

УДК 624.078.49

DOI: 10.33942/sit042205

ЖУКА КАПТАЛДУУ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫН ТҮЙҮНДҮҮ БИРИГҮҮСҮН КЫСУУ КҮЧТӨРҮНӨ ЭКСПЕРИМЕНТАЛДЫК ИЗИЛДӨӨЛӨР

Бегалиев У.Т., Абдыкадыров А.З.

Эл аралык инновациялык технологиялар университети,
abdykadyrovkg@gmail.com

Аннотация: макалада жука капталдуу жеңил болот конструкциялардан жасалган үлгүлөрдү этаптык жүктөө ыкмасы менен статикалык эксперименталдык кысуу күчтөрүнө сыноолордун натыйжаларын талдоо жана анализдөө берилген. Үлгүлөрдүн чектүү көтөрүүчү жүктөрүнүн түйүндүү биригүүсүнүн түрүнө, колдонулган профильдин кесилишине жана болоттун калыңдыгынан көз карандылыгы аныкталган.

Ачык сөздөр: жука капталдуу жеңил болот конструкциялар, эксперименталдык кысуу күчтөрүнө сыноолор, түйүндүү кошулуулар, кесилиш аянты, болот профильдердин калыңдыгы.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УЗЛОВЫХ СОПРЯЖЕНИЙ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СЖАТИЕ

Бегалиев У.Т., Абдыкадыров А.З.

Международный университет инновационных технологий
abdykadyrovkg@gmail.com

Аннотация: в статье дается анализ и обработка результатов статических экспериментальных испытаний на сжатие методом поэтапного нагружения образцов, изготовленных из легких стальных тонкостенных конструкций. Определены зависимости предельных несущих нагрузок элементов от вида узлового соединения, сечение профиля и толщины стали.

Ключевые слова: легкие стальные тонкостенные конструкции, экспериментальные испытания на сжатие, узловые сопряжения, заклепочное соединение, площадь поперечного сечения элемента, толщина холодногнутой профилей.

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF NODAL JOINTS OF THIN- WALLED STRUCTURES TO COMPRESSION

U.T. Begaliev, A.Z. Abdykadyrov

International University of Innovation Technologies
abdykadyrovkg@gmail.com

Abstract: the article provides an analysis and processing of the results of experimental compression tests by the method of staged loading of specimens made of light gauge steel constructions. A certain dependence of the limiting values of the supporting steel elements on the type of nodal connection, profile section and thickness.

Key words: light gauge steel constructions, experimental compression tests, nodal connections, element cross-sectional area, thickness of cold-formed profiles

Анализ теоретических исследований узловых соединений ЛСТК

Легкие стальные тонкостенные конструкции (ЛСТК) являются новыми эффективными и экономичными элементами, которые используются при быстром возведении опорных каркасов строений гражданского и промышленного назначения.

Несмотря на то, что этот материал появился на рынке СНГ сравнительно недавно, он успел быстро завоевать популярность.

Производство элементов ЛСТК ведется из листовой стали толщиной до 3 мм, форму которой придает холодное профилирование. Полученные детали имеют высокую точность и обладают качественной поверхностью, что гарантирует быструю и надежную сборку, для выполнения которой не требуются монтажники высокой квалификации.

Легкость, лучшая несущая способность и разнообразные возможности применения являются преимуществами каркасных зданий из легких стальных тонкостенных конструкций. Благодаря своим конструктивным особенностям, ЛСТК способны решить главные проблемы реконструкции зданий: снизить нагрузку на стены и фундаменты, осуществлять строительство в условиях тесной городской застройки без применения тяжелой грузоподъемной техники и без остановки технологического процесса в здании.

Прочная и долговечная работа любой строительной конструкции и материала не возможно представить без понимания ее фактического поведения, как при эксплуатационной нагрузке или без нее, на всех стадиях ее жизненного цикла, а именно при производстве строительных работ, транспортировке, монтаже и эксплуатации. Для точного определения реального поведения конструкции невозможно лишь опираясь на теоретические методы и расчеты, так как во главе изучения любой строительной конструкции стоит- экспериментальные исследования.

Главной целью экспериментальных исследований является установление соответствия между фактическим поведением строительной конструкции и ее теоретической и расчетной схемой [7].

На сегодняшний день в Кыргызстане достаточно много различных строительных материалов, изделий и конструкций, для которых еще окончательно не решены вопросы надежности при воздействии сейсмических сил в условиях Кыргызстана, отсутствуют нормативные документы по проектированию и применению. К данному ряду можно отнести технологию строительства зданий и сооружений из легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) [5, 12].

Для более полного и всестороннего изложения вопроса актуальности и научной новизны исследований, в рамках данной статьи автором было проведено экспериментальные исследования узловых сопряжений ЛСТК с целью оценки фактического состояния и несущей способности узловых сопряжений металлических конструкций. Вопросы исследования включают решение вопроса возможности эксплуатации здания ЛСТК в условиях строительства на территории Кыргызской Республике. Решение поставленных задач связано с лабораторными испытаниями ЛСТК на статические нагрузки, результаты которых позволяют подготовить соответствующие решения по надежности узловых сопряжений для конструирования.

Контрольные статические испытания узловых сопряжений ЛСТК для определения прочности при сжатии и растяжении проводятся по разработанной автором методике испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ 25.503-97 «Методы испытания на сжатие», ГОСТ 1497-84 «Методы испытания на растяжение» [1, 2].

На испытание были подготовлены 18 образцов. Параметры образцов на испытание сжатием представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Таблица параметров образцов

Тип сечения	Маркировка	Параметры профиля				Параметры образца		Соединение
		ширина	высота	толщина	загиб	H	L	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Гнутые тонколистовые профили L=90 мм	Обр. 1	90	37	0.75	7.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 2	90	37	0.75	7.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 3	90	37	0.75	7.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 4	90	37	0.75	7.5	400	300	заклепка
	Обр. 5	90	37	0.75	7.5	400	300	заклепка
	Обр. 6	90	37	0.75	7.5	400	300	заклепка
Гнутые тонколистовые профили L=140 мм	Обр. 7	140	47	0.75	9.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 8	140	47	0.75	9.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 9	140	47	0.75	9.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 10	140	47	0.75	9.5	400	300	заклепка
	Обр. 11	140	47	0.75	9.5	400	300	заклепка
	Обр. 12	140	47	0.75	9.5	400	300	заклепка
Гнутые тонколистовые профили L=90 мм	Обр. 13	90	37	0.95	7.5	400	300	заклепка
	Обр. 14	90	37	0.95	7.5	400	300	заклепка
	Обр. 15	90	37	0.95	7.5	400	300	заклепка
	Обр. 16	90	37	0.95	7.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 17	90	37	0.95	7.5	400	300	закл. +саморез
	Обр. 18	90	37	0.95	7.5	400	300	закл. +саморез

Оценка фактической несущей способности изготовленных образцов осуществляется по результатам экспериментальных испытаний с определением относительных деформаций, устанавливаемые по требованиям государственных стандартов ГОСТ 1497-84, ГОСТ 25.503-97 [1, 2].

Образцы были изготовлены и предоставлены компанией KARKAS.KG на основании каталога профилей новозеландской фирмы «Scottsdale Construction Systems». Основные сечения конструкции, применяемые в проектировании, тонколистовые профили С-образного поперечного сечения с отгибами полок и промежуточными элементами жесткости двух типоразмеров С90 и С140 маркой стали G550, толщиной $\delta=0,75-0,95$ мм (рис. 1).

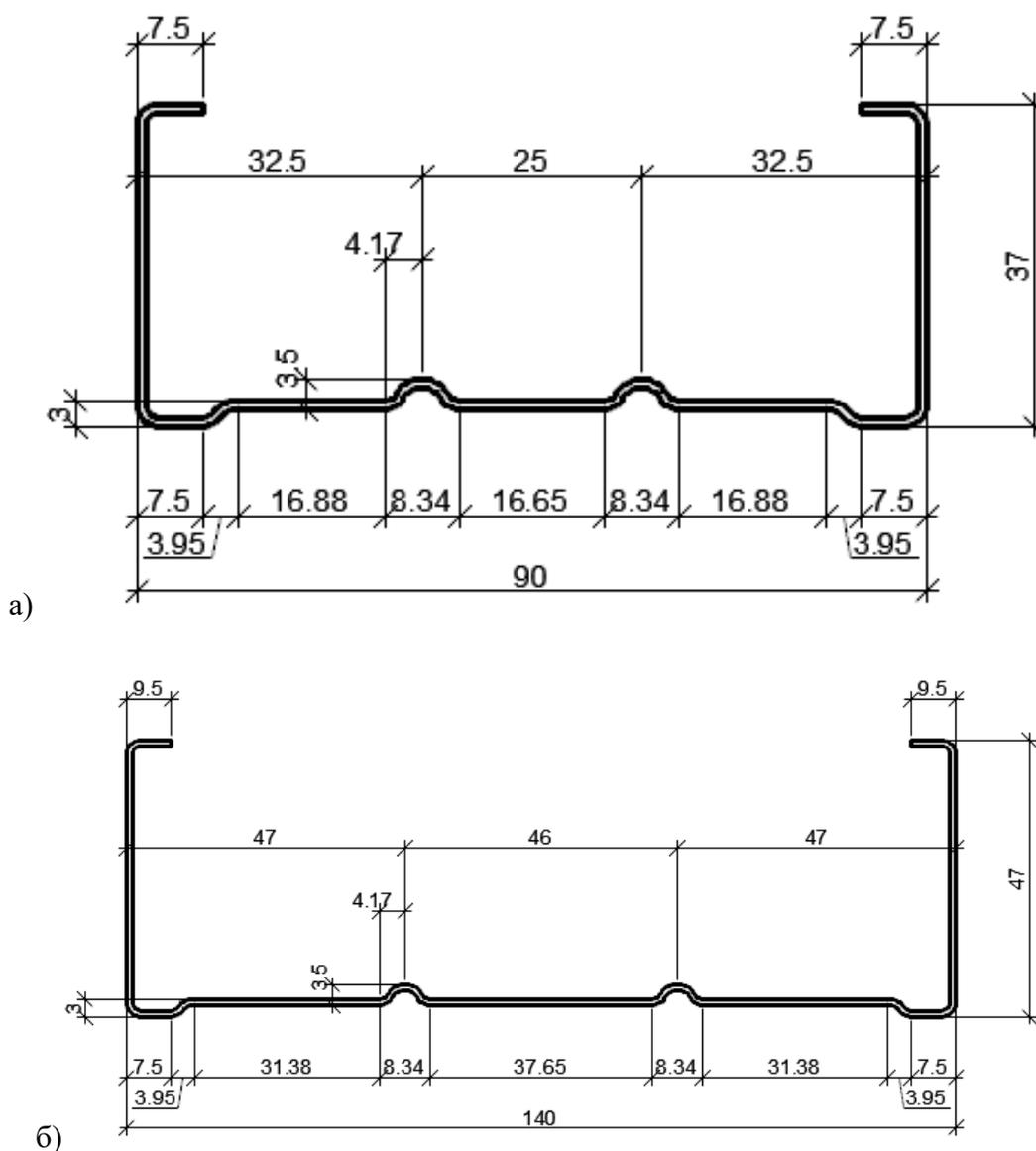


Рисунок 1 – Сечения профилей С90 (а) и С140 (б)

По результатам освидетельствования и обмеров контрольных образцов установлено:
 - в узловых сопряжениях крепления выполнены на саморезах 4,2*17 и вытяжных стальных заклепках 4.8*8 мм.

- в узловых сопряжениях присутствуют дополнительные отверстия с креплениями одновременно самореза и заклепки.

Статические испытания проводились методом поэтапного нагружения для оценки несущей способности элементов. Испытания проводились на гидравлическом прессе типа МС-1000 изготовлен ЗИМ г. Армавир 1987г свидетельство о проверке №407 от 27.09.2022г.

Работы проводились на базе испытательной лаборатории ОсОО «Шерой».

На каждой ступени нагружения проводилось определение характера работы конструкций с оценкой технического состояния узловых сопряжений. После приложения каждой ступени нагружения конструкция выдерживалась под нагрузкой не менее 10 минут согласно положений п.8.8 ГОСТ 8829-94 [3]. Во время выдержки конструкций под нагрузкой проводился ее осмотр, и фиксировались повреждения. Образцы изготовлены из

стали марки G550 толщиной 0,75-0,95мм С-образного сечения. Крепления выполнены на саморезах и заклепках. Схемы статических испытаний приведены на рисунках 2 и 3.

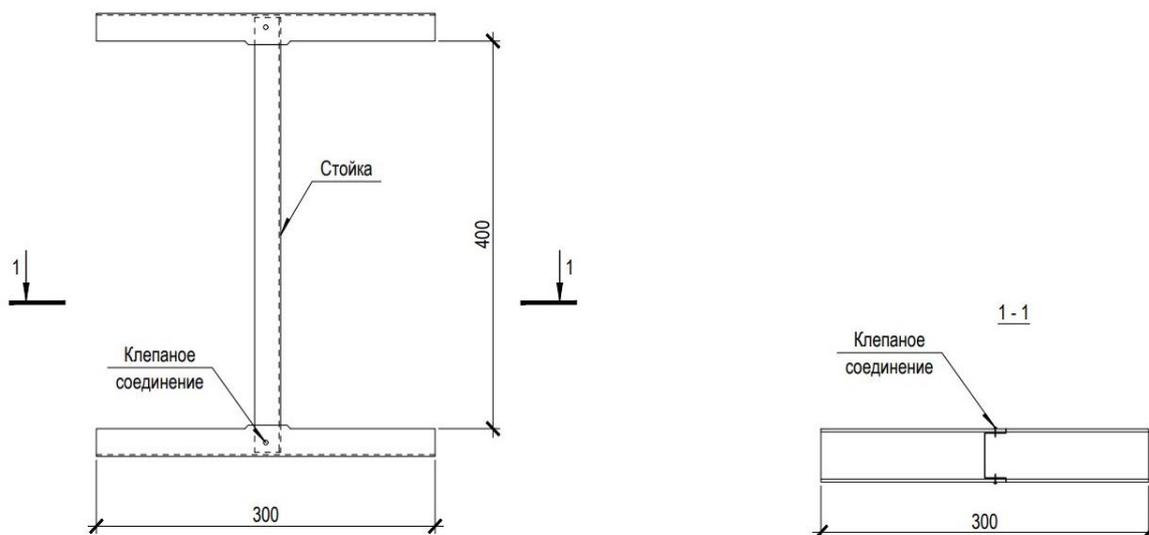


Рисунок 2 – Образцы испытания узловых сопряжений ЛСТК на сжатие

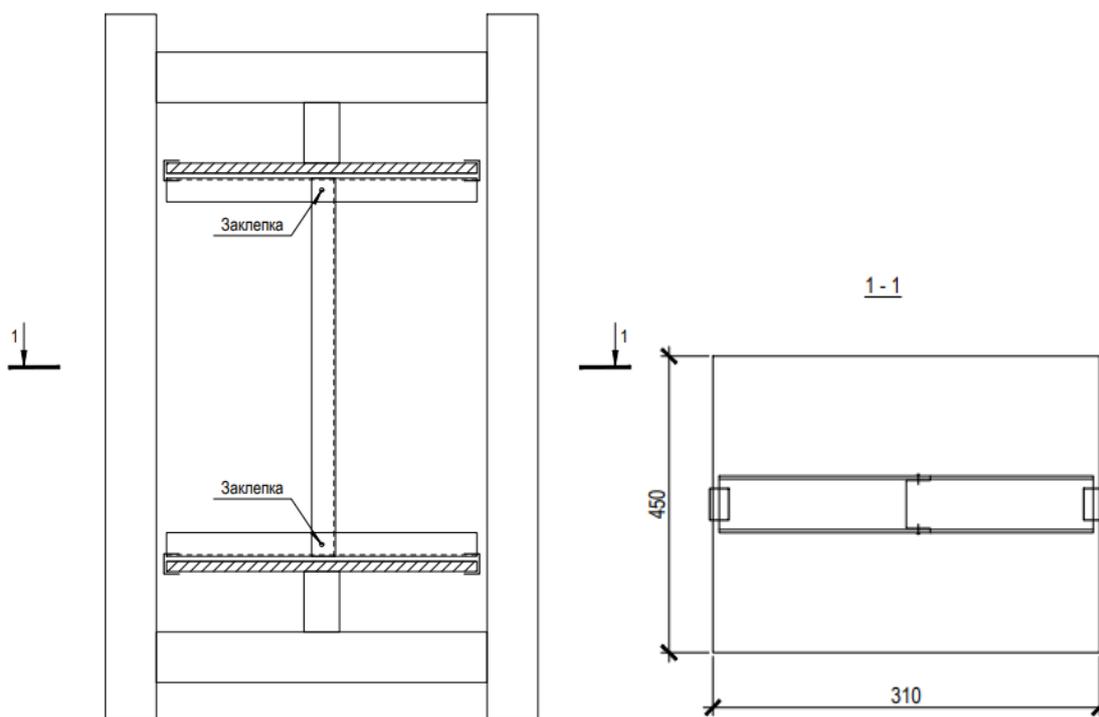


Рисунок 3 – Схема испытания узловых сопряжений ЛСТК на сжатие

Экспериментальные исследования проводились в два этапа, которые включали несколько пробных и серию основных испытаний. Пробные испытания первоначально производилась с целью отладки работы, проверки работы измерительных приборов, проверки способа закрепления самой конструкций и способов подачи усилий. После выполнения корректировок была произведена серия основных испытаний.

В соответствии с указанными стандартами [1, 2] проведены статические испытания с оценкой фактического состояния узловых сопряжений ЛСТК. В ходе испытаний определялись:

- сравнение показателей предела прочности узловых соединений заклепка и заклепка+саморез;
- влияние площади поперечного сечения профиля на несущие способности элементов;
- зависимость предела прочности от толщины профиля при одинаковых узловых соединениях.
- предельная несущая способность элементов, относительные деформации профилей.

Общий вид конструкций узловых сопряжений до испытания и после их разрушения представлены на рисунке 4.



а)



б)

Рисунок 4 – Общий вид испытанного образца конструкции:

а) образец до испытания; б) образец после испытания

Экспериментальные исследования тонкостенных конструкций на сжатие и растяжение

Основные результаты контрольных испытаний каждого образца, предельные статические нагрузки и характер разрушения элементов приведены в табличном виде (табл.2.)

Фактор изменения элементов образцов (депланация) при статических нагрузках повлиял на характер разрушения соединенных элементов. Основные разрушения узловых сопряжений образцов на сжатие произошли в зоне крепления нижнего уровня при предельных нагрузках:

1. для образцов (Обр.1÷Обр.6 и Обр.13÷Обр.18) шириной 90 мм в пределах 1376-3504 кг.
2. для образцов (Обр.7÷Обр.12) шириной 140 мм в пределах 1530-1968 кг.

Таблица 2 – Обобщённые результаты испытаний образцов ЛСТК

Тип сечения профиля	Маркировка	Соединение	Предельная нагрузка при потере устойчивости Р(кг)	Характер потери устойчивости
1	2	3	4	5
Гнутые тонколистовые профили L=90 мм	Обр. 1	закл. +саморез	1724	срез самореза
	Обр. 2	закл. +саморез	1771	срез самореза
	Обр. 3	закл. +саморез	1759	срез самореза
	Обр. 4	заклепка	1466	срез заклепки
	Обр. 5	заклепка	1376	срез заклепки
	Обр. 6	заклепка	1427	срез заклепки
Гнутые тонколистовые профили L=140 мм	Обр. 7	закл. +саморез	1968	потеря устойчивости
	Обр. 8	закл. +саморез	1657	срез самореза
	Обр. 9	закл. +саморез	1720	потеря устойчивости
	Обр. 10	заклепка	1530	срез заклепки
	Обр. 11	заклепка	1530	потеря устойчивости
	Обр. 12	заклепка	1631	срез заклепки
Гнутые тонколистовые профили L=90 мм	Обр. 13	заклепка	3314	срез заклепки
	Обр. 14	заклепка	3314	срез заклепки
	Обр. 15	заклепка	3504	срез заклепки
	Обр. 16	закл. +саморез	3378	срез самореза
	Обр. 17	закл. +саморез	3504	срез самореза
	Обр. 18	закл. +саморез	3507	срез самореза

Поведение испытуемых стоек предполагает выносливость на устойчивость. Особенность работы тонкостенных профилей на сжатие заключается в том, что потеря несущей способности может наступить как в результате потери общей устойчивости элемента, так и в результате потери местной устойчивости элемента. Как правило, потеря местной устойчивости в сжатой зоне сечения происходит на ранних стадиях нагружения при уровне напряжений существенно ниже расчетных значений, но это не означает достижение профилем предельного состояния, сечение в целом остается работоспособным, имеет достаточный запас по несущей способности и может воспринимать внешнюю нагрузку.

В период проведения экспериментальных исследований фиксировались деформация и потеря устойчивости стойки (рис. 5), по результатам испытаний были составлены диаграммы зависимостей (рис. 6-8).



Рисунок 5 – Деформация и потеря устойчивости стойки

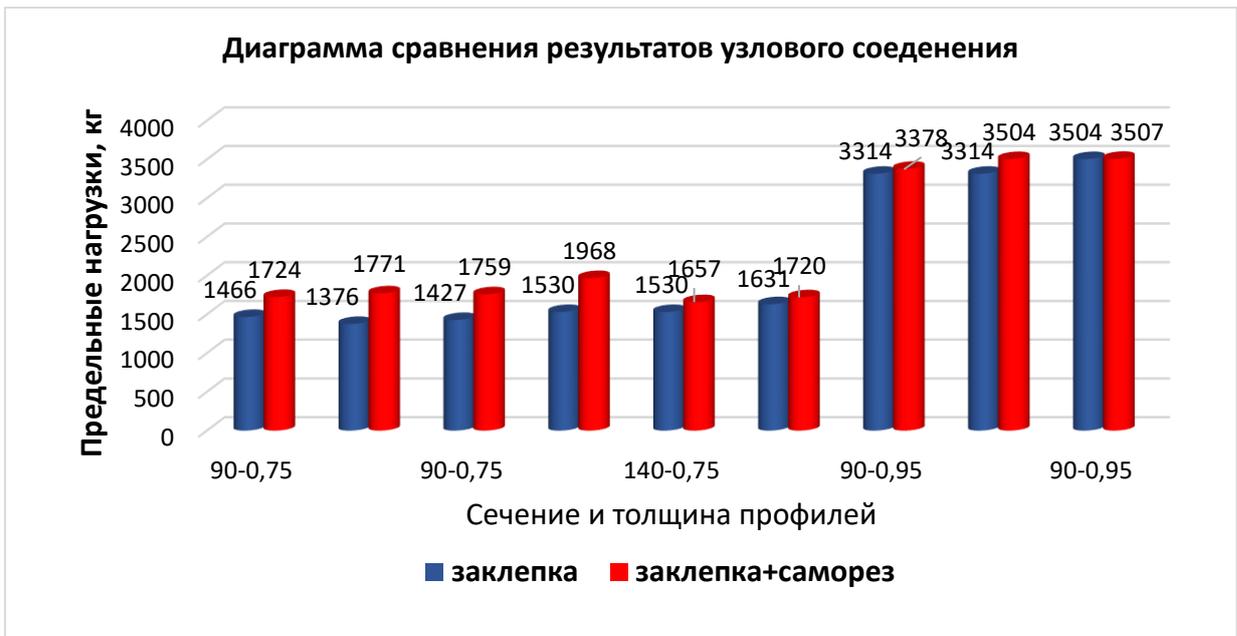


Рисунок 6 – Диаграмма сравнения результатов узлового соединения (заклепка и заклепка+саморез)

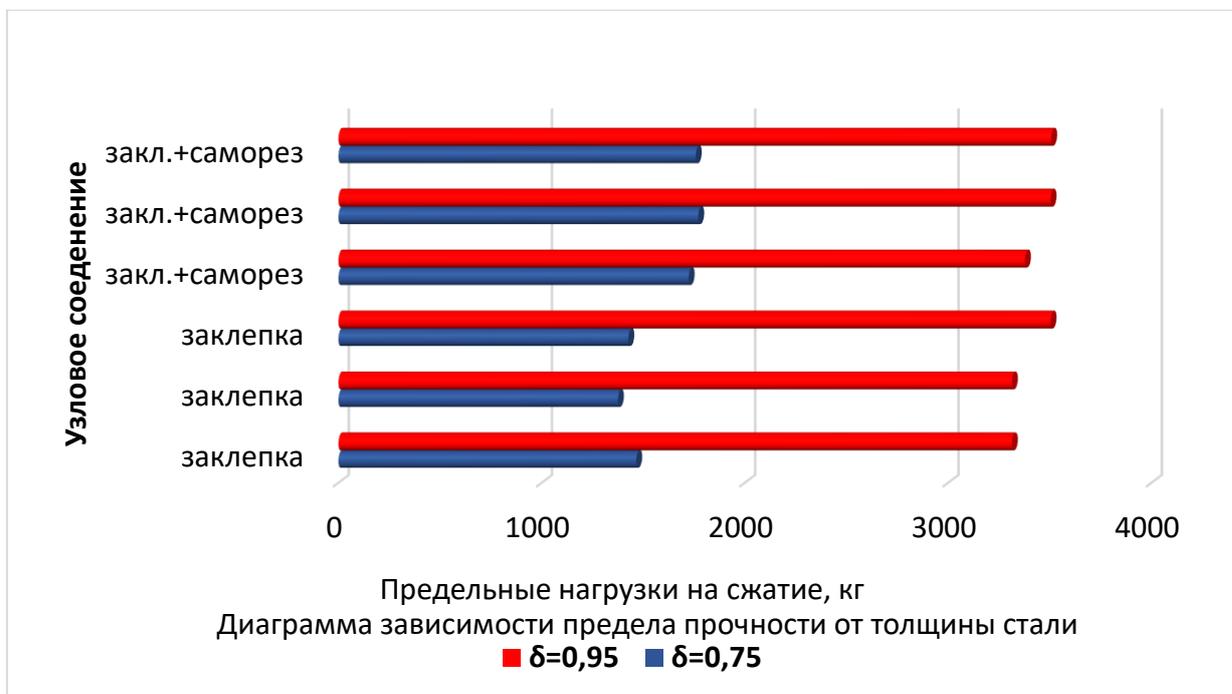


Рисунок 7 – Диаграмма зависимости предела прочности на сжатие от толщины применяемой стали

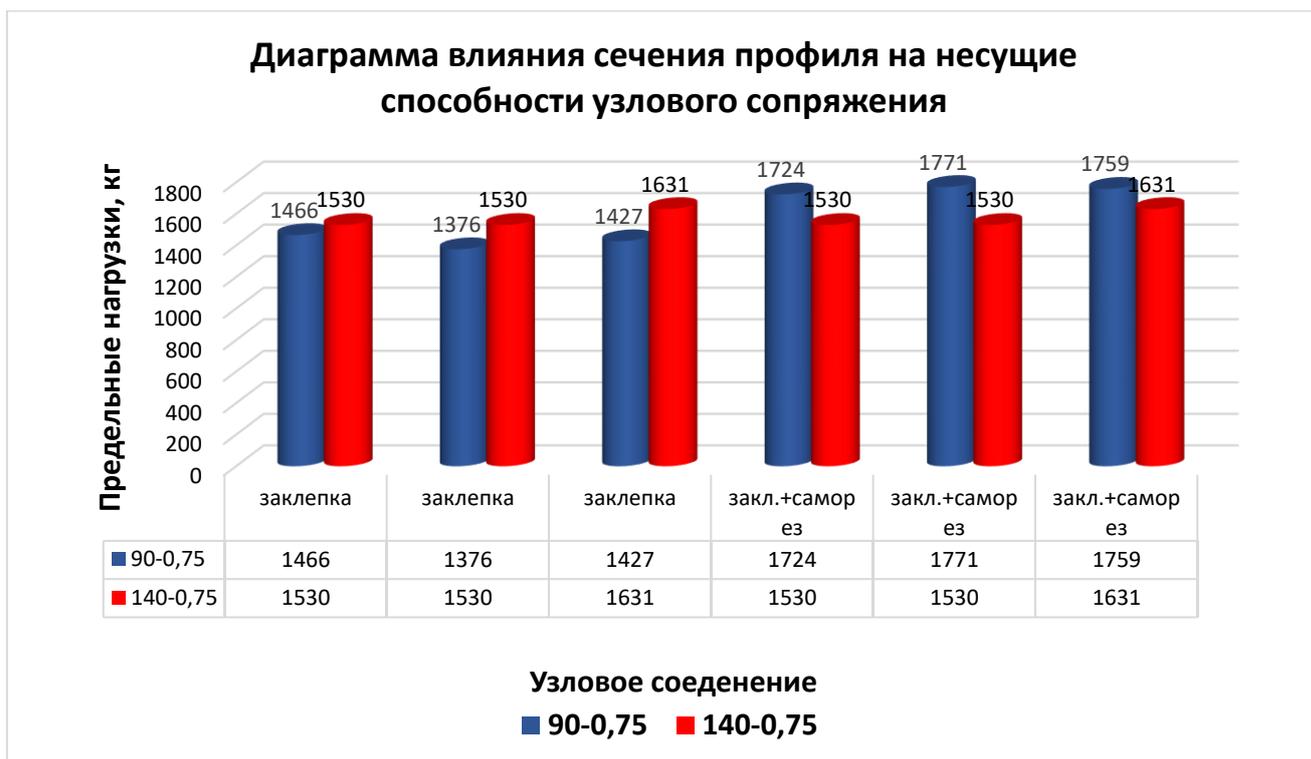


Рисунок 8 – Диаграмма влияния сечения профиля на несущие способности узлового соединения

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, т.е. искажением поперечного сечения, что способствует потере несущей способности раньше потери наступления потери общей устойчивости. Поэтому конструктивные особенности холодногнутого профиля оказывают значительное влияние на несущую способность тонкостенных элементов. В связи с этим, С-профиль, имеющий краевые отгибы, обладает преимуществом по устойчивости и несущей способности.

При расчете несущей способности сжатых образцов ЛСТК рекомендуется учитывать минимальные предельные нагрузки, полученные по трем сериям испытанных образцов согласно протоколу испытаний. Согласно требованиям норм необходимо принять к сведению коэффициент безопасности по нагрузкам и включить в проектную документацию схемы испытаний, нормативные и расчетные нагрузки, предельные прогибы и деформации конструкций, кручение, депланации и потери устойчивости элементов с учетом установки распорок и связевых элементов.

Основные выводы:

1. Результаты экспериментальных исследований показали, что основные разрушения элементов образца и узловых соединений были следствием потери устойчивости элементов образца и депланации профиля.

2. Экспериментально установлено незначительная разница менее 10-15% предельных нагрузок на сжатие узловых соединений заклепками и заклепкой+саморезами. Разрушения образцов в виде срезов заклепок являются следствием депланации профиля (изменения формы элементов профиля) (см. рис. 6).

3. Анализ результатов экспериментальных данных показал превышение предельных нагрузок на сжатие образцов, изготовленных из профилей сечением 140мм и 90мм на 10-20% (см. рис. 8).

4. Экспериментальными исследованиями установлено существенное влияние толщины стали изготовленных образцов на предельные сжимающие нагрузки испытываемых образцов. Анализ и обработка полученных данных показал превышение более чем в два раза характеристик профилей толщиной 0,95мм по сравнению профилей толщиной 0,75мм. Предельные нагрузки элементов образцов, изготовленных из сталей толщиной 0,75 и 0,95мм были в пределах 1376-1771 и 3314-3504 кг (см. рис 7).

Список использованных источников:

1. ГОСТ 25.503-97 «Методы испытания на сжатие».
2. ГОСТ 1497-84 «Методы испытаний на растяжение».
3. ГОСТ 8829-94 «Изделия строительные и железобетонные и бетонные заводского изготовления. Методы испытаний нагружением. Правила оценки прочности, жесткости и трещиностойкости».
4. Айрумян Э.Л. Рекомендации по проектированию, изготовлению, монтажу и эксплуатации несущих стропильных конструкций «Сталдом Профиль» из тонкостенных стальных оцинкованных профилей. – М., 2004.
5. Таалайбеков А., Апысов К., Рысбаев Э. Инновация в сейсмостойком строительстве / Вестник МУИТ – 2020. – С. 155-162.

6. Кунин Ю.С., Катранов И.Г. Оптимизация применения вытяжных заклепок и самосверлящих винтов в соединениях ЛСТК // Строительные материалы, оборудование технологии XXI века. 2010. № 7. С. 35—37.
7. Абдыкалыков Д.Б. Методика проведения динамических испытаний зданий со стенами комплексной конструкции. – Вестник Международной Ассоциации экспертов по сейсмостойкому строительству. – Б.: МАЭСС, 2021. – № 1 (11). – С. 16-28.
8. Брудка Я., Лубиньски М. Легкие стальные конструкции / под ред. С.С. Кармилова. – М., 1974.
9. Жмарин Е.Н. Международная ассоциация легкого стального строительства / Строительство уникальных зданий и сооружений. – 2012. – № 2. – С. 27 – 30.
10. Канболотов К.Т. Оценка сейсмической уязвимости зданий существующей застройки с дефицитом несущей способности/ Вестник МУИТ – 2020. – С. 13-22.
11. Мусаков Р.А. Анализ активных систем сейсмозащиты и возможность продолжения исследований в условиях Кыргызстана/ Вестник МУИТ – 2020. – С. 44-55.
12. Аскарбеков С.Н., Корчубай уулу Эрлан, Тайлякова Ж.К./ Обеспечение сейсмической безопасности с учетом строительных норм/ Вестник МАЭСС – 2019. – С. 15-19.
13. Хакимов Ш.А., Азизов А.Т. [Проблемы сейсмической безопасности и состояние развития жилищного строительства в центральноазиатском регионе/ Вестник МАЭСС – 2019. – С. 45-50.](#)
14. Мезенцева Е.А., Лушников С.Д. Быстровозводимые здания из легких стальных конструкций // Вестник МГСУ. 2009. Спецвып. № 1. – С. 62-64.
15. Куражова В.Г., Назмеева Т.В. Виды узловых соединений в легких стальных тонкостенных конструкциях // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 3. – С. 47—53.
16. Toma A., Sedlacek G., Weinand K. Connections in cold-formed steel // Thin-walled structures. 1993, vol. 16, pp. 219—237.
17. Айрумян Э.Л., Камынин С.В., Ганичев С.В. Вытяжные заклепки или самонарезающие винты? // Монтажные и специальные работы в строительстве. – 2009. № 3. – С. 2—9.
18. Катранов И.Г., Кунин Ю.С. Вытяжные заклепки в узлах соединений легких стальных тонкостенных конструкций. Ассортимент и область применения // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – №3. – С. 41—43.