

Радкевич А. В. д.т.н., проф., **Нетеса А. Н.** асп.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени ак. В. Лазаряна, Украина*

ВНЕДРЕНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ МУФТАМИ С ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ РЕЗЬБОЙ

В современном строительстве многоэтажных зданий широко распространены железобетонные монолитные каркасы. Их применение позволяет получить гибкие архитектурные решения со свободными планировками, высокую надежность и долговечность конструкций, относительную экономическую эффективность возводимых зданий. Но основной проблемой остается поиск путей сокращения сроков их возведения. Специальными исследованиями [5, 6] было установлено, что одним из наиболее время- и трудозатратных процессов является процесс армирования вертикальных несущих конструкций (пилонов и колонн), в частности процесс соединения продольных арматурных стержней.

На протяжении 2014-2015 гг. в г. Днепропетровске на территории многофункционального комплекса общественно-жилого назначения по адресу: г. Днепропетровск, ул. Симферопольская в районе д. №2 была успешно внедрена технология изготовления и монтажа арматурных каркасов с соединением арматуры резьбовыми муфтами с цилиндрической резьбой. Апробация и внедрение технологии происходили в следующей последовательности.

Проведен хронометраж основных рабочих операций и процессов [3] по устройству железобетонного монолитного каркаса многоэтажного здания. По результатам хронометража был построен сетевой график (рис.1) и определены наиболее трудоемкие процессы, лежащие на критическом пути. Среди этих процессов – устройство вертикальных несущих конструкций (колонн и пилонов), в частности соединение арматуры ванношовной сваркой.

По результатам исследований было определено, что наименее трудоемким является соединение арматуры внахлестку. Но применение данной технологии

не позволяет использовать арматурные каркасы на 3 этажа, приводит к появлению эксцентриситета в арматурных стержнях [4], является наиболее материалоемким и дорогим. Наиболее целесообразными оказались механические соединения арматуры с помощью резьбовых или обжимных муфт.



Рис.1. Сетевой график устройства колонн с соединением арматуры ванношовной сваркой

Все исследованные механические способы соединения арматуры обычно применялись для соединения отдельных стержней. Целью же эксперимента в конечном итоге было внедрение способа соединения для монтажа готовых арматурных каркасов. Поэтому был выбран способ резьбового соединения арматуры муфтами с цилиндрической резьбой. Именно эта технология предусматривает возможность скатывать муфту с одного стержня на другой без перемещения стержней в продольном направлении, что оказалось ключевой особенностью соединения каркасов. Для внедрения данной технологии был куплен комплект оборудования зарубежного производства – резбонакатный станок, станок для нарезки арматуры. Муфты для соединения арматуры были изготовлены в условиях действующего предприятия фирмой «Омега» в г. Днепропетровске. По результатам испытаний соединений был получен Сертификат соответствия №382084, который позволял применять данные муфты в условиях строительной площадки. Нормативными документами [1, 2] разрешены механические соединения арматуры при условии соблюдения прочности соединения не меньше цельной арматуры.

Одной из задач внедрения было наименьшее отрицательное влияние на существующий рабочий процесс – не было возможности останавливать строительство для внедрения технологии. Переход на соединение резьбовыми муфтами планировался на арматурных стержнях диаметром 40 мм. Поэтому внедрение проводилось несколькими этапами, причем на каждом этапе можно было вернуться к соединению ванношовной сваркой без потери времени.

На первом этапе было внесено изменение в технологию изготовления арматурных каркасов – на одной стороне каждого продольного арматурного стержня была накатана резьба. Цикл накатки резьбы на одном стержне составляет около 1-2 минут в зависимости от длины резьбы. Все остальные операции по изготовлению арматурных каркасов остались без изменений. Далее арматурные каркасы длиной 6 м (на 2 этажа) монтировались по ранее используемой технологии (соединение арматуры ванношовной сваркой).

Далее один из арматурных каркасов был изготовлен длиной 3 м, то есть на 1 этаж. Это было необходимо для выполнения соединения муфтами одного каркаса без затрагивания остальных. В случае возникновения трудностей или неудачного соединения потери времени не сказались бы на основном процессе.

Была выбрана угловая колонна здания, чтобы избежать помех для устройства горизонтальной плиты перекрытия.

После устройства очередного перекрытия был изготовлен очередной арматурный каркас колонны длиной 6 м, но уже оба конца арматурных стержней имели резьбу для накручивания муфт. Было выполнено соединение с помощью резьбовых муфт (рис.2), при этом основное внимание уделялось хронометражу выполнения соединения, контролю качества и проверке соблюдения основных параметров соединения. В частности, проверялось соблюдение расстояния между стержнями после закручивания муфты – оно должно составлять не более 5-2 см (рис.3). Позже были проведены эксперименты по разрыву соединения со специально недокрученными стержнями для подтверждения прочности.

Было выполнено очередное перекрытие, после чего были изготовлены и смонтированы остальные каркасы колонн и пилонов. Новым хронометражем установлено, что монтаж каркаса из 20 стержней занимает 15-20 минут (рис.4), что позволяло сразу после монтажа каркаса ставить опалубку и выполнять бетонирование колонны. Вследствие этого выполнен переход на изготовление каркасов длиной 9 м. Внедрение технологии резьбового соединения арматуры позволило в течение 1 рабочего дня, с использованием 1 башенного крана, без остановки основного рабочего процесса монтировать до 10 арматурных каркасов колонн и пилонов, устанавливать опалубку для них и выполнять бетонирование. Использование 9-метровых каркасов позволило снизить количество стыков, общую стоимость строительных работ и ускорить процесс строительства здания.

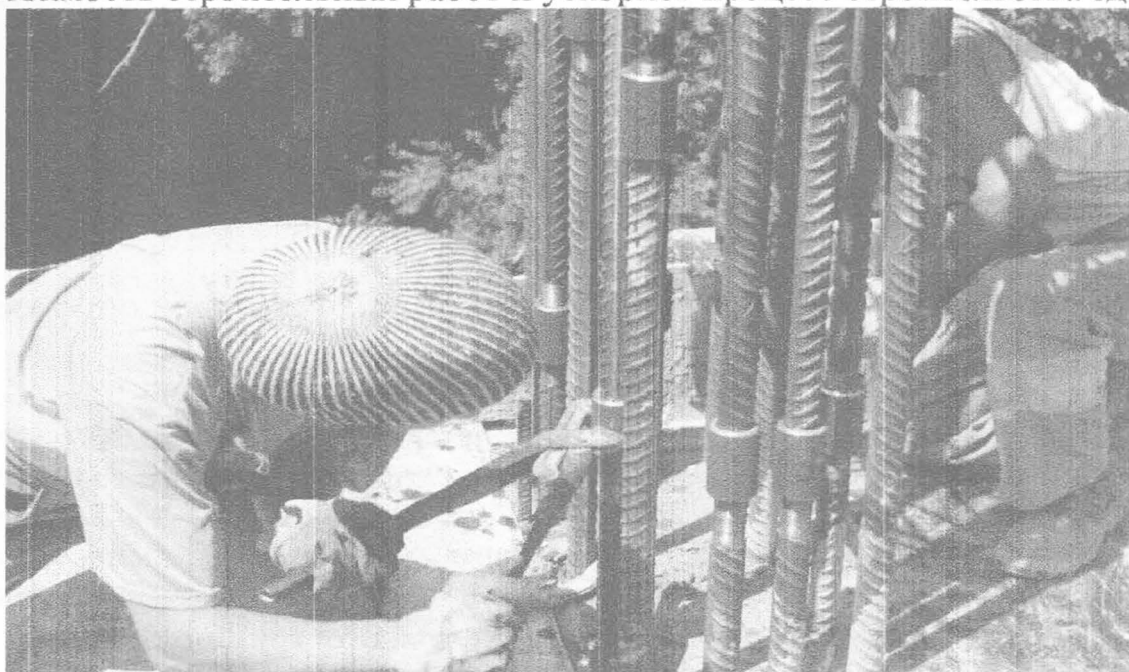


Рис.2. Закручивание муфт

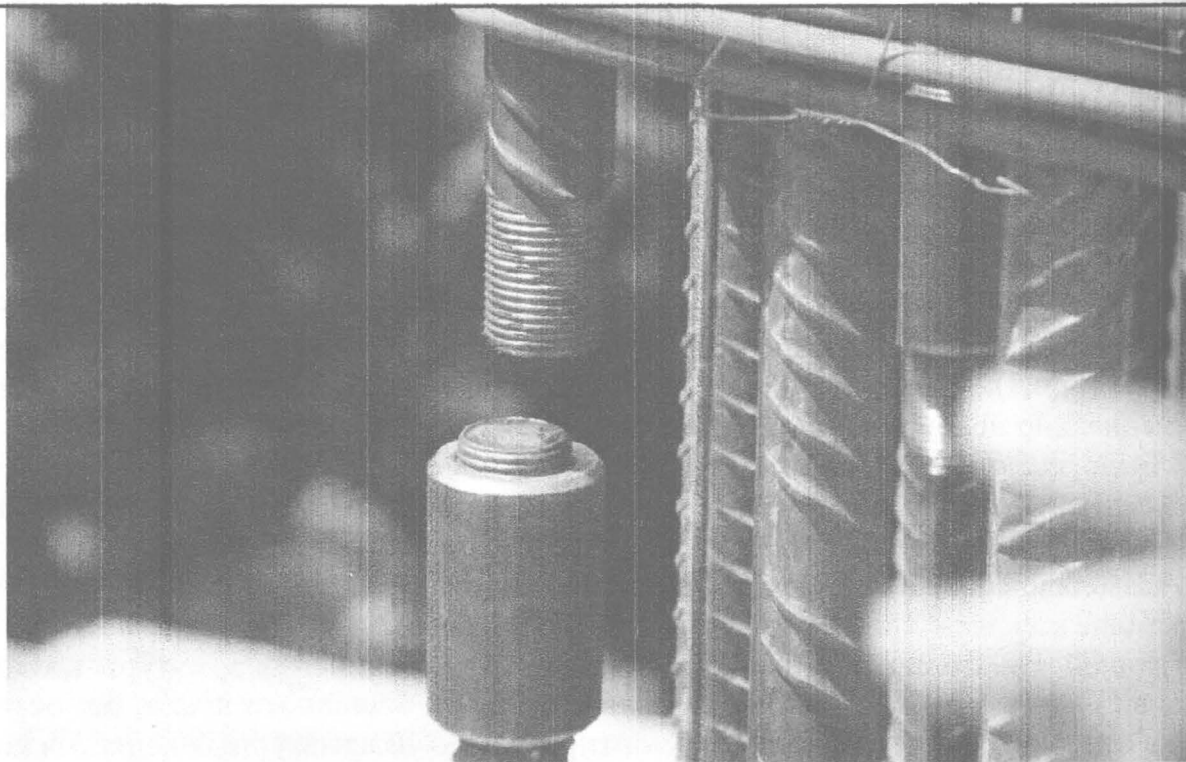


Рис.3. Зазор между арматурными стержнями при монтаже муфт



Рис.4. Сетевой график для соединения арматуры резьбовыми муфтами

Затраты времени на устройство вертикальных конструкций определяются по формуле (1):

$$T_{\text{верт.констр.}} = \sum T_{\text{подг.}} + \sum T_{\text{кр.п.с исп.кр.}} + \sum T_{\text{кр.п.без исп.кр.}} \quad (1)$$

где $\sum T_{\text{подг.}}$ – сумма затрат времени на выполнение подготовительных работ, не лежащих на критическом пути. Она состоит из работ 1-2 и 2-3 для устройства каркаса с ванношовой сваркой арматуры, или из работ 1-2, 2-3, 2-4, 4-5 для устройства каркаса при соединении арматуры резьбовыми муфтами; $\sum T_{\text{кр.п.с исп.кр.}}$ – сумма затрат времени на выполнение работ, лежащих на критическом пути и требующих использования основного грузоподъемного механизма (башенного крана). Она состоит из работ 3-4 и 4-5 для устройства каркаса с ванношовой сваркой арматуры, или из работ 4-6 и 6-7 для устройства каркаса при соединении арматуры резьбовыми муфтами; $\sum T_{\text{кр.п.без исп.кр.}}$ – сумма затрат времени на выполнение работ, лежащих на критическом пути, но не требующих использования башенного крана. Она состоит из работ 5-6 и 6-7 для устройства

каркаса с ванношовной сваркой арматуры, или из работ 7-8 и 8-9 для устройства каркаса при соединении арматуры резьбовыми муфтами.

Очевидно, что оптимальной будет являться технология, для которой показатель $T_{кр.п. с исп. кр.}$ будет минимальным, т.к. именно он оказывает наибольшее влияние на общую продолжительность строительства. Показатель $T_{кр.п. без кр.}$ имеет меньшее влияние за счет параллельного выполнения работ. Вынесение же работ в подготовительный период $T_{подг}$ делает возможным выполнить трудоемкие работы на специальной площадке (стенде), быстрее и безопаснее по сравнению с основным рабочим процессом.

Затраты труда на устройство вертикальной несущей конструкции с соединением арматуры ванношовной сваркой на примере колонны (20 стержней диаметром 40 мм, класс арматуры А400С) определяются по формуле (2):

$$T_{верт.констр.} = 4,25 + 2,1 + 10,75 = 17,1 \text{ (ч)} \quad (2)$$

Затраты труда на устройство вертикальной несущей конструкции с соединением арматуры резьбовыми муфтами на примере колонны (20 стержней диаметром 40 мм, класс арматуры А400С) определяются по формуле (3):

$$T_{верт.констр.} = 6,85 + 0,3 + 0,4 = 7,55 \text{ (ч)} \quad (3)$$

Затраты времени на выполнение работ с использованием крана уменьшились более чем в 5 раз, а время на выполнение работ, лежащих на критическом пути без использования крана – более чем в 10 раз.

В дальнейшем применение 9-метровых каркасов продолжалось вплоть до перехода на арматуру диаметром 25 мм. Причем первые каркасы из арматуры диаметром 25 мм были выполнены длиной 9 м, и только переход к соединению арматуры внахлестку из-за малого диаметра привел к использованию 6-метровых каркасов.

В ходе проведенного исследования по разработке инновационной технологии соединения арматуры муфтами с цилиндрической резьбой были получены следующие результаты:

-организован технологический процесс выпуска соединительных муфт собственного производства организацией ООО «Омега-СКС». Использование собственных резьбовых муфт позволило изменить существующую технологию выполнения соединения для ускорения монтажа без снижения надежности (отказ от использования контргаек), снизить затраты на муфты, уменьшить время на изготовление и доставку партии муфт, выполнять контроль качества муфт непосредственно на этапе изготовления. Кроме того, начат выпуск расходных материалов и изделий для резьбонакатного станка – резцы для предварительной обработки поверхности арматурного стержня и ролики для накатки резьбы. Этим обусловлен отказ от поставки данного оборудования из-за рубежа, высокое качество продукции и увеличение срока службы расходных материалов. Так, комплекты роликов для накатки резьбы китайского производства имели ресурс 150-000 накаток, а комплект роликов производства «Омега-СКС» отработал более 000 накаток, после чего учет «пробега» был прекращен;

- разработан способ выполнения соединения, при котором готовый арматурный каркас подается к месту установки и в течение 15-20 минут выполняется соединение всех арматурных стержней. В процессе оптимизации технологии удалось использовать такое соединение для арматурных стержней диаметром 40, 32 и 25 мм, с использованием стандартных и переходных муфт;

- определен способ контроля качества выполненного соединения, основанный на проверке качества накатанной резьбы специальным шаблоном, контроле усилия завинчивания муфты на стержень, измерении зазора между стыкуемыми стержнями. Выполнение мероприятий по контролю качества не требует высокой квалификации или специального обучения рабочих, а также сложных инструментов, приспособлений и технологий. Вместе с тем соблюдается высокая надежность и повторяемость соединений, а время выполнения контроля качества минимально.

Список литературы:

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції бу-динків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст] – на заміну СНиП 2.03.01-84*; введ. 01.06.2011 – К, НДІБК, 2009. 71 с
2. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого трьохкомпонентного бетону. Правила проектування [Текст] – К, НДІБК, 2011. – 118 с.
3. Попова В.В. Методы обоснования экономической эффективности строительных проектов / В.В. Попова // Вестник Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна – Д.2012 – Вып. 2. – С. 56-60.
4. Савицкий Н.В. Влияние эксцентриситета на работу сжатых элементов в каркасе здания с ЛСТК / Н.В. Савицкий, О.Г. Зинкевич, А.М. Зинкевич // Вестник Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна – Д.2012. – Вып. 2. – С. 76-79.
5. Радкевич А.В. Application prospects of theaded joint of armature / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Вестник Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна – Д.2014. – Вып. 52. – С. 139 – 147.
6. Радкевич А.В. Перспективы применения резьбового соединения арматуры / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тез. 74 междунар. науч.-практ. конф. (15.05-16.05.2014) / Мин-во инфраструктуры Украины, Днепропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна – Д. 2014, С. 298 300.
7. Mario E. Rodríguez. Seismic behavior of a type of welded precast concrete beam-column connection. / Mario E. Rodríguez and Miguel Torres-Matos // PCI Journal Summer 2013, pp 81 94.