

УДК 725: 699.85

РАЗЛИЧНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ХОЛОДНОГНУТОГО ПРОФИЛЯ

*доцент, PhD. Хасанов Бахром Баходирович (ТАСИ)
магистр, Айтмуратова Диларам Оттегеновна (ККТУ)*

Аннотация. *Представлены результаты расчета и проектирования тонкостенных холодногнутых прогонов покрытия зданий из легких стальных конструкций.*

Аннотация. *Енгил тўлат конструкциялардан ясалган ютқа деворли совуқ ҳолда эгилган бино том ёлма оралиқларини ўраш, ҳисоблаш ва лойиҳалаш натижалари келтирилган.*

Annotation: *The results of calculation and design of thin-walled cold-bent purlins covering buildings made of light steel structures are presented.*

Ключевые слова: *холодногнутый профиль; испытательный стенд; несущая способность; потеря устойчивости; тонкостенный элемент; численное моделирование*

На данный момент в Узбекистане наблюдается устойчивый спрос на легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) [2, 3]. Однако отсутствие нормативных документов по проектированию ЛСТК с учетом российских особенностей приводит к тому, что на практике ЛСТК применяются на основе рекомендаций фирм-производителей холодногнутого профиля. Таким образом, несущая способность тонкостенных конструкций используется не полностью, что приводит к необоснованному удорожанию зданий и сооружений из ЛСТК и, как следствие, сдерживает широкое применение данных эффективных конструкций.

Малый вес несущего стального каркаса (в пределах 20-25 кг/м²), быстрая окупаемость и высокая энергоэффективность зданий из ЛСТК делают их востребованными и в жилом малоэтажном строительстве, и в строительстве зданий промышленного и общественного назначения. Благодаря своим конструктивным особенностям ЛСТК способны решить главные проблемы реконструкции зданий: снизить нагрузку на стены и фундаменты, вести работы в условиях тесной городской застройки без применения тяжелой грузоподъемной техники и остановки технологического процесса в здании. ЛСТК применяются и при возведении так называемых «пассивных домов».

В европейских нормах [2-4], созданных на основе широких экспериментальных исследований, отражены различные особенности поведения тонкостенных элементов на основе холодногнутого профиля. В российских строительных нормах расчет тонкостенных элементов не систематизирован, поэтому для развития собственных национальных стандартов по ЛСТК требуется проведение большого количества комплексных исследований.

Для проведения экспериментальных исследований автором статьи были разработаны методика проведения испытаний и испытательные стендовые комплексы С-12 (1200 мм / 20 т) и В-50 (2200 мм / 50 т). В ходе численного моделирования было получено в геометрически нелинейной постановке численное решение задачи устойчивости тонкостенного элемента из С-образного профиля в программном комплексе РИМ Ретар 10.1.

Обзор литературы

ЛСТК - это конструкции на основе холодногнутого стального тонкостенного оцинкованного профиля толщиной до 3 мм. Профиль имеет открытое или закрытое сечение различной формы (С-образной, 2-образной и т. д.) в связи с тем, что несущая способность элементов из холодногнутых тонкостенных профилей зависит не только от площади сечения элементов, но и от их конструктивных особенностей.

Конструктивная система здания на основе ЛСТК представляет собой стержневую систему в виде стального каркаса из холодногнутых профилей с наружной обшивкой из плит. При креплении обшивки к стойкам каркаса создается сборный строительный элемент - панель.

Особенность работы сжатых тонкостенных стержней заключается в том, что потеря несущей способности может наступить как в результате потери общей устойчивости, так и в результате потери местной устойчивости элемента. Потеря общей устойчивости тонкостенного стержня может иметь три формы: изгибную, крутильную и изгибно-крутильную - в зависимости от вида сечения, длины стержня, способа закрепления и т. п.

Постановка задачи

Для стоек панелей стального каркаса в зданиях на основе технологии ЛСТК используется С-образный холодногнутый профиль. По мнению ряда авторов, это наиболее рациональная форма профиля для работы на сжатие, обладающая более высокой прочностью и устойчивостью по сравнению с другими видами профиля, например, швеллерным. Для создания внутренних стен применяется С-профиль сплошного сечения, для наружных - С-профиль перфорированного сечения. Толщина панели назначается исходя из обеспечения

требований тепло- и звукоизоляции, поэтому для стоек применяется С-профиль высотой сечения 150 и 200 мм, толщина профиля - 1,5 и 2 мм.

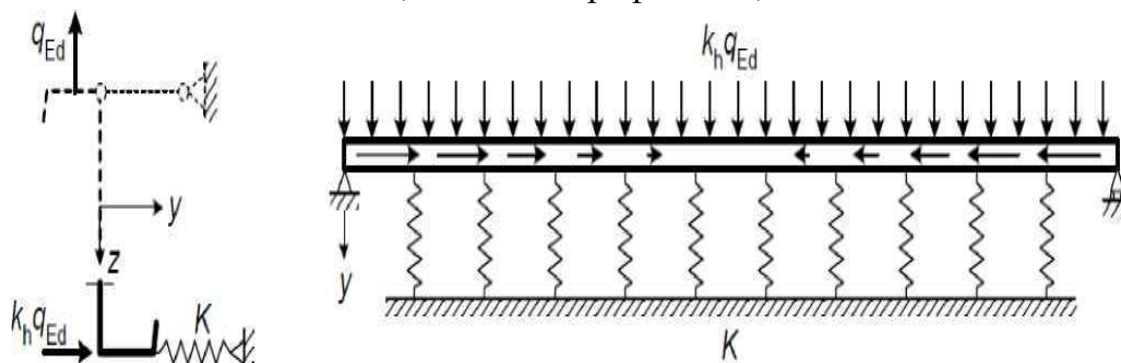


Рисунок 1.4 - Расчетные схемы прогона по Eurocode

Описание исследования

В ходе первого этапа проводились две основные серии испытаний одиночных стоек различной длины: первая серия - испытания коротких стоек длиной 1,25 м; вторая - натурные испытания длинных стоек длиной 2,2 м. Во второй серии было испытано 40 стоек (5 стоек на каждый вид сечения) из С-профиля сплошного и перфорированного сечения высотой 150 и 200 мм с номинальной толщиной сечения 1,5 и 2,0 мм. Просечки перфорированного профиля были получены путем вдавливания. Длина стойки 2,2 м соответствует наименьшей длине стойки в несущем каркасе здания, сечения высотой 150 и 200 мм соответствуют наиболее применяемым сечениям в несущем каркасе здания из условия обеспечения требуемых теплотехнических и звукоизоляционных свойств.

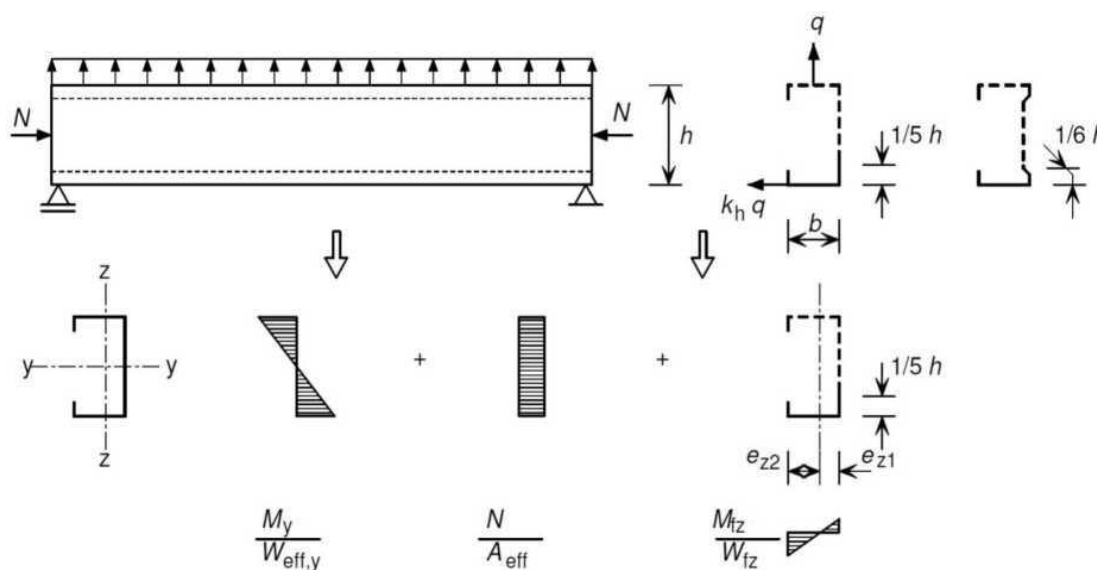


Рисунок 1.5 - Схема к определению напряжений в поперечном сечении прогона

Следует отметить, что в настоящее время в Узбекистане отсутствуют методики проведения испытаний по ЛСТК, поэтому для проведения

экспериментальных исследований тонкостенных элементов из холодногнутого С-профиля на сжатие автором статьи была разработана методика с учетом требований Еврокода и рекомендаций Э.Л. Айрумяна, специалиста ЦНИИПСК им. Мельникова.

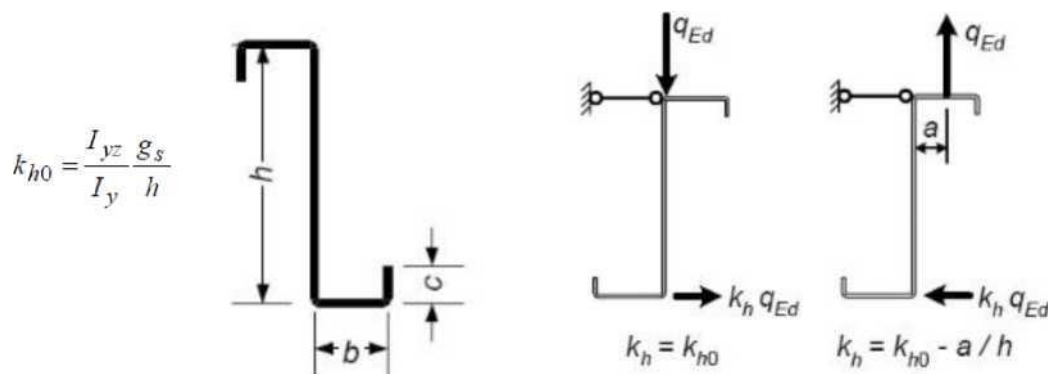


Рисунок 1.6 - Схема к определению коэффициента k_h

В разработанной методике представлены основные составляющие экспериментального исследования: выбор соответствующих моделей в зависимости от цели испытания; выбор способов и средств приложения силовых нагрузок; выбор способов и средств измерения деформаций и перемещений при испытаниях; проведение подготовительных операций, связанных с изготовлением моделей и стендов; проведение численного моделирования; непосредственно экспериментальные исследования; подготовка мероприятий по технике безопасности; обработка экспериментальных данных.

Основной частью программы испытаний является описание объекта испытаний. В качестве объектов испытаний могут выступать один или несколько элементов конструкции, часть конструкции, отдельные узлы или конструкция в целом в зависимости от выбранной методики испытаний [3-6]. Основное требование к экспериментальным объектам - они должны повторять основные параметры конструкции (площадь поперечного сечения, характер опирания и т. д.).

При центральном сжатии коротких стержней, для которых не существует опасности потери устойчивости, сопротивление их зависит от площади поперечного сечения и не зависит от формы сечения. Потеря местной устойчивости коротких тонкостенных элементов из холодногнутого профиля, как правило, связана с потерей устойчивости формы сечения, то есть искажением поперечного сечения, что способствует потере несущей способности раньше наступления потери общей устойчивости. Поэтому конструктивные особенности холодногнутого профиля оказывают значительное влияние на несущую способность тонкостенных элементов. В связи с этим С-образный профиль, имеющий краевые отгибы, обладает преимуществом по устойчивости и несущей

способности. Наличие ребер жесткости в Сигма-профиле также повышает несущую способность элемента.

С увеличением длины стоек основную опасность представляет потеря общей устойчивости, поэтому при изучении поведения сжатых стоек большую роль играет длина испытуемых образцов. Чем больше длина, тем более интересной, с исследовательской точки зрения, представляется работа данного образца. В связи с этим и было разработано два испытательных стенда различной грузоподъемности для испытания стоек различной длины. Работу тонкостенных элементов на устойчивость трудно оценить на малых моделях, поскольку сложно в малой модели имитировать те особенности натурной конструкции, которые оказывают в ряде случаев существенное влияние на величину критических усилий[4].

В ходе работы были выполнены экспериментальные и численные исследования тонкостенных элементов из холодногнутого стального оцинкованного С-профиля.

Анализ результатов показал, что короткие стойки во время испытаний испытывают ярко выраженную потерю местной устойчивости при ранней стадии нагружения, но сохраняют работоспособность. У длинных стоек начинают появляться горизонтальные перемещения оси уже на начальном этапе нагружения, при нагрузке более 35 кН они начинают резко расти, стойка приобретает изогнутую форму, потеря несущей способности происходит в результате общей потери устойчивости[5].

Численные исследования показали, что механические свойства стали, из которой изготовлен профиль, не оказывают влияния на несущую способность профиля. На несущую способность профиля и форму потери устойчивости влияет высота сечения профиля h и его толщина t , а точнее, соотношение h/t . Профиль с высотой сечения 150 мм испытывает меньшие перемещения стенки при больших нагрузках, чем профиль с высотой сечения 200 мм[6].

Результаты экспериментально-теоретических исследований и предложенные коэффициенты и зависимости будут использованы при разработке стандартов организации (СТО) НП МАЛСС по проектированию зданий и надстроек на основе каркаса из ЛСТК и реконструкции покрытий с применением технологии ЛСТК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходжаев С.А., Хасанов Б.Б. Особенности обеспечения теплотехнических показателей ограждающих конструкций энергоэффективных зданий в климатических условиях. // Журнал. Узбекистан// Архитектура и строительство Узбекистана. №6/ 2020.
2. Айрумян Э.Л., Белый Г.И. Исследования работы стальной фермы из холодногнутой профилей с учетом их местной и общей устойчивости // Промышленное и гражданское строительство. 2010. №5. С. 41-44.
3. Белый Г.И., Астахов И.В. Пространственная устойчивость элементов конструкций из стальных холодногнутой профилей // Монтажные и специальные работы в строительстве. 2006. №9. С. 2125.
4. Астахов И.В. Пространственная устойчивость элементов конструкций из холодногнутой профилей: Автореф. дисс. канд. техн. наук. СПб, 2006. 24 с.
5. Ватин Н.И., Рыбаков В.А. Расчет металлоконструкций - седьмая степень свободы // СтройПРОФИЛЬ. 2007. № 2(56). С. 60-63.
6. Хасанов Б.Б. Проектирование наружных стен зданий с учетом энергосбережения в г. Ташкенте. Research and Education. Scientific Journal Impact Factor 2022: Vol. 1, Issue 6, 204-207 pages September, 2022.