

**УЗЛОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ.  
ОСНОВНЫЕ ТИПЫ ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ****NODES CONNECTED BY STEEL THIN-WALLED STRUCTURES. MAIN  
FEATURES WORK. ANALYSIS OF RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES**

*Болоттон жасалган ичке тосмолуу түзүмдөрүнүн nodal байланыштуу негизги түрлөрү жана өзгөчөлүктөрү каралат.*

*Ачык сөздөр: муздак пайда профиллер, таржымалдын түрлөрү: швеллер, С-оюк, Z-оюк,  $\Sigma$ -оюк, сокур бурамалар, өзүн-өзү бургулоо өзүн-өзү таптап бурамалар.*

*Рассматриваются основные типы и особенности работы узловых соединений стальных тонкостенных конструкций.*

*Ключевые слова: холодногнутые профили, узловые соединения, вытяжные заклепки, самосверлящие самонарезающие винты.*

*The main types and features of the nodal connection of steel thin-walled structures.*

*Keywords: cold-formed profiles, profile types: trough, C-shaped, Z-shaped,  $\Sigma$ -shaped, blind rivets, self-drilling self-tapping screws.*

В промышленном и гражданском строительстве России и других стран в последние годы появляется все больше новых энергоэффективных, недорогих и долговечных типов конструкций. Одним из таких типов являются конструкции из легких стальных тонкостенных оцинкованных профилей (ЛСТК) толщиной до 4 мм. ЛСТК широко используются в качестве несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений различного назначения. Весьма эффективны они при строительстве быстровозводимых зданий и сооружений, в том числе и для сейсмических районов [1,2]. Годовой выпуск таких конструкций только в России приближается к 1 млн тонн.

Существенным отличием ЛСТК от других типов стальных конструкций, определяемым тонкостенностью профилей, является сложность работы узловых соединений выполняемых с использованием, в основном, вытяжных заклепок и винтов. При этом ни в России, ни у нас в Кыргызстане нет нормативных документов, регламентирующих проектирование таких соединений.

**Основные типы**

Тонкостенные холодногнутые профили применяются в различных элементах конструкций. На рис. 1 приведены различные типы узловых соединений, наиболее широко применяемые в ЛСТК.

По результатам анализа проектной документации, а также электронных материалов в сети интернет, выявлено, что наибольшее распространение получили широкополочные профили швеллерного, С-образного, Z-образного,  $\Sigma$ -образного, корытного типа, а также профилированные листы с различной геометрией волны.

Соединение стальных тонкостенных конструкций из оцинкованной стали возможно с помощью различных типов крепежных элементов. В таблице 1 приведена классификация типов крепежных элементов, применяемых в ЛСТК [3]. В зарубежной литературе часто фигурирует обозначение «механический крепеж», обобщающие подобные типы соединительных элементов:

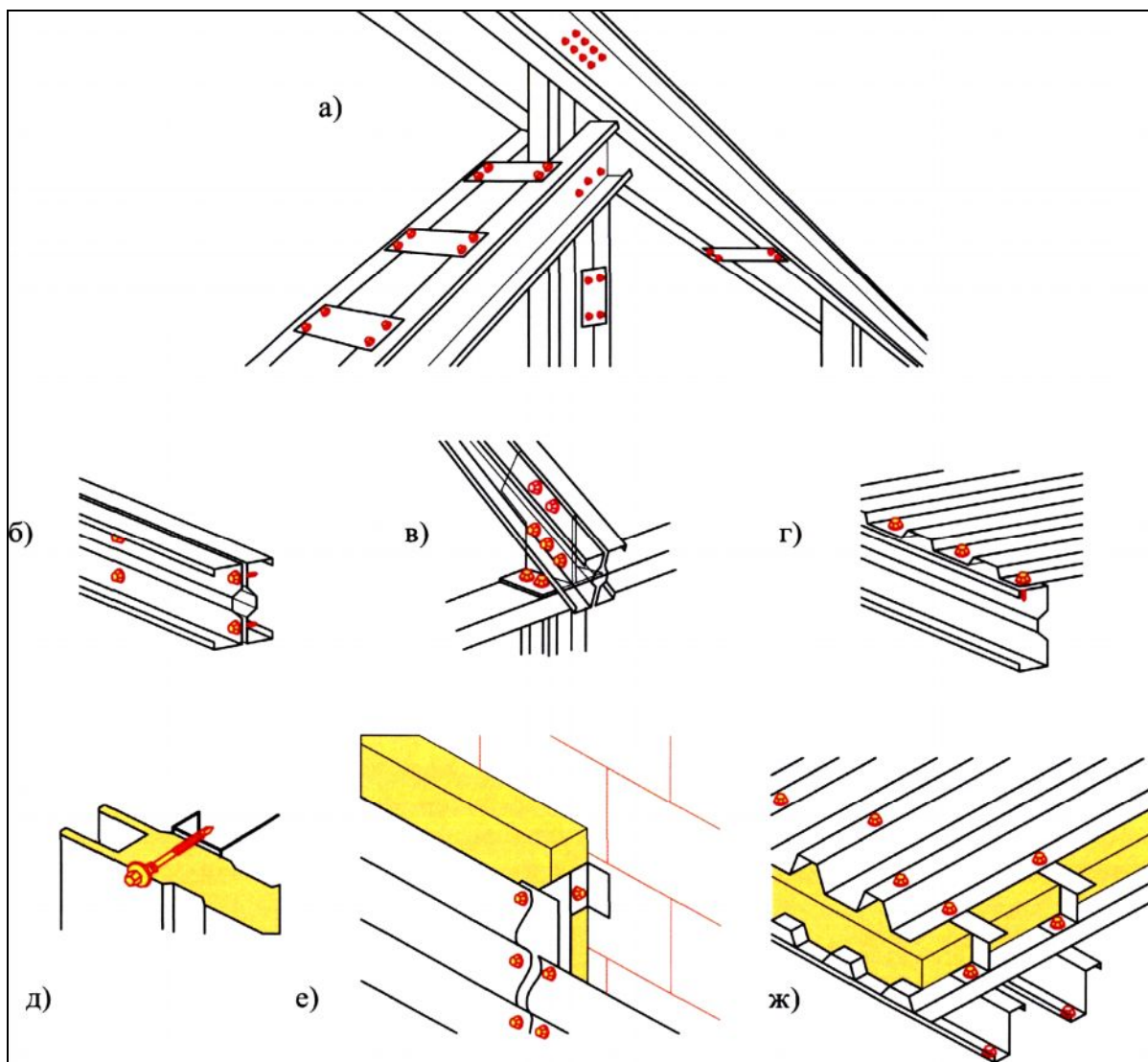


Рис.1. Основные типы узловых соединений ЛСТК:

- а) Узлы соединения раскосов и поясов стропильных ферм из С-образных профилей;
- б) Соединение балки составного сечения из двух  $\Sigma$ -образных профилей;
- в) Узел крепления стропильной балки составного сечения к основному каркасу;
- г) Узел крепления обшивки из профилированного листа к  $\Sigma$ -образной балке;
- д) Узел крепления сэндвич-панели к основному каркасу;
- е) Крепление между собой элементов подсистемы навесного вентилируемого фасада и фасадной облицовки из профилированного листа;
- ж) Узел полистовой сборки системы кровельного покрытия.

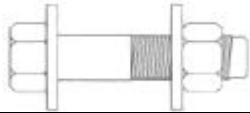

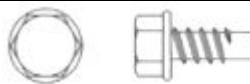

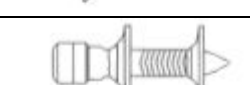



Применение болтов в области ЛСТК не получило широкого применения вследствие небольшой технологичности таких соединений по сравнению с винтовыми и заклепочными, вследствие следующих причин:

- необходимости точного выполнения отверстий на заводе и их соосности на монтаже;
- применения болтов малых диаметров, ввиду малой толщины соединяемых деталей и отсутствия на рынке механизированного инструмента для их монтажа;
- необходимости обеспечения двустороннего доступа к конструкции в процессе монтажа.

Применение монтажных дюбелей для пороховых и пневматических монтажных пистолетов, при соединении элементов ЛСТК отличает высокая скорость монтажа, особенно при использовании ленточной подачи патронов и дюбелей, однако при этом необходима высокая квалификация монтажника и соблюдение специальных мер техники безопасности.

Также необходимо отметить, что стоимость монтажного дюбеля и патрона выше стоимости винтов и вытяжных заклепок. Существенным недостатком применения монтажных дюбелей, является невозможность обеспечения прочного соединения тонколистового материала с базовым листом толщиной менее 2 мм.

Таблица 1 - Обзор типов крепежных элементов, применяемых в ЛСТК

№	Соединительные элементы	Изображение	Диаметр, мм	Соединение листов	
				Тонкий с тонким	Тонкий с толстым
1	Болты		5-16	+	+
2	Самонарезающие винты		6,3; 8; 10,6	-	+
3	Самосверлящие самонарезающие винты		4,2; 4,8; 5,5; 6,3	+	+
4	Вытяжные заклепки		3,2; 4; 4,8; 6,4	+	-
5	Пороховые монтажные дюбели		4,5	-	+
6	Пневматические монтажные дюбели		3	-	+
7	Пуклевки		2,2; 3,5	+	-
8	Пресс соединения (Розетт)		12; 16	+	-

Применение заклепок обусловлено рядом преимуществ по сравнению с другими типами соединений. При применении заклепок получается более плотное, герметичное соединение, соответственно повышается несущая способность на сдвиг; значительно меньшая стоимость; большое разнообразие применяемого инструмента для установки заклепок: ручной, пневматический, аккумуляторный; простота установки, доступ к соединяемым элементам требуется только с одной стороны. Типы вытяжных заклепок, описаны их составные части и приведена классификация применяемых вытяжных заклепок. Проведенные исследования, показывают что на несущую способность соединений, выполненных на заклепках, влияет толщина соединяемых элементов[3].

Применение пуклевочных соединений, пресс соединений и соединений типа «Розетт», при которых соединение образуется посредством продавливания с последующей развальцовкой стального листа соединяемых деталей, целесообразно в условиях соединения элементов каркаса на заводе по производству готовых комплектов металлоконструкций, с последующей укрупнительной сборкой на строительной площадке с помощью других типов соединений. Подобные типы соединений отличает невысокая стоимость, однако выполнение этих соединений в условиях стройплощадки и на высоте невозможно.

Соединение стальных тонкостенных конструкций на вытяжных заклепках и самосверлящих самонарезающих винтах получили наибольшее распространение.

Соединения отличаются высокой технологичностью, возможностью применения мобильного, в том числе аккумуляторного инструмента, небольшая энергозатратность, независимость от климатических условий, отсутствие в необходимости высокой квалификации монтажников, односторонность применения крепежа (возможность вести монтаж с одной стороны) а также небольшая стоимость соединения. Ассортимент и область применения вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов в ЛСТК подробно изложен в публикациях (интернет ресурсах).

Вытяжная заклепка состоит из двух частей, гильзы заклепки (1) и вытяжного стержня с головкой (2) рис.2.

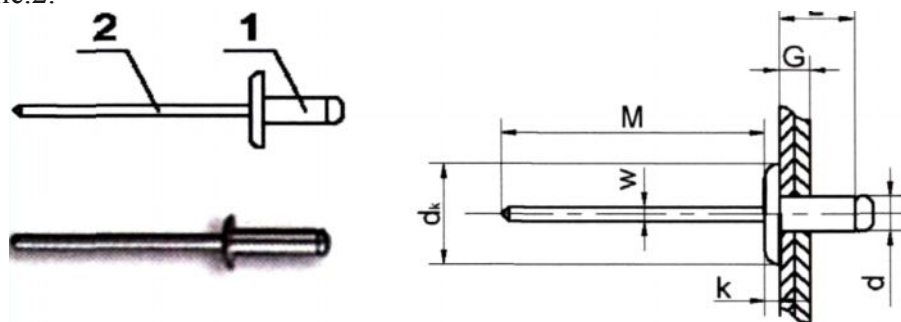


Рис. 2. Вытяжная заклепка (основные геометрические характеристики):  $d$  – диаметр гильзы заклепки;  $L$  – длина тела гильзы заклепки;  $d_k$  – диаметр бортика;  $M$  – длина хвостовика;  $K$  – толщина бортика;  $w$  – диаметр вытяжного стержня;  $G$  – толщина материала.

Вытяжной стержень служит для расклепывания тела гильзы заклепки с обратной от положения инструмента стороны. Стержень имеет головку, шейку (участок с уменьшенным диаметром стержня) с точкой разрыва, хвостовик и наконечник. Для установки вытяжной заклепки требуется сверление отверстия на 0,1 мм больше диаметра гильзы вытяжной заклепки, введение заклепки гильзой в отверстие до упора бортика заклепки и последующее вытягивание хвостовика стержня из гильзы с помощью специального инструмента. В процессе односторонней клепки свободный конец тела гильзы заклепки расклепывается, образуя неразъемное соединение, показанное на рис.3. Подбор длины гильзы ( $L$ ) вытяжной заклепки, осуществляется в зависимости от толщины соединяемого пакета, и регламентируется производителем.

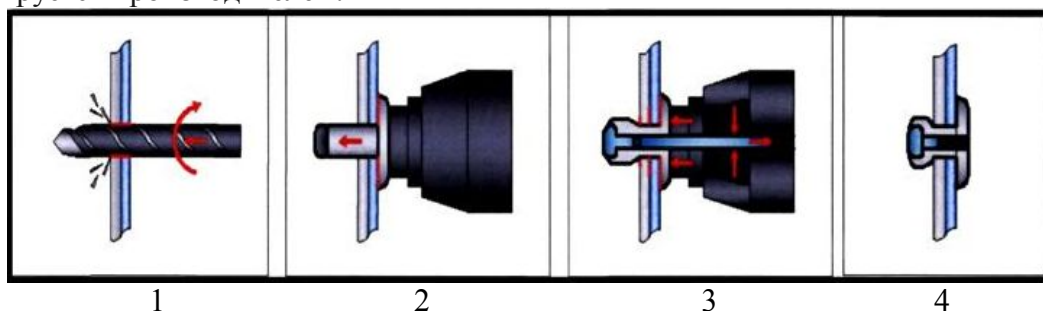


Рис.3. Последовательность выполнения соединения на вытяжной заклепке: 1 – предварительное сверление; 2 – установка заклепки; 3 – расклепывание гильзы и отрыв хвостовика; 4 – готовые соединения.

Самосверлящие самонарезающие винты состоят из головки (1), прессшайбы (2), стержня с резьбой (3), и наконечника со сверлом (4) рис.4. Предварительного сверления отверстия в материале не требуется, поскольку оно выполняется сверлом винта в процессе установки рис. 5.

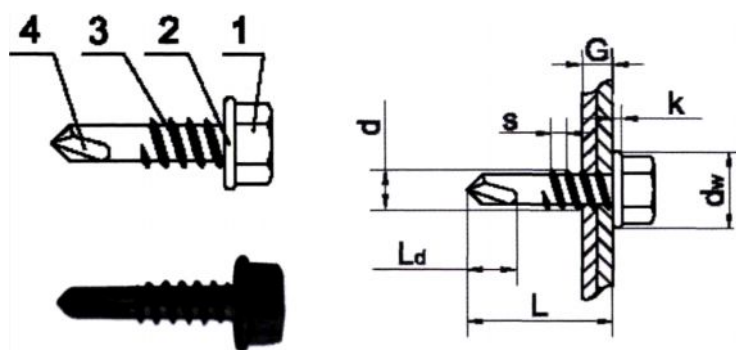


Рис.4. Самосверлящий самонарезающий винт (основные геометрические характеристики):  $D$  – диаметр винта;  $L$  – длина винта;  $d_w$  – диаметр пресс-шайбы;  $L_d$  – длина сверла;  $s$  – шаг резьбы;  $k$  – высота пресс-шайбы;  $d_w$  – диаметр пресс-шайбы;  $G$  – толщина материала.

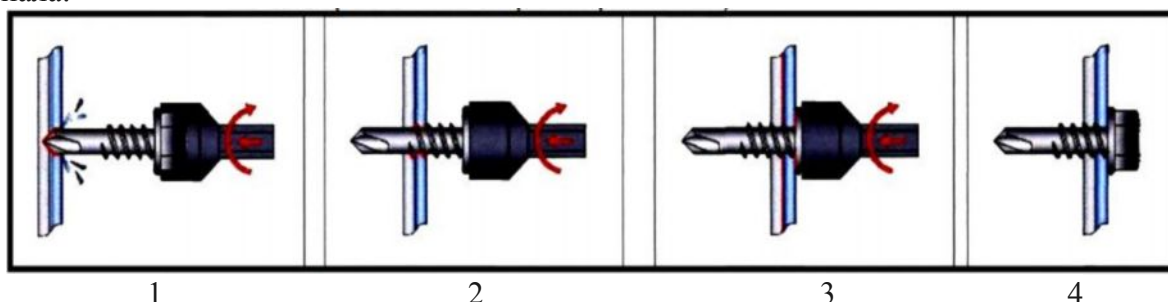


Рис.5. Выполнение соединения на самосверлящем самонарезающем винте: 1 – сверление, 2 – нарезка резьбы, 3 – затяжка, 4 – готовое соединение.

Наиболее распространены винты со сверлом типа «перо». Наконечники такого типа различаются по длине в зависимости от необходимой глубины сверления и позволяют осуществлять крепление к базовому материалу с толщиной до 14мм. Также существуют винты со специальным типом наконечника для осуществления продавливания тонкого базового материала и образования «юбки» металла, позволяющей обеспечить закрепление нескольких нитей резьбы, что увеличивает величину усилия на выдергивание винта. Установка винтов производится с помощью электрического шуруповерта с регулировкой скорости и момента затяжки. При установке существенными являются требования по допустимому числу оборотов 1300–2000об/мин, крутящему моменту до 6Нм и необходимому усилию нажатия 20–30 кг. Винты, как и вытяжные заклепки, являются односторонним типом крепежа, что позволяет производить установку, имея доступ к конструкции только с одной стороны. При необходимости обеспечения герметичного соединения винты могут комплектоваться коническими шайбами с резиновыми прокладками (шайбами EPDM) [5].

### Особенности работы

Соединения ЛСТК работают на срез и на растяжение крепежного элемента, также возможны случаи комбинированного нагружения.

На срез преимущественно работают соединения, показанные на рис. 6.

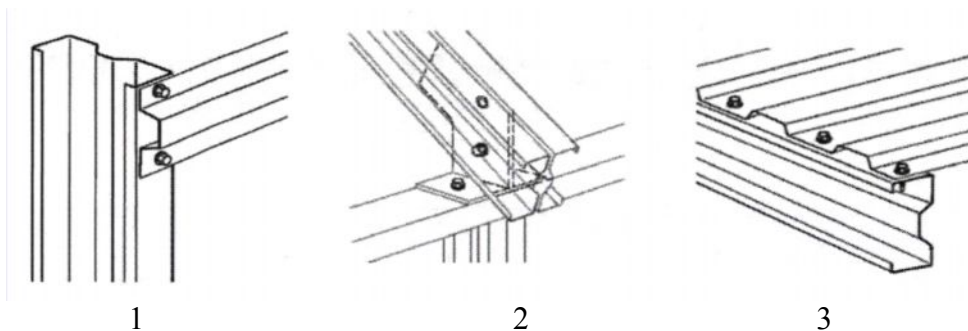


Рис.6. Соединения ЛСТК, работающие на срез из: 1 – колонн и балок каркаса, 2 – поясов и раскосов ферм и стропильных конструкций, 3 – элементов обеспечивающих пространственную жесткость каркаса.

На растяжение в ЛСТК работают крепления ограждающих конструкций из сэндвич-панелей и профилированных листов, а также конструкции покрытий и обшивок рис. 7.

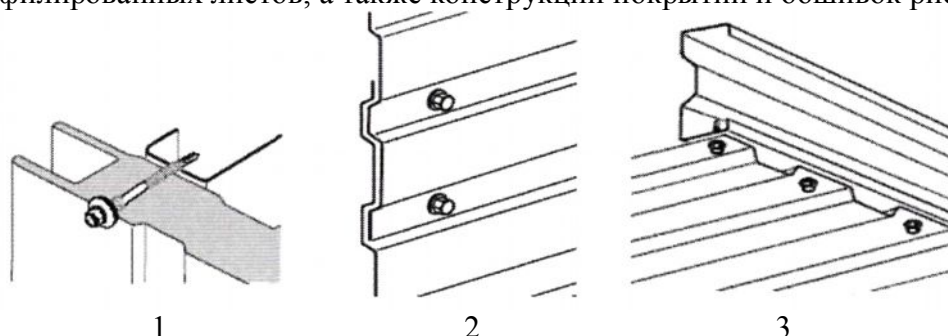


Рис.7. Соединения ЛСТК, работающие на растяжение из: 1 – сэндвич-панелей, 2 – профилированных листов, 3 – покрытий и обшивок.

В Российских нормативных документах и рекомендациях методика расчета соединений ЛСТК на самосверлящих самонарезающих винтах не нашла отражения. В европейских нормах предлагается инженерная методика расчета подобных соединений, однако ее применение ограничено различием стандартов производства и системы контроля качества в строительстве. Методика, имеет наличие в каждом государстве национального приложения с индивидуальными коэффициентами безопасности, а также возможными дополнениями.

### Экспериментальные исследования

Испытания узловых соединений ЛСТК проводились на кафедре «Испытания сооружений» ГОУ ВПО МГСУ[6]. Соединение образцов осуществлялось крепежными элементами, получившими наиболее широкое распространение в легких стальных тонкостенных конструкциях. Для испытаний использовались вытяжные заклепки и самосверлящие самонарезающие винты. Значения предела прочности соединения при смятии материала образцов на вытяжных заклепках проводились в МГСУ и в ЦНИИПСК им. Н.П.Мельникова.

При применении винтов и вытяжных заклепок одинакового диаметра 4,8 мм типы отказов при одинаковых толщинах базового материала различны и связаны с конструктивными особенностями крепежных элементов. На основании полученных результатов дана оценка работы соединения во всем диапазоне нагружения вплоть до разрушения; предложена, подтвержденная в результате экспериментальных исследований, классификация предельных состояний соединений ЛСТК; установлена предельная несущая способность соединений при различном характере нагружения и типах соединений, разграничена область эффективного применения каждого типа соединений.

### Выводы

Анализ литературных источников и баз данных показал:

1. В настоящий момент ни в Российской Федерации, ни в Кыргызской Республике нет нормативных документов, регламентирующих проектирование соединений легких стальных тонкостенных конструкций.

2. Экспериментальные исследования, проведенные в МГСУ и ЦНИИПСК им. Н.П.Мельникова, позволяют рекомендовать вытяжные заклепки и самосверлящие самонарезающие винты в качестве эффективных соединительных элементов узлов ЛСТК.

3. Представляется целесообразным провести исследования работы узловых соединений ЛСТК с использованием других типов крепежа (дюбелей, заклепок и др.) и разработать республиканские нормативные документы по проектированию конструкций из легких стальных оцинкованных профилей и их соединений.

### Список литературы

1. Семенов В.С. Быстро возводимые малоэтажные здания из легких стальных тонкостенных конструкций [Текст] / И.С. Семенов, А.М. Греховодов, А.В. Кондрашов // Вестник КРСУ. - Т.8.-2007. - №6. - с.61-68.
2. A.Gherzi, R.Landolfo, and F.M.Mazzolani. Design of metallic cold-formed thin-walled members// Spon Press, Taylor & Francis Group, New York, 2002. - 198 p.p.
3. Айрумян Э.Л. Вытяжные заклепки или самонарезающие винты? [Текст] / Э.Л. Айрумян, С.В. Камынин, С.В. Ганичев // Монтажные и специальные работы в строительстве. - 2009. - № 3. - с. 2-9.
4. Мысак В.В. Особенности работы соединений металлических элементов на заклепках различных типов [Текст] В.В. Мысак, О.А. Туснина, А.И. Данилов, А.Р. Туснин // Вестник МГСУ. - 2014. - №3. - с. 82-89.
5. Катранов И.Г. Оптимизация применения вытяжных заклепок и самосверлящих самонарезающих винтов в соединениях ЛСТК [Текст] И.Г. Катранов, Ю.С. Кунин // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. - 2010. - №3. - с. 134.
6. Катранов И.Г. Экспериментальные исследования работы многвинтовых соединений ЛСТК [Текст] / И.Г. Катранов // Промышленное и гражданское строительство.-2010.-№11. - с.43-45.