

оценки, а тем самым – к занижению, по отношению к фактической характеристической прочности бетона, самой оценки, а значит и надежности оцениваемой конструкции.

- Предложенный метод, позволяющий восстановить функцию распределения эstimатора $\hat{f}_{p,\gamma}$, должен также изменить и общий подход к оцениванию прочности бетона в существующих конструкциях, а именно: по конкретным результатам испытаний (начиная с $N = 3$) численно восстанавливают функцию распределения $\hat{f}_{p,\gamma}$, а затем из нее принимают значение *in-situ* характеристической прочности для некоторого установленного уровня обеспеченности. Основным вопросом при этом является именно нахождение требуемого значения γ (или нескольких таких значений), которое (которые) может быть принято только в результате совместного рассмотрения функции распределения эstimатора и показателей надежности конструкций.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. – Введ. 20.06.02. – Минск: Минстройархитектуры, 2003. – 177 с.
- Оценка прочности на сжатие бетона в конструкциях и сборных элементах конструкций: СТБ EN 13791:2006 – 2012. – Введ. 10.02.12. – Минск: Госстандарт, 2012. – 26 с.
- Бетон. Требования, показатели, изготовление и соответствие: СТБ EN 206:2014 - 2016. – Введ. 01.07.17. – Минск: Госстандарт, 2017. – 108 с.
- Тур, В.В. Новый подход к оцениванию прочности бетона на сжатие в существующих конструкциях / В.В. Тур, С.С. Дереченник, В.В. Колевчук // Проблемы современного бетона и железобетона:

на: сборник науч. трудов. – Вып. 9. – Минск: Колорград, 2017. – С. 455–475.

- Caspeele, R. Numerical Bayesian updating of prior distributions for concrete strength properties considering conformity control / R. Caspeele, L.Taerwe // Advances in concrete construction. – 2013. – Vol. 1, No.1 – P. 85–102.
- Holicky, M. Fractile estimation and sampling inspection in Building / M.Holicky, M.Vorliecek // Acta polytechnic CVUT. – 1992. – No. 1. – P. 87–96.
- Harrison, T.A. Assessment of concrete compressive strength in structures / T.A.Harrison // XVII. ERMCO Congress Proceedings, Istanbul, Turkey, 4-5 June, 2015. – Turkish Ready Mixed Concrete Association, 2015. – P. 336–344.
- Основы проектирования строительных конструкций: СТБ EN 1990:2004 - 2014. – Минск: Госстандарт, 2014. – 116 с.
- Dawid, H.A. Order Statistics / H.A. Dawid. – NY: John Wiley & Sons, 1981. – 360 p.
- Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
- Tur, V.V. An Innovation Conformity Criterion for Assessment of the Concrete Strength Under Uncertainty Conditions / V.V. Tur, S.S. Derechennik // High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet: Proceedings of the 2017 fib Symposium, held in Maastricht, The Netherlands, June 12–14, 2017 / D.A.Hordijk and M.Luković (eds.) – Springer International Publishing AG 2018. – P. 1628–1635.
- Tur, V. Assessment of the concrete compressive strength in existing structures based on core test results / V.Tur, S.Derechennik // 24. Betonářské dny 2017: Sborník ke konferenci, Litomyšl, Česká republika, 22. a 23. listopadu 2017. – Česká betonářská společnost ČSSI, 2017. – P. 1–6.

Материал поступил в редакцию 15.05.2018

DERECHENNIK S.S., TUR V.V. A new approach to assessment of the concrete *in-situ* characteristic compressive strength in existing RC-structures based on limited test data

In recent years a new generation of the European standards is developed. In contrast to existing Eurocode a new version of the standard EN 1992 includes of the special chapter, which consists of requirements for existing structures assessment. In this case one of the main problems is connected with *in-situ* concrete characteristic strength assessment. It was shown, that proposed quantile estimators in Eurostandards are estimated *in-situ* characteristic strength with unknown confidence level. A new approach to estimation of the *in-situ* characteristic strength based on order statistics is proposed and verified.

УДК 693.977

Черноиван В.Н., Черноиван Н.В., Хоровец В.В., Черноиван А.В.

ВОЗВЕДЕНИЕ И РЕКОНСТРУКЦИЯ ЖИЛЫХ ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛЕГКИХ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ (ЛСТК)

Введение. Как показала практика, применение металлических конструкций, выполненных из стальных гнутых профилей, при возведении несущего каркаса зданий и сооружений промышленного назначения позволяет существенно снизить трудоемкость производства работ. Основными преимуществами технологии возведения зданий и сооружений из металлических конструкций являются:

- отсутствие мокрых процессов, что позволяет выполнять строительство круглогодично;

- отказ от применения тяжелой строительной техники;
- высокая технологичность соединений элементов несущего каркаса.

Однако низкие теплотехнические характеристики стали ($\lambda=58$ Вт/(м \times °С)) и достаточно высокая стоимость стального проката, несмотря на все вышеперечисленные достоинства металлических конструкций, позволяют рекомендовать их для массового возведения нежилых зданий и сооружений.

Черноиван Вячеслав Николаевич, к.т.н., профессор, профессор кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета

Черноиван Николай Вячеславович, к.т.н., доцент, доцент кафедры прикладной механики Брестского государственного технического университета.

Хоровец Владислав Вячеславович, магистрант кафедры технологии строительного производства Брестского государственного технического университета.

Черноиван Анна Вячеславовна, к.т.н., доцент, доцент кафедры экономики и организации строительства Брестского государственного технического университета.

Беларусь, БрГТУ, 224017, г. Брест, ул. Московская 267.

Учитывая, изложенные выше преимущества технологии возведения зданий и сооружений из металлических конструкций, и принимая во внимание, что сегодня основные объемы в капитальном строительстве составляют работы по возведению (реконструкции) жилых зданий, актуальной является проблема разработки и организация промышленного выпуска металлических конструкций, обладающих высокими теплотехническими характеристиками и небольшой стоимостью.

Основной целью настоящей публикации является ознакомление специалистов с накопленным за рубежом опытом применения ЛСТК при возведении несущего каркаса жилых зданий, что позволит создать базу для активизации проведения работ по данной тематике в Республике Беларусь.

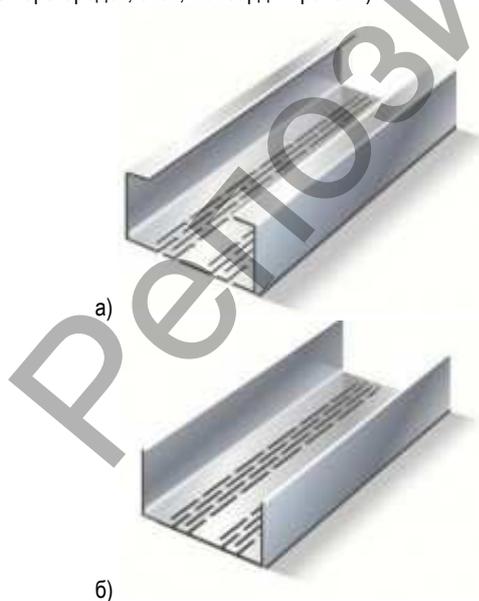
Перфорированные стальные профили (термопрофили). Как было отмечено выше, одной из основных проблем, требующих решения, является стоимость 1 тонны металлоконструкций из стального проката.

В последние 15 лет в Великобритании, США, Японии, Финляндии и др., а также в России, налажен промышленный выпуск стальных тонкостенных профилей (СТП) из оцинкованного рулонного проката марок 08пс, 08кп толщиной 1,2...3,0 мм. Эти профили примерно на 50% легче, а значит, и практически на эту величину дешевле по сравнению с профилями из стального проката [1, 3, 10].

Разработка перфорированных стальных профилей (термопрофилей) на базе СТП позволила решить проблему уменьшения теплопроводности металла. По данным исследований, проведенных в Финляндии и Швеции, наиболее эффективными с точки зрения энергосбережения являются стальные профили с перфорацией по всей длине от 4^я до 8^я рядов. Их применение в ограждающих конструкциях позволяет снизить теплопроводность по профилю на 70...80% по сравнению с СТК без перфорации [5, 7].

На сегодня определена область эффективного применения основных марок термопрофилей при возведении несущего каркаса жилых зданий из ЛСТК [10]. Рекомендовано в несущем каркасе здания в качестве стоек применять длинномерный термопрофиль С-образной формы марки ТПС (рис. 1,а). Профиль ТПС, как и любой профиль ЛСТК, изготавливается холоднопрокатным способом из оцинкованной рулонной стали. Используется для возведения несущих стен, любых внутренних стен и перегородок, при устройстве мансард и кровель.

В качестве прогонов в несущих каркасах зданий рекомендуется применять длинномерный профиль П-образной формы марки ТПН (рис. 1,б). Область применения ТПН: производство ЛСТК (возведение перегородок, стен, мансард и кровель).



а – длинномерный С-образный термопрофиль марки ТПС; б – длинномерный П-образный термопрофиль марки ТПН

Рисунок 1 – Поперечные сечения термопрофилей

Термопрофили изготавливают из оцинкованной рулонной стали холоднопрокатным способом на автоматизированных линиях, что также обеспечивает существенное снижение их стоимости.

Выпускаются они следующих размеров, в мм: высота (min-max) – 40...100; ширина – 40...100; ширина полки (канта) – 13...27; длина – 2400...12000.

Учитывая высокие теплотехнические характеристики термопрофилей, авторы публикации предлагают отказаться от применения навесных стеновых панелей сэндвич, а требуемое сопротивление теплопередаче наружного стенового ограждения обеспечить, используя закладной плитный утеплитель, установленный в полости термопрофилей. Очевидно, что такое конструктивное решение позволит обеспечить существенное снижение материалоемкости ограждающих конструкций и стоимость возводимого объекта в целом.

Технология возведения зданий из ЛСТК. Как показывает практика, применение ЛСТК эффективно при строительстве зданий высотой до 10 этажей [1, 6]. За рубежом, основной объем жилых зданий из ЛСТК составляют коттеджи.

При возведении зданий из ЛСТК могут применяться любые типы фундаментов: ленточные, свайные, монолитные плиты и др.

Несущий каркас зданий монтируется с помощью легких строительных кранов из конструктивных элементов стен («картин»), которые собираются из отдельных термопрофилей толщиной 0,7...4 мм на строительной площадке или на заводе – изготовителе ЛСТК (рис. 2).

Для повышения качества производства работ и снижения трудоемкости возведения несущего каркаса рекомендуется до начала монтажа «картин» установить в полости термопрофилей закладной плитный утеплитель. Чтобы утеплитель не давал усадку в процессе эксплуатации, целесообразно применять теплоизоляционный материал плотностью менее 35 кг/м³.

Завершающим этапом возведения жилых зданий из ЛСТК являются работы по обшивке утепленного стенового ограждения негорючими листовыми материалами изнутри и снаружи (отделка фасада).

С внутренней стороны здания каркас обшивается 2-мя слоями гипсокартонных листов толщиной 12,5 мм, что соответствует пределу огнестойкости REI 45 (45 минут) и обеспечивает III степень огнестойкости здания.

Для внешней отделки (наружная облицовка) рекомендуется использовать любые листовые материалы в зависимости от архитектурного решения.

При возведении зданий из ЛСТК рекомендуется применять следующие **типы соединения**: самонарезающие винтовые и болтовые соединения [8, 9].

Самонарезающие винты устанавливаются в заранее выполненные отверстия. Отверстия выполняются сверлением или продавливанием.

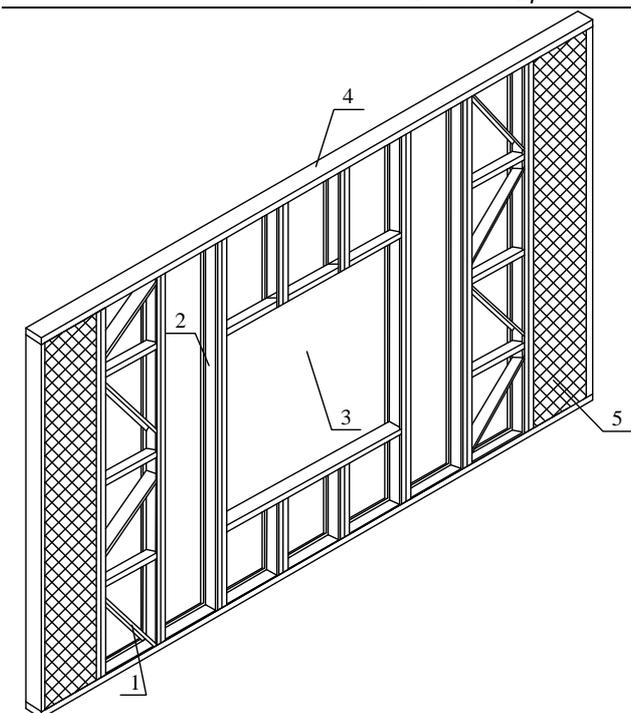
Сверление отверстий выполняется электрическим сверлильным инструментом.

Продавливающие самонарезающие винты для соединения тонколистовой стали имеют наконечник специальной формы, который обеспечивает продавливание материала профиля с образованием «юбки» металла. Это позволяет обеспечить закрепление нескольких нитей резьбы, и соответственно, увеличивает несущую способность винта на выдергивание.

Головка винта может быть с различными типами шлицев с пресс-шайбой и без [10]. Самонарезающие винты изготавливаются по внутренним стандартам организаций. Основные диаметры винтов, применяемые в ЛСТК: 4,2; 4,8; 4,9; 5,5; 6,3; 6,5; 7,2; 8; 8,6 и 10,6 мм. Длина винта, а также другие его геометрические характеристики принимаются в зависимости от назначения.

В соединениях ЛСТК рекомендуется применять винты из углеродистой и аустенитной коррозионностойкой стали. Винты из углеродистой стали, как правило, имеют марки С 1008, С 1042, а также SAE 1022, AISI 1018, AISI 1035.

В винтах из аустенитной коррозионно-стойкой стали применяется сталь марок AISI 304 (A2) (03X18H9, 07X16H6, X15H5Д2Т по ГОСТ 5632) и AISI 316 (A4) (03X17H14M3 по ГОСТ 5632). Существуют также биметаллические винты, стержень которых изготовлен из аустенитной коррозионностойкой стали, а наконечник – из углеродистой стали.



1 – раскос, 2 – стоечный термопрофиль; 3 – оконный проём; 4 – направляющий термопрофиль; 5 – закладной плитный утеплитель

Рисунок 2 – Несущий конструктивный элемент стенового ограждения («картина»)

Необходимый диаметр отверстий зависит от толщины соединяемых материалов и их прочностных характеристик. Для определения нужных диаметров отверстий следует руководствоваться рекомендациями производителя. Также необходимо руководствоваться требованиями специальных рекомендаций: Еuronormы, а именно Eurocode 3, Part 1-3, предусматривают расчет винтовых соединений на вырыв и отрыв материала через шайбу [4].

Сегодня разработана и широко внедряется в практику строительства эффективная технология соединения ЛСТК при помощи самосверлящих самонарезающих винтов, обеспечивающая высокую производительность монтажа. Самосверлящие самонарезающие винты имеют наконечник со сверлом типа «перо», что позволяет устанавливать их без предварительного выполнения отверстий [9]. При установке самосверлящих самонарезающих винтов существенными являются требования по допустимому числу оборотов, крутящему моменту и необходимому и достаточному усилию нажатия. Данные требования устанавливаются производителем. Как правило, число оборотов составляет 1300...2000 об/мин., крутящий момент – до 6 Н*м и усилие нажатия – порядка 40...50 кг.

Соединение отдельных «картин» между собой выполняется как при помощи самонарезающих винтов, так и болтами нормальной прочности.

Болтовые соединения имеют перспективы применения в легких стальных конструкциях для монтажа стыков, выполняемых на строительной площадке. Основное преимущество их применения в ЛСТК перед другими соединениями заключается в возможности расширения области применения легких стальных тонкостенных конструкций в большепролетных конструкциях, например, в покрытиях пролетом 18 м и более (рамы, фермы) [10].

Однако следует отметить, что болтовые соединения обладают податливостью, которая оказывает влияние на напряженно-деформированное состояние конструкции в целом.

Установлено, что для болтовых соединений тонкостенных профилей критерием предельного состояния являются деформации смятия элементов в соединении. На основании исследований, проведенных российскими учеными, было установлено, что увеличить несущую способность болтовых соединений из тонкостенных холодногнутых профилей можно путем внесения следующих конструктивных изменений по сравнению с существующими решениями:

- использованием в местах приложения сосредоточенных усилий дополнительных соединительных элементов толщиной 4...6 мм;
- применением для соединения тонкостенных холодногнутых профилей болтов нормальной точности или высокопрочных взамен самонарезающих винтов.

Несущий каркас, выполненный из стеновых конструктивных элементов («картин»), включает диагональные элементы (связи), которые обеспечивают как местную, так и пространственную жесткость здания в целом (рис. 3).



Рисунок 3 – Несущий каркас жилого здания из ЛСТК

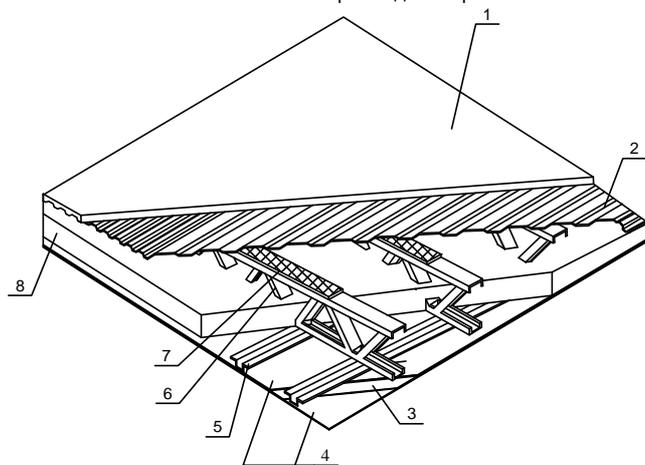
Междуэтажные перекрытия жилых зданий рекомендуется выполнять с применением легких стальных тонкостенных оцинкованных профилей без перфорации (рис. 4).

Основным несущим элементом междуэтажных перекрытий являются балки, которые выполняются из легких стальных тонкостенных оцинкованных профилей без перфорации. Стандартная ширина сечения профиля составляет 15, 20, 25 и 30 см, с толщиной 2...3 мм. По российским нормам шаг установки балок перекрытия равен 60 см, по европейским стандартам допускается шаг установки – 35 см. Несущие балки опираются на продольные и поперечные несущие стены. По балкам устанавливаются несущие конструкции междуэтажных перекрытий, выполненные в виде ферм из оцинкованного С-профиля толщиной 2...3 мм и высотой 150...300 мм. По фермам укладывается профилированный лист, с направлением профиля перпендикулярно фермам. Профилированный стальной лист распределяет вертикальные нагрузки, создает жесткий диск перекрытия и служит опалубкой при устройстве стяжки под основания пола.

Стяжка выполняется из цементно-песчаного раствора, толщиной 50...70 мм, с армированием стальной сеткой.

Звукоизоляция междуэтажных перекрытий обеспечивается за счет размещения звукоизоляционного материала в полости между фермами.

Для прокладки коммуникаций и вентиляции в стенках профиля выполняются технологические отверстия диаметром 120 мм.



1 – цементно-песчаная армированная стяжка, 2 – профилированный лист, 3 – пароизоляция, 4 – ГКЛ, 5 – ригель шляпного профиля, 6 – ферма перекрытия из С-образного профиля ЛСТК, 7 – демперная лента, 8 – звукоизоляционный материал

Рисунок 4 – Конструкция междуэтажного перекрытия

Высокая технологичность возведения зданий из ЛСТК, малая масса монтируемых конструктивных элементов, отсутствие в технологии так называемых «мокрых» процессов (отделочные работы) позволяет рекомендовать ЛСТК при реконструкции и реставрации зданий и сооружений (рис. 5).

Технология монтажа металлического каркаса из ЛСТК при реконструкции зданий, аналогична возведению новых зданий.



Рисунок 5 – Реконструкция (надстройка этажей) здания с применением ЛСТК

Заключение. На основании изложенного можно сделать следующее заключение.

Высокая технологичность возведения зданий из ЛСТК, возможность проведения монтажных работ при любых температурах наружного воздуха, малая масса монтируемых конструктивных элементов, отсутствие в технологии «мокрых» процессов, промышленный выпуск «термопрофилей» позволяют рекомендовать применение ЛСТК как при возведении новых жилых зданий, так реконструкции эксплуатируемых.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу ограждающих и несущих конструкций из стальных гнутых профилей повышенной жесткости. – Москва: ЦНИИПСК им. Мельникова, 1999. – 32 с.

2. Материалы для проектирования наружных ограждающих конструкций с применением стальных гнутых термопрофилей ИНСИ. – Омск: УИЦ ИСИ СИБАДИ, 2003. – 44 с.
3. Айрумян, Э.Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению и монтажу конструкций каркаса малоэтажных зданий и мансард из холодногнутых стальных оцинкованных профилей производства ООО конструкций «БалтПрофиль» / Э.Л. Айрумян – Москва: ЦНИПСК им. Мельникова, 2004. – 69 с.
4. Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций: EN 1993-1-3:2004; английская версия. – 2004. – Часть 1-3: Общие правила. Дополнительные правила для холодногнутых элементов и листов – 132 с.
5. Ватин, Н.И. Термопрофиль в легких стальных строительных конструкциях [Электронный ресурс]: статья / Н.И. Ватин, Е.Н. Попова; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет. – Электрон. текстовые дан. (1 файл : 1,87 Мб). – СПб, 2006. – Свободный доступ из сети Интернет. – Adobe AcrobatReader 6.0. – <URL:ftp://ftp.unilib.neva.ru/dl/1307.pdf>.
6. Туснин, А.Р. Расчет и проектирование конструкций из тонкостенных стержней открытого профиля: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. д.т.н.: спец. 05.23.01 / А.Р. Туснин – М., 2004. – 37 с.
7. Рыбаков, В.А. Влияние перфорации стенки на несущую способность термопрофилей / В.А. Рыбаков, О.С. Гамаюнова // Журнал для профессионалов «СтройПРОФиль». – 2008. – № 1. – С. 128–130.
8. Куражова, В.Г. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях / В.Г. Куражова, Т.В. Назмеева // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 3. – С. 47–52.
9. Катранов, И.Г. Испытания и расчет винтовых соединений легких стальных тонкостенных конструкций на растяжение // Вестник МГСУ. – 2010. – № 2. – С. 89–93.
10. Рыбаков, В.А. Основы строительной механики легких стальных тонкостенных конструкций: учеб. пособие / В.А. Рыбаков – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 207 с.

Материал поступил в редакцию 29.01.2017

CHERNOIVAN V.N., CHERNOIVAN N.V., KHOROVETS V.V., CHERNOIVAN A.V. The construction and renovation of residential buildings with the use of light-gauge steel constructions (LGSC)

The article analyzes the scope of efficient application of light-gauge steel constructions (LGSC). Given that today, overseas adjusted industrial production "thermoprofiles" recommended in the Republic of Belarus to enhance the design of residential buildings using LGSC. Given the technology of construction and reconstruction of residential buildings using LGSC.