

**Коренченко Станислав Сергеевич,**

*студент магистратуры архитектурно-строительного института;*

**Комаров Дмитрий Александрович,**

*студент магистратуры архитектурно-строительного института;*

**Руденко Александр Алексеевич,**

*д-р эконом. наук, канд. техн. наук,*

*профессор кафедры «Промышленное и гражданское строительство»,*

*ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет»,*

*г. Тольятти, Самарская область, Россия*

## **К ОЦЕНКЕ И ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО СОЕДИНЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ АРМАТУРЫ**

В статье рассматриваются преимущества механического резьбового соединения арматуры в сравнении с традиционным соединением внахлест и ванной сваркой. Выполнен сопоставимый расчет сравнения стоимости арматурных соединений. Для оценки прочностных характеристик механического резьбового соединения экспериментально было проведено испытание арматурного стержня класса А500С диаметром 25 мм с применением муфты СС25А12 на разрывной машине.

**Ключевые слова:** монолитное строительство, механическое резьбовое соединение арматуры, ванная сварка, соединение внахлест.

В Российской Федерации, как и в Советском Союзе, существенный сегмент занимает строительство зданий и сооружений из сборного железобетона. Вместе с тем, постиндустриальный период в РФ характеризуется динамичным переходом к применению в строительстве монолитного домостроения [3], в связи с чем и возникла проблема стыкования арматуры. Причём, особенно остро она возникает при стыковании арматуры больших диаметров, которые стыковать способами, применяемыми на заводах ЖБИ и на объектах строительства, не всегда удается.

В настоящее время набирает популярность принципиально новый подход к стыкованию арматуры на строительной площадке, на основе технологии механических соединений арматуры (МСА), которая заменяет соединение арматуры стыкуемых внахлестку и использование ванной сварки.

Отмечая преимущества МСА в сравнении со сварными вариантами соединения арматуры, стоит заметить, что при соединении арматуры внахлестку величина перепуска составляет от 40d до 65d [1]. Замена на МСА позволяет получить экономию арматуры до 40%, за счет того, что стержни стыкуются без потерь, что в денежном выражении окупает затраты, особенно если речь идет об арматуре больших диаметров. Кроме того, для обеспечения прочности стыка, при способе соединения внахлест требуется большое количество поперечной арматуры, равной по площади сечения арматуры в стыке. Увеличение общего объема армирования будет приводить к увеличению трудоемкости при вязке арматуры и бетонировании из-за большого количества арматуры в бетонируемом участке.

Кроме того анализируя способ соединения арматуры внахлест следует отметить, что стыки запрещено применять при строительстве в сейсмоопасных районах, а так же в конструкциях воспринимающих вибрации и динамические нагрузки. Так как передача усилия с одного стержня на другой, при соединении внахлест, осуществляется через бетон и, по мере разрушения защитного слоя бетона, конструкции здания выходят из строя, теряя несущую способность. Нужно иметь в виду, что такие стыки в большинстве стран просто запрещены, так как страховые компании прочность таких стыков гарантировать не могут, это объясняется тем, что в лабораторных условиях данный стык испытать невозможно.

В отношении сварочных соединений следует отметить, что они существенным образом приводят к удорожанию строительства. При выполнении ванной сварки необходимо иметь большое количество дополнительного оборудования и специальной оснастки, применение сварочных соединений влекут за собой высокие затраты за электроэнергию, большой расход материалов, также требуется дорогостоящий радиографический контроль каждого стыка [1]. Для выполнения работ требуются специалисты сварщики высокой квалификации, при этом квалификационный сварщик изготавливает за смену не более 8-ми стыков

арматуры большого диаметра. Стоит отметить, что при использовании ванной сварки существует опасность разрушения стержней на границе сварочного шва, возникает риск разупрочнения арматурной стали из-за процесса сварки, а также существуют ограничения по погодным условиям при проведении работ. В зимнее время расход электроэнергии такой, что данную технологию применять просто невозможно.

Технология механических соединений арматуры, в настоящее время, начинает широко использоваться в России, в то время как другие страны используют данную технологию уже десятки лет. Следует отметить, что существует несколько типов МСА, а именно:

- опрессованные – создаются путем однократного или многократного попеременного обжатия или протяжки соединительной муфты гидравлической мобильной установкой;
- винтовые – создаются путем накручивания контргаек и муфт с резьбой на периодический винтовой профиль стыкуемых стержней;
- болтовые – создаются путем затяжки болтов, расположенных с боковой поверхности муфты;
- резьбовые – создаются путем накручивания контргаек и муфт на стыкуемые стержни арматуры с предварительно созданной конической или цилиндрической резьбой.

Следует отметить, что из существующих типов МСА, как показывает практика, наиболее популярным является резьбовое соединение с конической резьбой. Станки для нарезки или накатки резьбы находятся на строительной площадке. Конусная резьба позволяет соединять стержни, которые не абсолютно вертикальные. Наружный диаметр муфты с конической резьбой больше на 4-5 мм диаметра самого стержня, что позволяет использовать в густоармированных конструкциях. Согласно ТУ [2] механическое резьбовое соединение является равнопрочным по всей длине арматурного стержня, что проверяется в лабораторных условиях согласно контролю качества соединения при производстве работ. Отсутствует потребность в рабочих с высокой

квалификацией. С применением МСА получаем высокую интенсивность выполнения арматурных работ, так как монтаж и нарезка резьбы на стержнях ведутся параллельно. Уменьшается расход арматурных стержней (32-40 мм до 40%), тем самым снижается общий объем армирования и общая масса здания, что также позволяет сократить время работы кранов. Снижение общей массы здания позволило при строительстве небоскреба «Меркурий Сити Тауэр» в Москве внести изменения в проект и согласовать увеличение высоты более чем на 16% в построечных условиях.

МСА позволяют стыковать арматуру без значительных затрат времени, причем наиболее эффективно в диаметрах от 25 мм [1]. Также контроль качества стыковки арматурных соединений является достаточно простой процедурой и не занимает большого количества времени [1; 2].

По данным рынка Самарской области за третий квартал 2017 года составлена Таблица 1, где приведено сравнение стоимости применения соединений арматуры с 16 по 40 диаметр.

При расчёте стоимости соединения применялись усредненные значения арматурной стали, горячекатаных труб, оплаты труда рабочего и сварщика по Самарской области.

Согласно ГОСТ 10922-2012 свойства механических соединений арматуры должны соответствовать нормам, изложенным в Таблице 2 [2]. Для оценки физико-механических характеристик механического резьбового соединения в лаборатории было проведено испытание арматурного стержня класса А500С диаметром 25 мм с применением муфты СС25А12 на разрывной машине.

Несмотря на то, что МСА при стыковании малых и средних диаметров обходится дороже соединения внахлестку, хочется отметить невозможность проведения лабораторных испытаний нахлесточных соединений, что объясняет отсутствие таких стыков в большинстве стран.

Таблица 1 – Сравнение стоимости применения соединений арматуры

Перехлест								Муфты Conson					Ванная сварка	Сводное сравнение (Conson - 100%)			
Диаметр, мм	Выпуск, см	Погонный вес, кг	Вес выпуска, кг	Цена выпуска, руб.	двойной перепуск (при стыковании 100% стержней в сечении)	С учетом трудозатрат и расходных материалов (проволока) +10%		Цена муфты (руб)	Расходные материалы	Аренда оборудования (при учете 20 двойных нарезок/час)	Трудозатраты (при учете 20 двойных нарезок/час)	Цена стыка (руб.).	Расходные материалы (ванночки, электроды, флюс) + электроэнергия + 20%	Lenton	Перехлест	Двойной перехлест	Ванная сварка
16	65	1.57	1.02	19.36	38.72	21.29	42.59	153.7	22.29	8.96	5.00	189.95	255.00	100%	11.21%	22.42%	134.24%
18	73	1.98	1.45	27.52	55.03	30.27	60.54	166.5	22.29	8.96	5.00	202.75	255.00	100%	14.93%	29.86%	125.77%
20	81	2.45	1.98	37.69	75.39	41.46	82.93	194.0	34.36	8.96	5.00	242.32	347.00	100 %	17.11%	34.22%	143.20%
22	89	2.96	2.64	50.11	100.23	55.12	110.25	218.2	34.36	8.96	5.00	266.52	347.00	100%	20.68%	41.37%	130.20%
25	101	3.83	3.87	73.44	146.88	80.78	161.56	254.9	34.36	8.96	5.00	303.22	347.00	100%	26.64%	53.28%	114.44%
28	114	4.80	5.47	103.98	207.95	114.38	228.75	277.1	34.36	8.96	5.00	325.42	347.00	100%	35.15%	70.29%	106.63%
32	130	6.27	8.15	154.87	309.74	170.35	340.71	320.1	48.27	8.96	5.00	382.33	440.00	100%	44.56%	89.11%	115.08%
36	162	7.94	12.9	244.25	488.50	268.68	537.35	342.7	48.27	8.96	5.00	404.93	440.00	100%	66.35%	132.70%	108.66%
40	180	9.80	17.6	335.05	670.10	368.56	737.11	508.1	48.27	8.96	5.00	570.33	625.00	100%	64.62%	129.24%	109.59%

Применяя нахлесточные соединения, невозможно гарантировать качество конструкции, что может повлиять на несущую способность здания, сроке его эксплуатации и безопасности людей, в отличие от МСА.

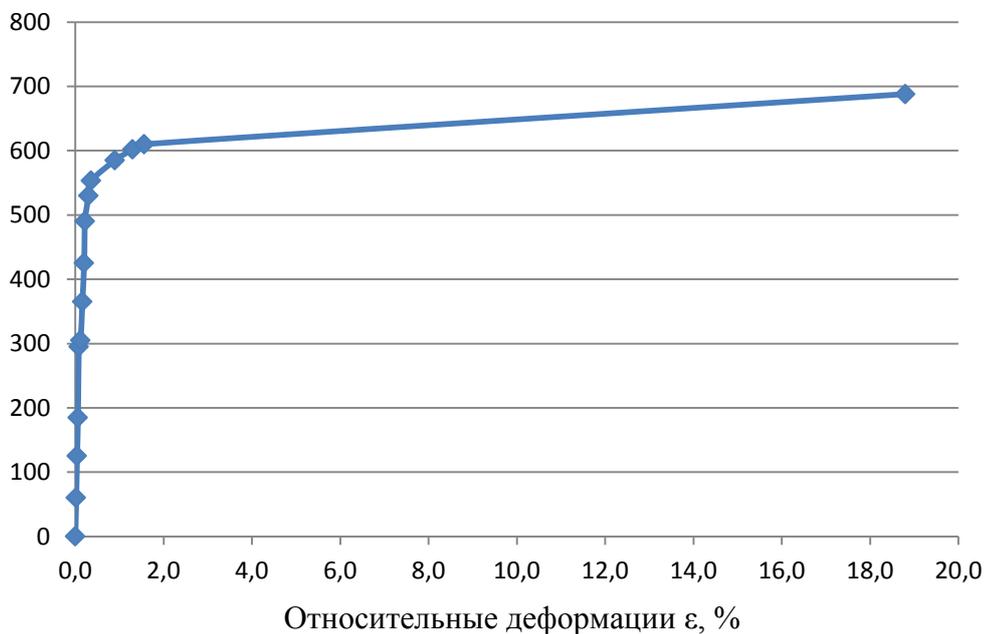


Рисунок 1 – График деформации стержня  $d=25$  при механическом резьбовом соединении стыков

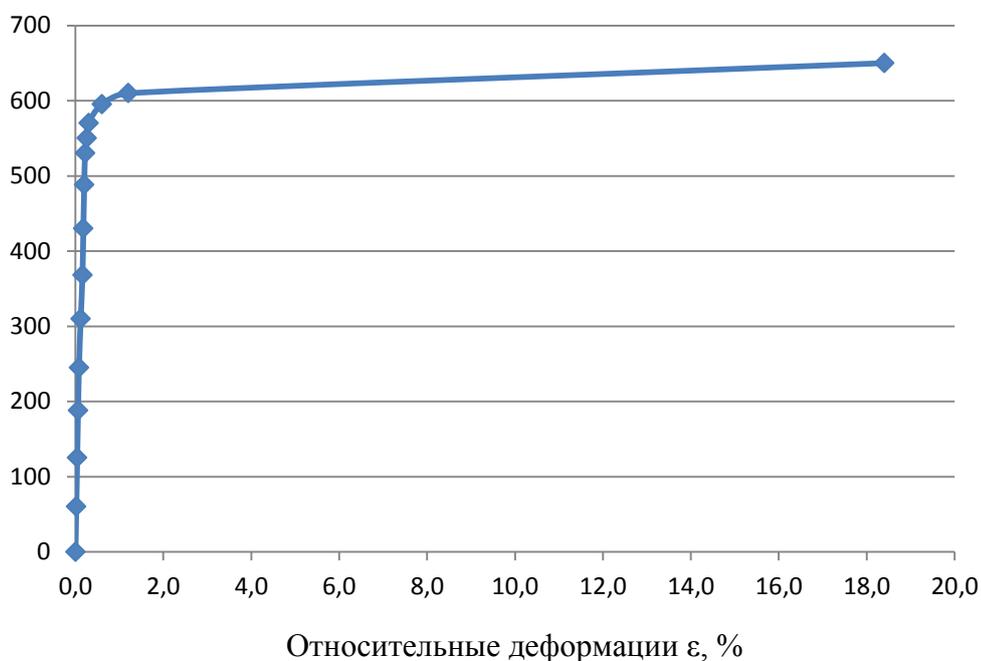


Рисунок 2 – График деформации целого стержня  $d=25$  мм

Таблица 2 – Результаты испытания резьбового механического соединения на разрыв

№ п/п	Измеряемый показатель испытуемой продукции	Ед. изм	Требование к испытываемому образцу		Нормативная или техническая документация (раздел, пункт)	Результаты испытаний (значения показателей)	Соответствует (не соответствует) нормативной или технической документации
			Нормативная или техническая документация (раздел, пункт)	Нормативное значение показателя			
Механическое соединение типа СС25А12							
Номинальный диаметр соединяемых стержней арматуры класса А500С 25 мм							
1.1	Разрывное усилие, $P_B$	кН	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.5.1	$\geq 294,4$	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.7.1	339	Соответствует
1.2	Деформативность $\Delta$ при растяжении	мм	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.5.1	$\leq 0,1$	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.7.1	0,04	Соответствует
1.3	Равномерное относительное удлинение, $\delta_p$	%	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.5.1	$\geq 2$	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.7.1	18,7	Соответствует
1.4	Геометрические размеры соединительных муфт В; - наружный диаметр А	мм мм	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.7.4	$\geq 94,0$ $33,0^{+3}$	ТУ 4842-001-99187742-2012 п.7.4	91,31 30,03	Соответствует

Стыкование арматурных стержней внахлестку диаметром 16 – 32 мм при стыковании 100% стержней в одном сечении, как показывает расчет, является дешевле МСА, однако при стыковании больших диаметров МСА экономически выгоднее.

Испытанный образец резьбового соединения диаметром 25 мм разрушились по основному металлу. Физико-механические свойства испытанного образца, а именно временное сопротивление, равномерное и относительное удлинение и предел текучести, позволяют обстоятельно утверждать, что механическое резьбовое соединение арматурных стержней соответствуют требованиям предъявленным к целым стержням арматуры класса А500С и являются равнопрочными по всей длине.

Таким образом, исходя из выше изложенного представляется возможным отметить, что применение механического резьбового соединения арматуры

позволяет добиться сокращения сроков строительства, снизить затраты и повысить эффективность строительства.

Выполненный расчет сравнения стоимостей арматурных соединений позволяет убедиться в том, что механическое резьбовое соединение дешевле ванной сварки.

#### *СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ*

- 1. ГОСТ 10922-2012 Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязанные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия.*
- 2. ТУ 4842-001-99187742-2012 Механические соединения арматуры механические «CONCON» производство фирмы «ЭкоСтройПроект». Технические условия.*
- 3. Коренченко С.С., Комаров Д.А., Руденко А.А. К вопросу об отдельных проблемах и направлениях развития монолитного домостроения в РФ // Технические науки. теория и практика: материалы II международной научно-практической конф. – Саратов: Издательство ЦПМ «Академия Бизнеса», 2017. – 86 с.*