундаментов - свайные или плитные.

Основной несущий каркас изготавливается на заводах из стандартного черного проката и сварных профилей индивидуального сечения, что обеспечивает конструкции высокую прочность.

Перекрытия - композитные ребристые с железобетонными балками в пролётах. Они обладают той же прочностью, что и железобетонные перекрытия, но обладают меньшим весом. Потолок - подшивной

Наружные стены являются каркасными, и изготавливаются на основе холодногнутых оцинкованных профилей с вентилируемым фасадом и эффективным утеплителем. Таким образом достигается высокий уровень изоляции при меньшей толщине.

Все материалы, используемые в проекте, максимальной заводской готовности, что обеспечивает на объекте минимальную подгонку и монтаж фасадов путем технологически и механически простого крепления. Мокрые процессы, отличающиеся технологической невоспроизводимостью, исключены.

Другой проект - T22Y (рисунок 8) является концепцией ярусной планировки, которая поможет решить множественные проблемы застройки в мегаполисах. По разным уровням разносятся транспортная функция(первый этаж — парковка), общественная жизнь и рекреационная часть. Кроме этого предполагается создание искусственного ландшафта.



Рисунок 8. Проект T22Y [33]

6. Основные преимущества и недостатки

Основные преимущества использования ЛСТК в многоэтажном строительстве представлены в таблице 2.

Таблица 2. Преимущества использования ЛСТК при многоэтажном строительстве

№ п/п	Преимущество использования ЛСТК	Примечание
1	Уменьшение затрат на строительство	<ul style="list-style-type: none"> – сокращение затрат на грузоподъемную технику и транспорт – снижение затрат на устройство фундамента вследствие уменьшения массы здания (экономия на нулевом цикле до 30-60%) – высокая степень заводской готовности компонентов, простоты и унификации сборочных элементов – низкие эксплуатационные расходы – готовность внутренней поверхности под чистовую обделку – экономия отделочных материалов благодаря высокой точности и правильной геометрии металлоконструкций – высокая контролируемость используемых материалов – относительно невысокие трудозатраты на строительство
2	Сокращение сроков строительства	<ul style="list-style-type: none"> – отсутствие «мокрых» процессов и высокая скорость монтажа (быстрее монтажа пеноблока в 2 раза)
3	Экологичность материала	<ul style="list-style-type: none"> – возможность рециркуляции металлоконструкций неограниченное количество раз – не впитывает и не выделяет химикаты

№ п/п	Преимущество использования ЛСТК	Примечание
		– сокращение затрат первичной энергии (необходимость подогрева бетона и его компонентов в процессе приготовления, транспортировки и застывания)
4	Высокая точность изготовления	– обеспечивается минимально допустимыми погрешностями при производстве на заводе и позволяет сократить расходы на выравнивание и доработку конструкций на стройплощадке, а также обеспечивает быстрый и точный монтаж остальных элементов здания (окон, дверей, фасадов, оборудования)
5	Возможность индивидуальных архитектурно-планировочных решений	
6	Возможность экономичного строительства в сложных климатических зонах (Крайний Север, сейсмоопасные районы)	
7	Технические преимущества	<ul style="list-style-type: none"> – энергоэффективность, снижение эксплуатационных затрат на отопление и кондиционирование – увеличение внутренних площадей за счет малой толщины стен при сохранении тех же теплотехнических характеристик – малый вес конструкции – стойкость к динамическим нагрузкам – огнестойкость – долговечность, срок службы стали около 100 лет – возможность внесезонного строительства благодаря «сухости» процесса – возможность эффективного ремонта и реконструкции

Возможные недостатки:

- необходимость официальной нормативной и проектно-конструкторской документации на стадии проектирования
- затраты на транспортировку
- возможность повреждения конструкции при транспортировке и выгрузке

Для более детального анализа сравним различные ограждающие конструкции, которые могут быть использованы, в том числе и при строительстве высотных сооружений.

В таблице 3 приведено сравнение ограждающих стен, выполненных из газосиликатных блоков с применением утеплителя (минеральной ваты), а так же каркаса из термопрофиля, заполненного эковатой.

Таблица 3. Сравнение установки ограждающих конструкций из различных материалов

Ограждающие конструкции	Толщина стен, мм	Коэффициент сопротивления теплопередаче R_0 , ($m^2 \cdot ^\circ C$)/Вт	Трудоемкость $1m^2$, чел./час.	Технологические процессы
Газосиликат с минеральной ватой	320	3,84	5,52	Кладка, штукатурка
ЛСТК + эковата (плотность укладки 45-50 кг/м ³)	228	5,55	1,75	Сухая сборка

Таким образом, стена из ЛСТК с утеплителем, обладая большей компактностью, показывает лучшие теплозащитные свойства, чем газосиликатная. То есть площадь стен здания увеличивается, а затраты на обогрев помещений снижаются. Кроме того, возведение стен из ЛСТК требует значительно меньших трудозатрат и не привязано к погодным условиям, в отличие от стен из газосиликата.

Сравнение толщин стен из различных материалов при одинаковом коэффициенте сопротивления теплопередаче $R=4,1 \text{ (м}^2\text{°C)/Вт}$ представлено в таблице 4.

Таблица 4. Толщина стены из различных материалов

Материал в основе стеновой панели	ЛСТК+минераловатный утеплитель	Керамический или газосиликатные блоки	Сухая древесина	Керамзитобетон	Щелевой кирпич	Полнотелый кирпич
Толщина (мм)	200	650	700	700	1500	2500

Как видно из таблицы, стены из ЛСТК обладают меньшей толщиной и весом при одинаковом сопротивлении теплопередаче, следовательно, снижают нагрузки на фундамент. Для строительства подобной стены необходимо меньшее количество материала – уменьшение материальных затрат.

7. Заключение

По результатам проведенного обзора и сравнительного анализа, можно сделать следующие выводы:

1. Отличительными особенностями данной технологии является легкость конструкций и высокая скорость монтажа, практически не зависящая от климатических условий. Кроме того, стоимость таких объектов ниже аналогичных с использованием других материалов на 25-50% за счёт меньших трудозатрат, снижения сроков строительства, уменьшения затрат на нулевом цикле.
2. Использование технологии ЛСТК позволяет возводить не только малоэтажные, но и многоэтажные объекты. При строительстве зданий до 6 этажей легкие стальные конструкции могут выполнять как несущую, так и ограждающую функции, использоваться для изготовления перекрытий. При большей этажности ЛСТК может применяться в качестве ограждающих конструкций.
3. Применение ЛСТК при возведении зданий с высотой более 20 этажей затруднительно во многом из-за несовершенства используемых технологий, малого опыта строительства подобных зданий. Успешное и продуктивное развитие данных технологий в нашей стране невозможно без создания единой нормативной базы проектирования ЛСТК, которая может быть разработана на основе уже имеющихся иностранных сводов правил.

Литература

- [1]. Местная потеря устойчивости стальных холодногнутых профилей в условиях поперечного изгиба / Трубина Д.А., Кононова Л.А., Кауров А.А., Пичугин Е.Д., Абдулаев Д.А. // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. №4 (19). С. 109-127.
- [2]. Celikag M., Naimi Building S.. Construction in North Cyprus: Problems and Alternatives Solutions. Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. Pp. 2269–2275.
- [3]. Enrico de Angelis, Ermanno Serraa. Light steel-frame walls: thermal insulation performances and thermal bridges. Energy Procedia. 2014. Vol. 45. Pp. 362–371.
- [4]. Юрченко В.В. Проектирование каркасов зданий из тонкостенных холодногнутых профилей в среде «SCAD Office» // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8(18). С. 38-46.
- [5]. Ананина М.В. Влияние коррозии на легкие стальные тонкостенные конструкции // Инженерно-строительный журнал. 2014. № 7(22). С. 55-70.
- [6]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1052-1057.
- [7]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 982-990.
- [8]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D. and Rybakov V.A. Geometric nonlinearity of the thin-walled profile under transverse bending . Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1133-1139.
- [9]. Куражова В.Г., Назмеева Т.В. Виды узловых соединений в лёгких стальных тонкостенных конструкциях // Инженерно-строительный журнал. 2011. №3. С. 47-52.
- [10]. Ватин Н.И., Жмарин Е.Н., Куражова В.Г., Усанова К.Ю. Конструирование зданий и сооружений. Легкие стальные тонкостенные конструкции [Электронный ресурс]. Систем. требования: AdobeAcrobatReader. URL: <http://dl.unilib.neva.ru/dl/2/3400.pdf> (дата обращения: 20.09.2014).
- [11]. Лалин В.В., Рыбаков В.А. Конечные элементы для расчета ограждающих конструкций из тонкостенных профилей // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8. С. 69-80.
- [12]. Альхименко А.И., Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Технология легких стальных тонкостенных конструкций. СПб: Изд-во СПбГПУ, 2008. 27 с.
- [13]. Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Расчет металлоконструкций: седьмая степень свободы // Стройупрофиль. 2007. № 2. С. 60-64.
- [14]. Сиробаба В.А., Новицкий А.П., Зорабян К.А. Сравнение целесообразности использования ЛСТК и гнутых профилей для каркаса одноэтажного быстромонтируемого здания // Металлические конструкции. 2013. № 2 (19). С. 129-136.
- [15]. Мезенцева Е.А., Лушников С.Д. Быстровозводимые здания из легких стальных конструкций // Вестник МГСУ. Спецвыпуск. 2009. № 1. С. 62-64.
- [16]. Голубев К.В., Федотов К.А. Проблемы использования новых технологий малоэтажного домостроения // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика, 2013. № 3. С. 23-30.
- [17]. Быстровозводимые малоэтажные жилые здания с применением легких стальных тонкостенных конструкций / Павлов А.Б., Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Каменщиков Н.И. // Промышленное и гражданское строительство. 2006. № 9. С. 51-53.
- [18]. Каталонская М.А. ЛСТК - быстрое решение для строительства доступного жилья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2008. № 10. С. 75.
- [19]. Катранов И.Г. Безаварийная работа соединений ЛСТК на вытяжных заклепках и винтах // Предотвращение аварий зданий и сооружений. 2010. № 9. С. 1-7.
- [20]. Пресняков Н.И., Кудишин Ю.И. Современная концепция нормативного документа в области металлостроительства // Промышленное и гражданское строительство. 2013. №12. С. 3-5.
- [21]. Орлова А.В., Жмарин Е.Н., Парамонов К.О. Энергетическая эффективность домов из ЛСТК // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2013. № 6 (11). С. 1-13.
- [22]. Chen Ju, Young B. Cold-formed steel lipped channel columns at elevated temperatures. Engineering Structures. 2007. Vol. 29. Issue 10. Pp. 1161-1174.

- [23]. Tae Soo Kim, Hitoshi Kuwamura. Finite element modeling of bolted connections in thin-walled stainless steel plates under static shear. *Thin-Walled Structures*. 2007. Vol. 45. Issue 4. Pp. 407-42.
- [24]. Xiangming Zhou, Guoqiang Li. A macro-element based practical model for seismic analysis of steel-concrete composite high-rise buildings. *Engineering Structures*. 2013. Vol. 49. Pp. 91-103.
- [25]. A. Kaklauskas, J. Naimaviciene, M. Krutinis, D. Venskuskas, E.K. Zavadskas, V. Plakys. Model for a complex analysis of intelligent built environment. *Automation in construction*. 2010. № 3. Pp. 326-340.
- [26]. Строящийся объект СТИЛТАУН® . URL: <http://andrometa.ru/zdaniya-dlya-vashej-zhizni.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [27]. Утепление и облицовка жилого дома. URL: <http://andrometa.ru/zdaniya-dlya-vashej-zhizni.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [28]. Перекрытие с заполнением пенобетоном. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [29]. Перекрытие с заполнением минераловатным утеплителем. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [30]. Стеновая панель с пенобетоном. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [31]. Стеновая панель с утеплителем. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (дата обращения: 22.09.2014)
- [32]. Проект Т-16. URL: <http://www.strotis.ru/histroy-t16/> (дата обращения: 22.09.2014)
- [33]. Проект Т22У. URL: <http://www.ars-td.ru/construction/residential/t22/> (дата обращения: 22.09.2014).

Light gauge steel framing in construction of multi-storey buildings

D.O. Sovetnikov¹, N.V. Videnkov², D.A. Trubina³

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, 29 Polytechnicheskaya st., St.Petersburg, 195251, Russia

ARTICLE INFO

Technical paper

Article history

Received 6 October 2014
Accepted 17 February 2015

Keywords

light gauge steel framing,
LGST,
multistorey housing,
steel framework,
frame construction

ABSTRACT

Nowadays light gauge steel framing (LGST) is widely used in construction of buildings and structures all around the world. In Russia erection of such buildings is implemented but until recently was limited only as construction of low-rise buildings. Mostly it is because of absence of single regulatory framework and standards of LGST production, enough experience of construction these buildings.

In this article technology of multistorey buildings construction is considered, also possible construction solutions are suggested on the base of existing projects. Comparison between LGST and other materials, which are used as frame structures, is provided. Main advantages and disadvantages of using LGST in multistorey constructing are identified.

1

Corresponding author:

+7 (911) 901 9058, sovet96@yandex.ru (Daniil Olegovich Sovetnikov, Student)

2

+7 (911) 756 2244, xnickid@gmail.com (Nikita Viktorovich Videnkiy, Student)

3

+7 (950) 002 7246, d.trubina@inbox.ru (Darya Alekseevna Trubina, Assistant, Post-graduate Student)

References

- [1]. Trubina D.A., Kononova L.A., Kurov A.A., Pichugin Y.D., Abdulaev D.A. Local buckling of steel cold-formed profiles under transverse bending. Construction of unique Buildings and Structures. 2014. Vol. 4 (19). Pp. 109-127. (rus)
- [2]. Celikag M., Naimi Building S. Construction in North Cyprus: Problems and Alternatives Solutions. Procedia Engineering. 2011. Vol. 14. Pp. 2269–2275.
- [3]. Enrico de Angelis, Ermanno Serraa. Light steel-frame walls: thermal insulation performances and thermal bridges. Energy Procedia. 2014. Vol. 45. Pp. 362–371.
- [4]. Yurchenko V.V. *Proyektirovaniye karkasov zdaniy iz tonkostnykh kholodnognutnykh profiley v srede «SCAD Office»* [Design of buildings' framings which are made from thin-walled cold-bent sections in "Scad office"]. Magazine of Civil Engineering. 2010. № 8(18). Pp. 38-46. (rus)
- [5]. Ananina M.V. *Vliyaniye korrozii na legkiye stalnyye tonkostennyye konstruksii* [Influence of corrosion on the light steel gauge framing]. Magazine of Civil Engineering. 2014. № 7(22). Pp. 55-70. (rus)
- [6]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D., Garifullin M.R. The loss of local stability of thin-walled steel profiles. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1052-1057.
- [7]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D., Rybakov V.A. Effect of constructional measures on the total and local loss stability of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 982-990.
- [8]. Trubina D.A., Abdulaev D.A., Pichugin E.D., Rybakov V.A. Geometric nonlinearity of the thin-walled profile under transverse bending. Applied Mechanics and Materials. 2014. Vols. 633-634. pp 1133-1139.
- [9]. Kurazhova V.G., NazKurazhova V.G., Nazmeyeva T.V. *Vidy uzlovykh soyedineniy v legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiyakh* [Types of connections in light steel thin-walled constructions]. Magazine of Civil Engineering. 2011. Vol. 3. Pp. 47-52. (rus)
- [10]. Vatin N.I., Zhmarin Ye. N., Kurazhova V. G., Usanova K. Yu. *Konstruirovaniye zdaniy i sooruzheniy. Legkiye stalnyye tonkostennyye konstruksii* [Construction of buildings and structures. Light gauge steel framing]. URL: <http://dl.unilib.neva.ru/dl/2/3400.pdf> (Date of reference: 20.09). (rus)
- [11]. Lalin V.V., Rybakov V.A. *Konechnyye elementy dlya rascheta ograzhdayushchikh konstruksiy iz tonkostennykh konstruksiy* [The finite elements for design of building walling made of thin-walled beams]. Magazine of Civil Engineering. 2011. № 8. Pp. 69-80. (rus)
- [12]. Alkhimenko A. I., Vatin N. I., Rybakov V. A. *Tekhnologiya legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy* [Tech light steel thin-walled structures]. SPb: Izd-vo SPbGPU, 2008. 27 p. (rus)
- [13]. Vatin N. I., Rybakov V. A. *Raschet metallokonstruksiy: sedmaya stepen svobody* [Calculation of metalworks: seventh degree of freedom]. *Stroyprofil*. 2007. № 2. Pp. 60-64. (rus)
- [14]. Sirobaba V.A., Novitskiy A.P., Zorabyan K.A. *Sravneniye tselesoobraznosti ispolzovaniya LSTK i gnutykh profiley dlya karkasa odnoetazhnogo bystromontiruyemogo zdaniya* [Comparison of expediency of using LGSF and bent sections for framing of one-storied rapidly erected building]. *Metallicheskiye konstruksii*. 2013. Vol. 2 (19). Pp. 129-136. (rus)
- [15]. Mezentseva Ye. A., Lushnikov S. D. *Bystrovozvodimyye zdaniya iz legkikh stalnykh konstruksiy* [Rapidly erected buildings from LGSF]. *Vestnik MGSU. Spetsvypusk*. 2009. Vol. 1. Pp. 62-64. (rus)
- [16]. Golubev K.V., Fedotov K.A. *Problemy ispolzovaniya novykh tekhnologiy maloetazhnogo domostroyeniya // Vestnik Permskogo natsionalnogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Prikladnaya ekologiya. Urbanistika*, 2013. Vol. 3. Pp. 23-30. (rus)
- [17]. Pavlov A.B., Ayrumyan E.L., Kamynin S.V., Kamenshchikov N.I. *Bystrovozvodimyye maloetazhnyye zhilyye zdaniya s primeneniyyem legkikh stalnykh tonkostennykh konstruksiy* [Rapidly erected buildings from LGSF]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo*. 2006. № 9. Pp. 51-53. (rus)
- [18]. Katalonskaya M.A. *LSTK - bystroye resheniye dlya stroitel'stva dostupnogo zhilya* [LGSF – is the fast solution for constructing of affordable housing]. *Stroitel'nyye materialy, oborudovaniye, tekhnologii XXI veka*. 2008. Vol. 10. Pp. 75. (rus)
- [19]. Katranov I.G. *Bezavariynaya rabota soyedineniy LSTK na vytyazhnykh zaklepkakh i vintakh* [Trouble-free running of LGSF connections on blind rivets and screws]. *Predotvrashcheniye avariyn zdaniy i sooruzheniy*. 2010. № 9. Pp. 1-7. (rus)

- [20]. Presnyakov N.I., Kudishin Yu.I. *Sovremennaya kontseptsiya normativnogo dokumenta v oblasti metallostroitelstva* [Modern concept of normative document in the area of metal constructing]. *Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitelstvo*. 2013. Vol. 12. Pp. 3-5. (rus)
- [21]. Orlova A. V., Zhmarin E. N., Paramonov K. O. Power efficiency of houses from light-gauge steel structures. *Construction of Unique Buildings and Structures*. 2013. Vol. 6 (11). Pp. 1-13. (rus)
- [22]. Chen Ju, Young B. Cold-formed steel lipped channel columns at elevated temperatures. *Engineering Structures*. 2007. Vol. 29. Issue 10. Pp. 1161-1174.
- [23]. Tae Soo Kim, Hitoshi Kuwamura. Finite element modeling of bolted connections in thin-walled stainless steel plates under static shear. *Thin-Walled Structures*. 2007. Vol. 45. Issue 4. Pp. 407-42.
- [24]. Xiangming Zhou, Guoqiang Li. A macro-element based practical model for seismic analysis of steel-concrete composite high-rise buildings. *Engineering Structures*. 2013. Vol. 49. Pp. 91-103.
- [25]. A. Kaklauskas, J. Naimaviciene, M. Krutinis, D. Venskus, E.K. Zavadskas, V. Plakys. Model for a complex analysis of intelligent built environment. *Automation in construction*. 2010. № 3. Pp.326-340.
- [26]. *Stroyashchiysya obyekt STILTAUN®*. URL: <http://andrometa.ru/zdaniya-dlya-vashej-zhizni.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [27]. *Utepleniye i oblitsovka zhilogo doma*. URL: <http://andrometa.ru/zdaniya-dlya-vashej-zhizni.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [28]. *Perekrytiye s zapolneniyem penobetonom*. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [29]. *Perekrytiye s zapolneniyem mineralovatnym uteplitelem*. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [30]. *Stenovaya panel s penobetonom*. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [31]. *Stenovaya panel s uteplitelem*. URL: <http://andrometa.ru/konstruktivnye-osobennosti-zdanij-stiltaun.html> (Date of reference: 22.09.2014)
- [32]. *Proyekt T-16*. URL: <http://www.strotis.ru/histroy-t16/> (Date of reference: 22.09.2014)
- [33]. *Proyekt T22Y*. URL: <http://www.ars-td.ru/construction/residential/t22/> (Date of reference: 22.09.2014).

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. 152-165.

Sovetnikov D.O., Videnkov N.V., Trubina D.A. Light gauge steel framing in construction of multi-storey buildings. *Construction of Unique Buildings and Structures*, 2015, 3(30), Pp. 152-165. (rus)