

Принимая решение в пользу разработки и внедрения такой системы, руководители исходят как из ее преимуществ с финансовой точки зрения (экономия ресурсов и средств, повышение эффективности производства, развитие потенциальных возможностей на рынках), так и рисков, связанных с неадекватным отношением к экологическим аспектам работы предприятия, которое система позволит в корне изменить (аварии; санкции регулирующих органов, затруднения в привлечении новых, в первую очередь зарубежных, инвесторов и клиентов, в получении банковского кредита, потеря рынков и т. п.).

Внедрение системы экологического менеджмента на предприятии открывает перед ним новые возможности, такие как экономия финансовых средств, эффективное производство, рыночный потенциал. Наряду с этим эффективный, систематически применяемый экологический менеджмент вносит атмосферу доверительности в отношения со всеми заинтересованными в его деятельности сторонами, будь то органы власти или общественность. Если методы экологического менеджмента не внедряются, то, наоборот, возникают риски в результате недостаточности или неадекватности контроля за воздействием производственной деятельности на экологию. Возможными последствиями могут быть аварии, повышенные налоги и отчисления, усиленный контроль со стороны властей и потеря рынков сбыта.

#### **Список цитированных источников**

1. Системы управления (менеджмента) окружающей среды. Требования и руководство по применению : СТБ ISO 14001-2017 – Введ. 11.04.2017. – Минск: Госстандарт, Минск: БелГИСС, 2017. – с. 30.
2. Сертификация зданий по энергоэффективным стандартам в Беларуси. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://leed.by/>. – Дата доступа: 22.12.2018.
3. Студенческая библиотека онлайн. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://studbooks.net/> – Дата доступа: 22.12.2018.
4. Научно-методический отдел методологии качества и системного менеджмента – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://quality.by/> – Дата доступа: 20.10.2018.
5. Неверов, А. В. Экологический менеджмент: учеб.пособие для студентов специальности «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» / А. В. Неверов, Л. Н. Мороз, В. Н. Марцуль – Минск: БГТУ, 2005.

УДК 666.97.0.33.4

*Мишкевич Е. Д., Ткачук С. В.*

*Научный руководитель: профессор Кондратчик А. А.*

## **МЕХАНИЧЕСКИЕ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ В ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЯХ С ПОМОЩЬЮ МУФТ**

Целью настоящей работы является изучение особенности работы стыкового соединения стержней арматуры механическим способом при помощи муфт.

Предметом анализа является наличие информации для применения таких соединений на территории Республики Беларусь.

Объектом исследования определена работа механического соединения арматуры с помощью муфт.

ТКП EN 1992-1-1-2009, Eurocode 2 «Проектирование железобетонных конструкций» [1] разрешает использовать соединение стержней продольной ар-

матуры на сварке (ванная одноэлектродная в инверторной форме, дуговая ручная с накладками из стержней), на муфтах (обжимные, резьбовые) и внахлест. В то же время, согласно п. 7.3.3 ТКП 45-1.03-314-2018 [2] соединение внахлест рабочей вертикальной арматуры диаметром от 20 мм до 40 мм не допускается. Такие соединения следует выполнять механическим способом с использованием муфт по СТБ 2152-2010 [3]. Однако конструктивные требования по использованию такого соединения (процент соединения стержней в одном сечении, защитный слой бетона для муфт, расстояния между муфтами в плане и по длине стержней, расстановка поперечной арматуры в зоне стыка), в нормативных документах Республики Беларусь отсутствуют.

Поэтому у проектировщиков возникают следующие вопросы: Почему ТКП EN 1992-1-1-2009 «Еврокод 2» [1] допускает стыковку арматуры внахлест, на сварке, на муфтах, а ТКП 45-1.03-314-2018 [2] разрешает для арматуры диаметром 20...40 мм только на муфтах? Возможно ли применять обжимные муфты вместо резьбовых? Каким должен быть защитный слой бетона на участке установки муфт?

Практика использования муфт для соединения стержней арматуры имеет более чем сорокалетнюю историю, а результаты свидетельствуют об экономической эффективности.

Примеры использования механических соединений с помощью муфт в США, Канаде, Бразилии, Португалии, Китае, России весьма разнообразны и охватывают все виды объектов с использованием монолитного бетона при изготовлении элементов объектов, воспринимающих как статическую, так и динамическую нагрузку, таких как:

- 1) высотные здания (США, Китай);
- 2) метро (Великобритания);
- 3) стадион (Канада);
- 4) тоннели (Португалия);
- 5) бункера (США);
- 6) электростанция (Бразилия);
- 7) терминал аэропорта (Сингапур);
- 8) объекты атомных станций (Россия) и т. д.

В Республике Беларусь имеется ряд объектов, на которых было выполнено соединение стержней арматуры муфтами, например, «Многоуровневый гараж-стоянка на 300 мест» на пересечении ул. Выготского и ул. Проектируемой (г. Минск); «станция метро «Жуковского»» и т. д. Приоритет на этих объектах был отдан обжимным муфтам. Примечательно, что на объекте «Гостинично-деловой комплекс» на пр. Победителей (г. Минск) были предусмотрены муфты с конической резьбой по СТБ 2152-2010 [3], которые были заменены на обжимные муфты, что, по утверждению производителя работ, сократило время строительства. Основанием для замены муфт с конической резьбой на обжимные муфты стала высокая стоимость работ по нарезке резьбы на стержнях арматуры и сама стоимость муфт с конической резьбой.

Обжимные муфты, изготавливаемые из толстостенной трубы по ГОСТ 8734, имеют длину от 160 до 300 мм в зависимости от диаметра арматуры и используются для стыковки стержней арматуры диаметром 16...40 мм класса А400, А500С и А600 [4]. В Республике Беларусь СТБ 2152-2010 [3] на изготовление муфт с конической резьбой определяет более узкую область применения арматуры диаметром 16...40 мм, только класса S500 по СТБ 1704.

Длина муфт этой модификации составляет 60...160 мм, т. е. в 2.66...1.87 раза меньше. Это свидетельствует о необходимости комплексного анализа применения муфт для механических соединений арматуры.

Механические соединения классифицируются: по условиям работы (растяжение, сжатие); по назначению (стандартные-стыковые, переходные, позиционные, привариваемые); по способу соединения (резьбовые, отпрессованные, комбинированные, винтовые, на болтах).

Использование механического соединения стержней арматуры с помощью муфт [3] предполагает:

1. Восприятие статических, динамических, повторно-переменных сжимающих растягивающих усилий;

2. Стержни арматуры класса S500 диаметром от 16 до 40 мм по СТБ 1704;

3. Достижение временного сопротивления соединения арматуры с муфтой не менее нормативного временного сопротивления стыкуемой арматуры;

4. Деформативность соединения не более 0.1 мм при напряжении в арматуре равном, 300 МПа.

5. Химический состав материала муфты (сталь или сплав) должен обеспечивать достижение напряжений, соответствующих его усталостной прочности и нормативного значения усталостной прочности стыкуемой арматуры.

Очевидно, что в каждом конкретном случае определения способа соединения стержней следует учитывать не только стоимость, трудоемкость, необходимость специального оборудования, квалификацию сотрудников, но и возможность реализации. Кратко остановимся на них.

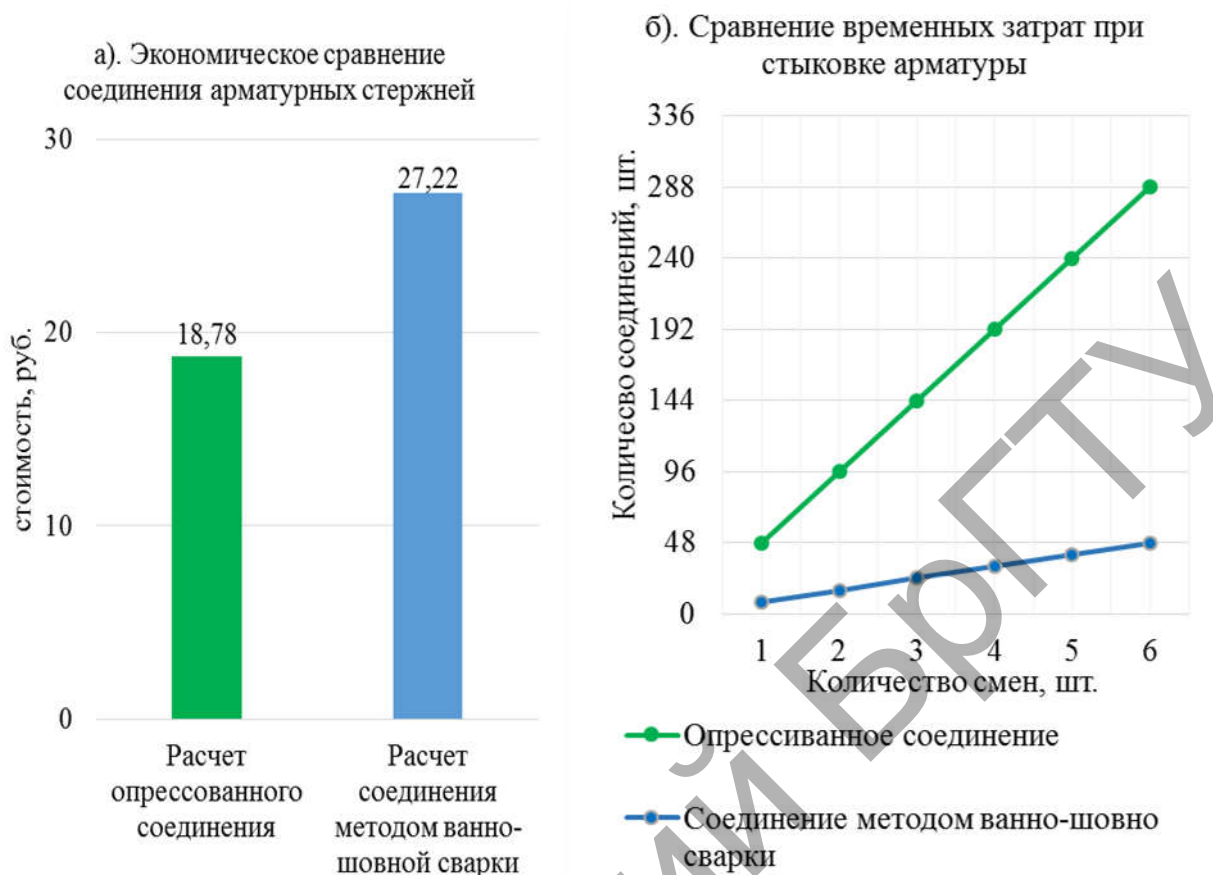
Использование при соединении нахлеста (перепуска) стержней с учетом условий работы и количества стыков арматуры диаметром от 10 до 40 мм на длине стыкуемых элементов, равной 6.0 м, приводит к потере длины стержней от 3.5 % до 27% [5]. Следует отметить, что в эти потери не входит дополнительный расход поперечной арматуры на участках стыка. Для конструкций, имеющих небольшие размеры поперечного сечения, сокращается объем бетона в сечении стыка, что может потребовать увеличения общих размеров сечения и дополнительного расхода бетона.

В России нормами [8] допускается увеличение процента армирования сечения до 10% на участках, где выполняются соединения стержней арматуры внахлест. В нормах нашей республики [9] этот вопрос не рассматривается.

Применение ванно-шовной сварки требует обязательного контроля качества неразрушающими методами (например, ультразвуковой дефектоскопии), что ведёт к удорожанию работ и необходимости наличия оборудования.

Нами было выполнено экономическое сравнение соединения арматурных стержней по стоимости и затратам времени методом механического соединения арматуры соединительными муфтами по СТБ 2152-2010 [3] (вариант № 1) и методом ванно-шовной сварки по ГОСТ 14098-2014 [7] (вариант № 2). На рисунке 1 представлены результаты сравнения.

По варианту №1 учтены: стоимость муфт (032), оборудование, затраты электроэнергии, заработная плата монтажников. По варианту № 2 учтены: стоимость скобы накладки (032), электродов, электроэнергии, контроля качества, заработной платы электросварщика (5–6 разряд). Стоимость одного соединения составила по варианту № 1 – 18.78 руб., а по варианту № 2 – 27.22 руб., то есть на 31% выше, а продолжительность работ больше в 6 раз (48 соединений по варианту №1 и 8 соединений по варианту № 2).



- 1 – соединение на ванной сварке по ГОСТ 14098-2014;  
 2 – соединение механическим способом методом прессовки соединительных муфт по СТБ 2152-210

**Рисунок 1 – Сравнение стыковых соединений арматурных стержней по стоимости (а) и по трудоёмкости (б)**

Казалось бы, налицо преимущество механических соединений с помощью муфт, однако исследования, выполненные в лаборатории проблем прочности и качества в строительстве соединений арматуры класса А500 НИИСФ РААСН [6], показали ряд особенностей, которые следует учитывать при проектировании: прочностные характеристики муфтовых соединений зависят от характеристик муфт, определяемых на стадии сертификации и качества работ на строительной площадке, требуется дополнительное армирование поперечными стержнями на участке соединения. Примечательно, что для чистоты эксперимента подготовку соединения для испытаний осуществляли представители фирм, поставляющие муфты в РФ (на рынке в РФ используют муфты зарубежных фирм, таких как Erico, Dextra, Hebei Yada и др.). Испытания были выполнены по так называемой диаграммной методике определения прочности и деформативности соединения, суть которой заключается в том, что сравниваются диаграмма деформаций стыкового соединения и целого стержня, а база измерений стыкового соединения принимается равной длине муфты плюс два диаметра арматуры. Результаты испытаний указали на необходимость учёта в расчёте коэффициента условий работы, который должен определяться на стадии сертификации муфт. Так, коэффициент снижения прочности стыкового соединения составляет 0.87...0.97 (муфты фирмы Erico), 0.75...0.82 (муфты фирмы Dextra) и 0.65...0.88 (муфты фирмы Hebei Yada).

Здесь приведены результаты испытания стыковых соединений, которые готовились (нарезалась резьба на стыкуемые стержни в условиях строительной площадки) специалистами строительной организации. При выполнении этих работ специалистами фирм, чьи муфты использовались для соединения, коэффициенты значительно ниже – в пределах 0.95...0.99. Это указывает на необходимость и специфику оперативного контроля качества работ непосредственно на строительной площадке, обязывает к формулированию требований к применяемому оборудованию, а также подтверждается характером разрушения соединения, а именно: соединения с муфтами фирмы «Erico» разрушались и от выдёргивания арматуры; с муфтами фирмы «Dextra» – от разрыва арматуры у контура торца муфты; с муфтами фирмы «Hebei Yada» – от разрыва арматуры вне зоны соединения.

Анализ условий применения механического соединения арматуры на муфтах [3, 4, 5, 6, 7] позволил сформулировать ряд требований конструктивного характера, рекомендуемых к использованию на территории Республики Беларусь:

1. В одном сечении допускается соединения не более 50% арматурных стержней.

2. Расстояние между сечениями со стыковыми соединениями по высоте конструкции должно быть не менее  $0.5 \cdot l_{ад}$  и не менее  $4 \cdot l_{м}$  (где  $l_{ад}$  – длина анкеровки стыкуемой арматуры,  $l_{м}$  – длина муфтового соединения).

3. Муфту механического соединения должны охватывать не менее двух поперечных стержней, а расстояние до ближайшего следующего поперечного стержня каркаса должно быть не более  $10\phi_s$  (где  $\phi_s$  – диаметр стыкуемой арматуры).

4. Расстояние в свету между муфтами в сечении со стыковым соединением должно быть не менее  $1.5\phi_m, 2\phi_s, 25 \text{ мм}$  (где  $\phi_m$  – диаметр муфты,  $\phi_s$  – диаметр стыкуемой арматуры).

5. Защитный слой бетона по отношению к поверхности муфты определяется с учетом агрессивности среды эксплуатации, не менее требуемого защитного слоя для поперечной арматуры, охватывающей муфту.

6. Необходимо продумать как систему контроля качества производимых на строительной площадке работ по устройству стыковых соединений с помощью муфт, так и методику подготовки (переподготовки) специалистов в этой области.

В дальнейшем планируется комплекс экспериментальных исследований механических соединений на муфтах.

#### Список цитированных источников

1. Еврокод 2. Проектирование железобетонных конструкций : ТКП EN 1992-1-1-2009 – Часть 1. Общие правила и правила для зданий. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2009 – 191 с.

2. Возведение строительных конструкций, зданий и сооружений. Основные требования : ТКП 45-1.03-314-2018. – Минск: Минстройархитектуры РБ, 2018 – 123 с.

3. Муфты с конической резьбой для механического соединения арматуры для железобетонных конструкций. Технические условия : СТБ 2152-2010. – 5 с.

4. Рекомендации по механическим соединениям арматурной стали для железобетонных конструкций : РА-10-1-04. – М.: Ассоциация «Железобетон», 2009. – 39 с.

5. Мадатян, С. А. Современные материалы и технологии арматурных работ // Бетон и железобетон. – 2016. – № 3. – С. 12–17.

6. Karpenko, S. N. Deformability and Strength Determining of Coupling Fittings of Steel Reinforcement in the Reinforced Concrete Structures / S. N. Karpenko, V. I. Travush, I. G. Chepyzubov // Procedia Engineering. – 2015. – P. 398–403.

7. Соединения сварные арматуры и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры : ГОСТ 14098-2014. – Минск: Госстандарт, 2017. – 18 с.

8. Железобетонные монолитные конструкции зданий : СП 52-103-2007. – М., 2007. – 18 с.

9. Бетонные и железобетонные конструкции : СНБ 5.03.01-02 – Минск: Минстрой-архитектуры РБ, 2003. – 139 с.

УДК 624.012.4

**Мойсеянчик Д. А.**

**Научный руководитель: Воскобойников И. С.**

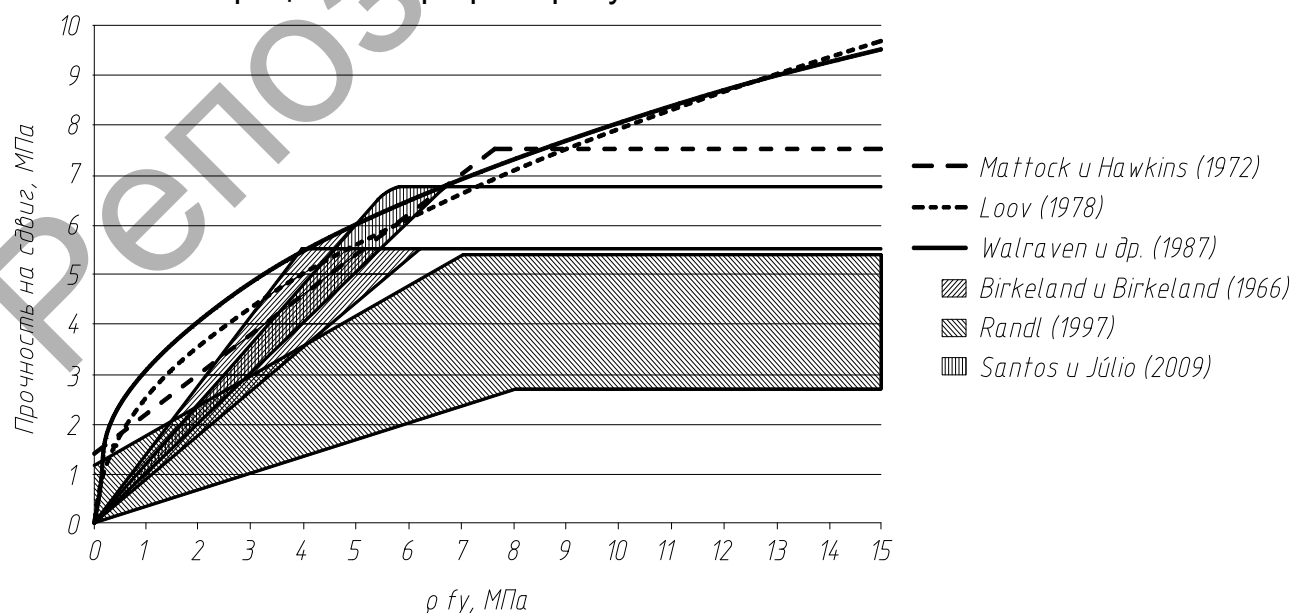
## «ФРИКЦИОННЫЙ СДВИГ» ПЛОСКИХ КОНТАКТОВ – 50 ЛЕТ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ

Впервые предложенная в 1966 году теория «фрикционного сдвига» (англ. «shear-friction theory») была официально принята во все нормы проектирования, предоставляя возможность для анализа стыковых соединений в сборно-монолитных конструкциях. В последние десятилетия было предложено учитывать некоторые важные факторы, позволяющие увеличить точность расчетов и область применения данной теории. Среди них можно отметить учёт прочности и плотности бетона, а также нагельный эффект поперечной арматуры.

Теория «фрикционного сдвига» предполагает, что механизм восприятия сдвиговых напряжений в контактах, подверженных взаимному действию сдвига и сжатия, обеспечивается только за счет сил трения.

Проведенный литературный обзор преследует целью определить вклад различных исследователей при оценке продольных напряжений сдвига в контактах типа «бетон-бетон» за последние 50 лет и показать некоторые контрольные этапы развития теории. Наибольшую значимость в этих этапах стало включение в рассмотрение новых параметров, механизмов передачи нагрузки, методик оценивания.

Можно выделить шесть основных ценных достижений и провести их сравнение иллюстрацией на графике рисунка 1.



**Рисунок 1 – Сравнение расчетных зависимостей**