

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 693.554.6

А. В. РАДКЕВИЧ¹, А. Н. НЕТЕСА^{2*}

¹Каф. «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, +38 (098) 307 81 44, эл. почта kvp@dsst.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

^{2*}Каф. «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днипро, Украина, 49010, тел. +38 (067) 195 50 27, эл. почта andreynetes@meta.ua, ORCID 0000-0002-3364-3446

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И РАНЖИРОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ РАЦИОНАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ

Цель. В работе предполагается найти: 1) определение и обозначение факторов, которые влияют на выбор рационального способа соединения арматуры вертикальных несущих элементов монолитных железобетонных каркасов; 2) определение параметров факторов; 3) ранжирование факторов методом экспертного оценивания. **Методика.** Для достижения цели исследования необходимо провести анализ существующих способов соединения арматуры, определение факторов и пределов изменения параметров для каждого из способов. Ранжирование факторов выполняется методом экспертного оценивания. **Результаты.** По итогам обработки материалов экспертного опроса четырнадцати экспертов в области монолитного строительства установлено следующее: наибольшее значение при выборе рационального соединения арматуры имеют факторы, которые обуславливают параметры времени: возможность монтажа каркасами, время соединения арматурных стержней, длину арматурного каркаса, время выполнения подготовительных операций, время работы основного грузоподъемного механизма. При этом факторы, которые обуславливают параметры арматурного каркаса, имеют прямое отношение ко времени выполнения работ, поскольку они определяют количество арматурных стыков в широких пределах по мере возведения здания. Меньшее значение имеют экономические факторы: стоимость арматурного соединения и стоимость контроля качества. Очевидно, что в условиях значительных материальных расходов на содержание строительства инвестору выгодно увеличить стоимость соединений арматуры для роста темпов работ. Наименьшее значение имеют конструктивные и технологические факторы: возникновение внецентровой передачи нагрузки между арматурными стержнями, возможность использования термически упрочненной арматуры классов А 500 и выше, разряд для выполнения работ, необходимость использования подмостей и дополнительных приспособлений для армирования конструкций. Причина аналогична: подрядчик готов идти на осложнение технологии с целью сокращения сроков возведения объекта. Поскольку расчетный критерий согласования Пирсона $\chi^2 = 47,24$ больше табличного (22,36203), то полученный коэффициент конкордации $W = 0,26$ – величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях. **Научная новизна.** Авторами определены факторы, в наибольшей мере влияющие на выбор рационального способа соединения арматуры. **Практическая значимость.** Ранжирование факторов позволит объективно подходить к проблеме выбора способа соединения арматуры, оптимизировать расходы труда и ресурсов, а также сократить сроки строительства. **Ключевые слова:** арматура; соединение; экспертное оценивание; ранг; фактор; ранжирование; коэффициент конкордации

Введение

Статистическим анализом зданий и сооружений в Украине установлено, что одним из распространенных конструктивных видов строительных объектов являются монолитные каркасные системы.

Одной из основных технологических операций возведения таких зданий является изготовление арматурных каркасов. Современные технологические приемы предусматривают соединение арматурных стержней каркасов свариванием или внахлестку. В последнее время получают распространение механические соединения арматурных стержней с помощью резьбовых или обжимных муфт. Наличие такого

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

большого выбора способов усложняет задачу поиска рационального способа соединения арматуры для конкретного объекта, что приводит к удорожанию строительства и замедляет сроки возведения железобетонного каркаса здания.

Постановка проблемы

В современном строительстве на территории Украины для соединения арматуры применяются различные типы и способы соединений. Применение того или иного способа соединения обычно является прерогативой подрядчика и зависит только от имеющегося у заказчика оборудования. Возможно изменение способа соединения в зависимости от конструктивных требований нормативных документов, например, использование соединения внахлестку в районах с сейсмической активностью. При попытке определения рационального способа соединения специалист сталкивается с рядом факторов, влияющих на его выбор, но затруднена оценка таких факторов по значимости. Невозможность определить более весомый фактор усложняет оценку, что приводит к перерасходу ресурсов и нарушению сроков строительства. Необходимо провести оценку основных факторов и выполнить их ранжирование.

Анализ последних исследований и определение нерешенных проблем

Способ соединения арматуры является важным параметром при возведении каркаса здания, но методика выбора рационального способа соединения практически не освещена в литературе. В нормативных документах [2, 3] указан только перечень допустимых к применению способов соединения арматуры: внахлестку, сваривание, механические соединения. Но методика выбора между ними отсутствует. Традиционно проектировщик выбирает необходимый способ соединения из опыта проектирования, нередко и с учетом стоимости соединения или скорости его выполнения. Но при этом редко учитывается контроль качества, в частности его сложность для сварных соединений [4–6]. Ввиду значительного распространения разнообразных типов соединений проектировщики и строители часто не учитывают механические способы соединения. Но их применение нередко приводит к значительному ускорению процесса возведения здания и снижению

его стоимости. Таким образом, необходима методика комплексного оценивания существующих способов соединения арматуры и выбора наиболее рационального для конкретного проекта.

Цель

Определить факторы, в наибольшей мере влияющие на выбор рационального способа соединения арматуры. Выполнить ранжирование факторов методом экспертной оценки.

Методика

Анализ преимуществ и недостатков существующих технологий соединения арматурных стержней. Определение ключевых факторов, характерных для того или иного способа соединения арматуры. Выполнение ранжирования факторов методом экспертного оценивания.

Результаты

Были отобраны 14 факторов, влияющих на выбор рационального способа соединения арматуры. Их перечень и обоснования для каждого из них представлены ниже.

1. Длина арматурного каркаса – один из самых важных параметров технологии устройства вертикальных несущих конструкций [8, 9]. От длины каркаса зависит общее количество арматурных стыков по высоте здания. Минимальная высота каркаса составляет 3 м (при соединении арматуры ванношовным свариванием, а также при соединении резьбовыми или обжимными муфтами при армировании отдельными стержнями). Максимальная длина каркаса может составлять 9 м при армировании каркасами с достаточным диаметром продольных стержней (32 мм и выше).

2. Время соединения арматурных стержней обуславливает общие затраты времени на выполнение соединений. Поскольку соединение арматуры выполняется на монтажном горизонте, время соединения обуславливает раннее начало следующей операции по установке опалубки. Параметр данного фактора меняется в интервале от 1 мин (соединение внахлестку, соединение резьбовыми муфтами) до 60 мин (ванношовное сваривание для арматуры диаметром 40 мм).

3. Время выполнения контроля качества также

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

является составляющей времени на выполнение соединений и зависит от способа контроля качества и типа соединения [7]. Для большинства типов соединений арматуры применяется комбинация из нескольких способов контроля, выполняемых как для каждого соединения, так и для некоторой их выборки. Общее время на выполнение контроля качества в пересчете на один стержень может составлять от 1 до 10 минут.

4. Стоимость арматурного соединения включает стоимость расходных материалов (поковки и электроды ванношовной сварки, резьбовые и обжимные муфты для механических соединений), а также стоимость энергоресурсов на выполнение соединений. Для соединения внахлестку в стоимость арматурного соединения включается расход арматуры на выполнение нахлестки. (Ее стоимость от 60 до 220 грн в зависимости от типа соединения и диаметра арматуры).

5. Стоимость контроля качества соединения находится в интервале от 6 грн (соединение внахлестку) до 92 грн (ванношовное сваривание).

6. Время выполнения подготовительных операций (включая изготовление каркаса при армировании каркасами) является одним из самых важных параметров для определения трудозатрат и затрат времени на выполнение армирования конструкций. Поскольку подготовительные операции могут выполняться на арматурной площадке отдельно от основного строительного процесса, нередко с использованием отдельного грузоподъемного механизма, то вынесение операций на подготовительный период является важным способом сокращения времени на выполнение соединений. При армировании отдельными стержнями в подготовительные операции входит только нарезка арматуры на заданную длину и изготовление хомутов, а сборка каркаса производится на этапе выполнения соединения.

7. Разряд работ для выполнения соединения определяет необходимую квалификацию рабочих. Очевидна необходимость снижения среднего разряда для выполнения работ (в пределах от 3 до 6, последнее значение указано для выполнения ванношовной сварки арматуры).

8. Время работы основного грузоподъемного механизма определяет меру остановки остальных строительных процессов, выполняемых параллельно с процессом армирования вертикальных несущих конструкций. Один из наиболее

распространенных на территории Украины способов – соединение арматуры ванношовным свариванием – требует от 5 до 15 минут работы крана на каждый арматурный стержень в каркасе. Нередко именно такие временные затраты определяют максимальное количество свариваемых стержней в течение рабочей смены.

9. Возможность монтажа каркаса фактически отображает возможность вынесения основных трудоемких операций на этап подготовительных работ. Армирование заранее собранными каркасами значительно снижает трудозатраты непосредственно на уровне монтажа.

10. Возможность применения способа соединения арматуры в сейсмических районах является ключевым фактором на этапе проектирования здания. До недавнего времени на территории Украины в сейсмических районах (Крым), а также для динамически нагруженных конструкций применялось только соединение арматуры внахлестку, что приводило к значительному переармированию элементов, возникновению эксцентриситета при передаче усилия между стержнями и уменьшению защитного слоя [11–13].

11. Возникновение внецентровой передачи усилий между арматурными стержнями, типично для несоосного соединения стержней (внахлестку, некоторые виды сварки) и приводит к возникновению эксцентриситетов, а следовательно к увеличению необходимого количества арматуры [10].

12. Возможность использования термически упрочненной арматуры классов А500 и выше является актуальной при строительстве высотных зданий с этажностью 22 этажа и выше. Такую арматуру невозможно сваривать, а применение арматуры низких классов приводит к увеличению поперечного сечения элемента. При использовании термически упрочненной арматуры больших диаметров соединение внахлестку оказывается экономически неэффективным. Также необходимо учитывать необходимость соединения неметаллической арматуры [1].

13. Возможность демонтажа арматурного каркаса и повторного использования соединительных элементов становится важным параметром при повреждении смонтированного каркаса при выполнении контроля качества или на этапе установки опалубки. Соединение арматуры внахле-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

стку, а также соединение резьбовыми муфтами позволяет быстро разобрать каркас, смонтировать новый и вести дальнейшие работы, не задерживая основной процесс устройства монолитного каркаса здания.

14. Необходимость использования подмостей (армирование вертикальных несущих конструкций отдельными стержнями) и дополнительных грузоподъемных механизмов (соединение арматуры обжимными муфтами) приводит к увеличению трудозатрат и затрат времени на выполнение работ, а также к возникновению опасных факторов, связанных с более длительным нахождением людей на высоте. Особенно актуально при армировании элементов, находящихся по краям здания, в частности, для внешних арматурных стержней.

Ранжирование факторов проведено методом

экспертных оценок. Для проведения оценивания были отобраны 14 экспертов – специалистов в области монолитного строительства: ученых, ИТР, прорабов и руководителей строительных организаций. Каждый специалист получил анкету, где были указаны данные 14 факторов. Для каждого фактора приводились размерность, а также пределы изменения параметров, для лучшего понимания значения фактора. Перечень факторов и их параметров указан в табл. 1.

Экспертам было предложено ранжировать факторы путем присваивания ранга каждому фактору, где ранг 1 имеет наиболее значимый фактор, а ранг 14 – наименее значимый. Кроме того, эксперту предлагалось в случае необходимости добавить факторы, которые, по его мнению, отсутствуют в таблице, и проводить ранжирование с учетом дополнительных факторов.

Таблица 1

Факторы, влияющие на выбор рационального способа соединения арматуры

№	Фактор	Размерность	Предел изменения параметров	Ранг
1	Длина арматурного каркаса	м	3–9	
2	Время соединения арматурных стержней	мин	1–60	
3	Время контроля качества выполнения соединения	мин	1–10	
4	Стоимость арматурного соединения	грн	60–220	
5	Стоимость контроля качества соединения	грн	6–92	
6	Время выполнения подготовительных операций (включая изготовление каркаса)	мин	1–20	
7	Разряд работ для выполнения соединения		3–6	
8	Время работы основного грузоподъемного механизма	мин	1–30	
9	Возможность монтажа каркасами	–	Да/нет	
10	Возможность применения в сейсмических районах	–	Да/нет	
11	Возникновение внецентренной передачи нагрузки между арматурными стержнями	–	Да/нет	
12	Возможность использования термически упрочненной арматуры классов А500 и выше	–	Да/нет	
13	Возможность демонтажа арматурного каркаса и повторного использования соединительных элементов	–	Да/нет	
14	Необходимость использования подмостей и дополнительных грузоподъемных механизмов для армирования конструкций	–	Да/нет	

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

На основании данных анкетного опроса была составлена сводная матрица рангов (табл. 2). В сводную матрицу рангов вошли все 14 факторов, предложенных экспертам для проведения оценки. Ни один из экспертов не добавил

свой собственный фактор, что свидетельствует о полном и всеобщем охвате параметров.

Матрица рангов с отклонениями показана в табл. 3.

Суммы по столбцам матрицы равны между собой и контрольной суммой, следовательно, матрица составлена правильно.

Таблица 2

Сводная матрица рангов

№ п.п. эксперта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	9	6	8	8	2	5	4	1	3	3	2	1	14	8
2	1	7	3	3	3	6	8	7	4	4	4	4	2	4
3	6	10	6	2	10	12	12	5	7	8	7	5	10	3
4	5	8	13	14	9	9	15	3	11	1	8	2	1	5
5	7	14	2	1	8	11	13	10	12	9	9	7	3	6
6	2	9	4	4	4	8	5	6	1	5	13	3	4	9
7	3	13	14	7	11	7	11	4	8	11	14	8	9	14
8	4	11	1	5	5	10	6	9	9	6	1	6	7	7
9	8	5	5	6	6	4	2	2	2	7	3	9	5	1
10	12	3	12	13	12	3	10	13	14	2	10	10	11	11
11	11	1	11	12	13	2	3	8	13	13	6	11	12	2
12	13	2	10	11	7	1	7	12	10	10	5	12	13	10
13	14	4	9	10	14	14	14	14	6	14	12	13	6	13
14	10	12	7	9	1	13	9	11	5	12	11	14	8	12

Таблица 3

Матрица рангов

Фактор / Эксперт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Сумма рангов	d	d2
x ₁	9	6	8	8	2	5	3	1	3	3	2	1	14	8	73	-32	1024
x ₂	1	7	3	3	3	6	7	7	4	4	4	4	2	4	59	-46	2116
x ₃	6	10	6	2	10	12	11	5	7	8	7	5	10	3	102	-3	9
x ₄	5	8	13	14	9	9	14	3	11	1	8	2	1	5	103	-2	4
x ₅	7	14	2	1	8	11	12	10	12	9	9	7	3	6	111	6	36
x ₆	2	9	4	4	4	8	4	6	1	5	13	3	4	9	76	-29	841

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Окончание табл. 3

Фактор / Эксперт	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Сумма рангов	d	d2
x ₇	3	13	14	7	11	7	10	4	8	11	14	8	9	14	133	28	784
x ₈	4	11	1	5	5	10	5	9	9	6	1	6	7	7	86	-19	361
x ₉	8	5	5	6	6	4	1	2	2	7	3	9	5	1	64	-41	1681
x ₁₀	12	3	12	13	12	3	9	13	14	2	10	10	11	11	135	30	900
x ₁₁	11	1	11	12	13	2	2	8	13	13	6	11	12	2	117	12	144
x ₁₂	13	2	10	11	7	1	6	12	10	10	5	12	13	10	122	17	289
x ₁₃	14	4	9	10	14	14	13	14	6	14	12	13	6	13	156	51	2601
x ₁₄	10	12	7	9	1	13	8	11	5	12	11	14	8	12	133	28	784
Σ	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	105	1470		11574

Далее расположим факторы по значимости (табл. 4).

Таблица 4

Расположение факторов по значимости

Факторы	Сумма рангов
x ₂	59
x ₉	64
x ₁	73
x ₆	76
x ₈	86
x ₃	102
x ₄	103
x ₅	111
x ₁₁	117
x ₁₂	122
x ₇	133
x ₁₄	133
x ₁₀	135
x ₁₃	156

Теперь проведем оценку средней степени согласованности мнений всех экспертов. Для этого рассчитаем коэффициент конкордации по следующей формуле:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)},$$

где $S = 11574$, $n = 14$, $m = 14$.

$$W = \frac{12 \cdot 11574}{14^2(14^3 - 14)} = 0,26.$$

$W = 0,26$ говорит о наличии слабой степени согласованности между мнениями экспертов.

Далее оценим значимость коэффициента конкордации. Для этой цели исчислим критерий согласования Пирсона:

$$x^2 = \frac{12S}{mn(n+1)},$$

$$x^2 = \frac{12 \cdot 11574}{14 \cdot 14(14+1)} = 47,24.$$

Вычисленный x^2 сравним с табличным значением для числа степеней свободы $K = n - 1 = 14 - 1 = 13$ и при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$.

Так как x^2 расчетный 47,24 больше табличного (22,36203), то $W = 0,26$ – величина не случайная, а потому полученные результаты имеют смысл и могут использоваться в дальнейших исследованиях.

На основе получения суммы рангов (табл. 4) можно вычислить показатели весомо-

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

сти рассмотренных параметров. Матрицу опроса преобразуем в матрицу преобразованных рангов по формуле:

$$S_{ij} = x_{\max} - x_{ij},$$

где $x_{\max} = 15$. Матрица преобразованных рангов показана в табл. 5.

Таблица 5

Матрица преобразованных рангов

№ п.п. / Эксперты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Σ	Вес λ
1	6	9	7	7	13	10	11	14	12	12	13	14	1	7	136	0,0934
2	14	8	12	12	12	9	7	8	11	11	11	11	13	11	150	0,103
3	9	5	9	13	5	3	3	10	8	7	8	10	5	12	107	0,0735
4	10	7	2	1	6	6	0	12	4	14	7	13	14	10	106	0,0728
5	8	1	13	14	7	4	2	5	3	6	6	8	12	9	98	0,0673
6	13	6	11	11	11	7	10	9	14	10	2	12	11	6	133	0,0913
7	12	2	1	8	4	8	4	11	7	4	1	7	6	1	76	0,0522
8	11	4	14	10	10	5	9	6	6	9	14	9	8	8	123	0,0845
9	7	10	10	9	9	11	13	13	13	8	12	6	10	14	145	0,0996
10	3	12	3	2	3	12	5	2	1	13	5	5	4	4	74	0,0508
11	4	14	4	3	2	13	12	7	2	2	9	4	3	13	92	0,0632
12	2	13	5	4	8	14	8	3	5	5	10	3	2	5	87	0,0598
13	1	11	6	5	1	1	1	1	9	1	3	2	9	2	53	0,0364
14	5	3	8	6	14	2	6	4	10	3	4	1	7	3	76	0,0522
Итого															1456	1

Теперь преобразуем исходную таблицу для экспертного оценивания значимости факторов, влияющих на выбор рационального способа соединения арматуры, с учетом преобразованных рангов. Для этого в исходную таблицу проставим итоговые преобразованные ранги для каждого фактора (табл.5). Далее отсортируем факторы по значению ранга, от большего к меньшему. Таким образом, получим перечень ранжированных факторов, где порядковый номер фактора определяет степень его важности.

Научная новизна и практическая значимость

Проведено ранжирование факторов, в значительной мере влияющих на выбор рационального способа соединения арматуры. Ранжирование выполнено специалистами в области проектирования и строительства многоэтажных монолитных каркасов зданий.

Определены факторы, наиболее влияющие на выбор способа соединения арматуры. Время выполнения соединений, длина арматурного каркаса, возможность монтажа каркаса оказались самыми важными с точки зрения экспертов.

Значимость факторов, влияющих на выбор рационального способа соединения продольной арматуры

№	Факторы	Размерность	Пределы изменения параметров	Ранг
1	Время соединения арматурных стержней	мин	1–60	0,103
2	Возможность монтажа каркасами	–	Да/нет	0,0996
3	Длина арматурного каркаса	м	3–9	0,0934
4	Время выполнения подготовительных операций	мин	1–20	0,0913
5	Время работы основного грузоподъемного механизма	мин	1–30	0,0845
6	Время контроля качества выполнения соединения	мин	1–10	0,0735
7	Стоимость арматурного соединения	грн	60–220	0,0728
8	Стоимость контроля качества соединения	грн	6–92	0,0673
9	Возникновение внецентренной передачи нагрузки между арматурными стержнями	–	Да/нет	0,0632
10	Возможность использования термически упрочненной арматуры классов А500 и выше	–	Да/нет	0,0598
11	Разряд работ для выполнения соединения	–	3–6	0,0522
12	Необходимость использования подмостей и дополнительных грузоподъемных механизмов для армирования конструкций	–	Да/нет	0,0522
13	Возможность применения в сейсмических районах	–	Да/нет	0,0508
14	Возможность демонтажа арматурного каркаса и повторного использования соединительных элементов	–	Да/нет	0,0364

Выводы

На основании экспертного оценивания важности факторов, влияющих на выбор рационального способа соединения арматуры установлено:

– наибольшее значение имеют факторы, обуславливающие скорость выполнения соединения. Это факторы времени, возможность монтажа каркасами, длина арматурного каркаса;

– меньшее значение имеют факторы стоимости. Эксперты готовы к удорожанию арма-

турных соединений в пользу сокращения сроков строительства;

– наименьшее значение имеют факторы сложности выполнения соединений – необходимость использования дополнительных приспособлений, а также разряд работ. Эксперты готовы к увеличению количества оборудования и усложнению работ при сокращении сроков строительства.

Рекомендуется провести дополнительные исследования с разработкой комплексной методики выбора рационального способа соединений арматуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выскребенцев, В. Г. Исследование эффективности использования углеродного волокна в железобетонных пролетных строениях железнодорожных мостов / В. Г. Выскребенцев, К. И. Солдатов // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2014. – Вип. 5. – С. 16–21.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

2. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – На заміну СНиП 2.03.01-84*. – Надано чинності 2011–01–07. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 71 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-168:2011. Арматурні та закладні вироби зварні, з'єднання зварні арматури і закладних виробів залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови (ГОСТ 10922-90, MOD). – На заміну ГОСТ 10922-90. – Надано чинності 2012–12–01. – Київ : Мінрегіон України, 2012. – 29 с.
4. ДСТУ Б В.2.6-169:2011. З'єднання зварні арматури та закладних виробів залізобетонних конструкцій. Типи, конструкції та розміри (ГОСТ 14098-91, MOD). – На заміну ГОСТ 14098-91. – Надано чинності 2012–12–01. – Київ : Мінрегіон України, 2012. – 37 с.
5. ДСТУ Б В.2.6-182:2011. З'єднання зварні стикові і таврові арматури залізобетонних конструкцій. Ультразвукові методи контролю якості. Правила приймання (ГОСТ 23858-79, MOD). – На заміну ГОСТ 23858-79. – Надано чинності 2012–12–01. – Київ : Мінрегіон України, 2012. – 37 с.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого трьохкомпонентного бетону. Правила проектування. – Надано чинності 2011–01–06. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с.
7. Нетеса, А. Н. Сравнительный анализ трудоемкости и стоимости контроля качества основных способов соединения арматуры / А. Н. Нетеса // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2015. – Вип. 8. – С. 57–64.
8. Радкевич, А. В. Внедрение инновационной технологии соединения арматуры муфтами с цилиндрической резьбой / А. Н. Нетеса, А. В. Радкевич // Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения : материалы науч.-практ. конф. (28.10–29.10.2015). – Харьков, 2015. – С. 125–130.
9. Радкевич, А. В. Технологический регламент устройства арматурных каркасов колонн и пилонов с резьбовым соединением арматуры муфтами с цилиндрической резьбой / А. В. Радкевич, А. Н. Нетеса, А. Гаяда // Эффективные технологии в строительстве : тез. Междунар. науч.-техн. конф. (7.04–8.04.2016). – Киев, 2016. – С. 61–62.
10. Савицький, М. В. Вплив ексцентриситету на роботу стиснутих елементів в каркасі будівлі з ЛСТК / М. В. Савицький, О. Г. Зінкевич, А. М. Зінкевич // Мости та тунелі: теорія, дослідження, практика. – 2012. – Вип. 2. – С. 76–79.
11. Gergess, A. N. Design implications of increased live loads on continuous precast, prestressed concrete girder bridges / A. N. Gergess, R. Sen // PCI Journal. – 2013. – Vol. 58. – Iss. 2. – P. 64–79. doi: 10.15554/pcij.03012013.64.79.
12. Rodríguez, M. E. Seismic behavior of a type of welded precast concrete beam-column connection / M. E. Rodríguez, M. Torres-Matos // PCI Journal. – 2013. – Vol. 58. – Iss. 3. – P. 81–94. doi: 10.15554/pcij.06012013.81.94.
13. Seismic retrofit of reinforced concrete buildings in Japan using external precast, prestressed concrete frames / K. Takeda, K. Tanaka, T. Someya [et al.] // PCI Journal. – 2013. – Vol. 58. – Iss. 3. – P. 41–61. doi: 10.15554/pcij.06012013.41.61.

А. В. РАДКЕВИЧ¹, А. М. НЕТЕСА^{2*}

¹Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38(098) 307 81 44, ел. пошта kvp@dsst.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

^{2*}Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (067) 195 50 27, ел. пошта adreyunetesa@meta.ua, ORCID 0000-0002-3364-3446

ВИЗНАЧЕННЯ ТА РАНЖУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ, ЩО ОБУМОВЛЮЮТЬ РАЦІОНАЛЬНІ РІШЕННЯ З'ЄДНАННЯ АРМАТУРИ

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Мета. В роботі передбачається знайти: 1) визначення та формулювання факторів, які впливають на вибір раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів монолітних залізобетонних каркасів; 2) визначення параметрів факторів; 3) ранжування факторів методом експертного оцінювання. **Методика.** Для досягнення мети дослідження необхідно провести аналіз існуючих способів з'єднання арматури, визначення чинників та меж зміни параметрів для кожного зі способів. Ранжування чинників виконано методом експертного оцінювання. **Результати.** За даними обробки матеріалів експертного опитування чотирнадцяти експертів в області монолітного будівництва встановлено, що найбільше значення при виборі раціонального з'єднання арматури мають чинники, які обумовлюють параметри часу: можливість монтажу каркасами, час з'єднання арматурних стержнів, довжину арматурного каркаса, час виконання підготовчих операцій, час роботи основного вантажопідйомного механізму. При цьому чинники, що обумовлюють параметри арматурного каркаса, мають пряме відношення до часу виконання робіт, оскільки вони визначають кількість арматурних стиків у широких межах по мірі зведення будівлі. Менше значення мають економічні чинники: вартість арматурного з'єднання та вартість контролю якості. Очевидно, що в умовах значних матеріальних витрат на зміст будівництва інвестору вигідно збільшити вартість з'єднань арматури для росту темпів робіт. Найменше значення мають конструктивні та технологічні чинники: виникнення позацентрової передачі навантаження між арматурними стержнями, можливість використання термічно зміцненої арматури класів А 500 і вище, розряд для виконання робіт, необхідність використання риштувань та додаткових пристосувань для армування конструкцій. Причина аналогічна: підрядник готовий йти на ускладнення технології з метою скорочення термінів зведення об'єкту. Оскільки розрахунковий критерій узгодження Пірсона $\chi^2 = 47,24$ більше табличного (22,36203), то отриманий коефіцієнт конкордації $W = 0,26$ – величина не випадкова, а тому отримані результати мають сенс та можуть використовуватися в подальших дослідженнях. **Наукова новизна.** Авторами визначені чинники, що в найбільшій мірі впливають на вибір раціонального способу з'єднання арматури. **Практична значимість.** Ранжування чинників дозволить об'єктивно підходити до проблеми вибору способу з'єднання арматури, оптимізувати витрати праці та ресурсів, а також скоротити терміни будівництва.

Ключові слова: арматура; з'єднання; експертне оцінювання; ранг; чинник; ранжування; коефіцієнт конкордації

A. V. RADKEYCH¹, A. M. NETESA^{2*}

¹Dep. «Build Production and Geodesy», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (098) 307 81 44, e-mail kvp@dsst.gov.ua, ORCID 0000-0001-6325-8517

^{2*}Dep. «Build Production and Geodesy», Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan St., 2, Dnipro, Ukraine, 49010, tel. +38 (067) 195 50 27, e-mail andreynetesa@meta.ua, ORCID 0000-0002-3364-3446

DETERMINATION AND RANGING OF ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS THAT DEFINE THE RATIONAL DECISIONS OF RE-BARS CONNECTION

Purpose. The paper proposes: 1) determination and formulation of factors that influence the choice of rational method for joining re-bars of vertical support members of reinforced concrete frame; 2) Determination of factor parameters; 3) Ranging of factors by the expert evaluation (Delphi) method. **Methodology.** In order to achieve research objectives, it is necessary to carry out analysis of existent rebar connection methods, determination of factors and parameter variation limits for each of the methods. Performing factor ranking by the expert evaluation method. **Findings.** The results of the questioning materials of 14 experts in the area of monolithic construction allowed setting the following: when choosing the rational re-bars connections, the most significant values are the factors that define the time parameters: possibility of carcassing, time of joining the re-bars, length of rebar cage, prior operation run time, operation time of main lifting equipment. Herewith the factors that define the rebar cage parameters have a direct relation to the work performance time, as they determine the amount of bar connections in the course of building erection over wide range. Economic factors - rebar connection cost and quality control cost - have the less value. It is obvious that in the conditions of considerable construction expenses it is advantageous for an investor to increase the rebar joining cost for the work growth rate. Structural and technological factors have the least value: origin of eccentric load transmission between re-bars, possibility of use of the thermally work-hardened

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

re-bars of A500 and higher grades, work category for implementation of works, necessity to use the scaffold and appurtenances for re-enforcement of constructions. The reason is analogical: a contractor is ready to go to complication of technology with the purpose of reduction of the facility erection terms. As the calculated Pearson's matching criterion $\chi^2 = 47.24$ is higher than the tabular one (22.36203), then the obtained concordance coefficient $W=0.26$ is not casual value, and that is why the obtained results make sense and can be used in further researches. **Originality.** The author obtained factors that influence the choice of the rational method for re-bars connection the most. **Practical value.** Ranging of factors will allow objective approaching to the problem of choice of re-bars connection method, optimizing the labour and material costs, and also reducing the construction time.

Keywords: re-bars; connection; expert evaluation; rank; factor; ranking; concordance coefficient

REFERENCES

1. Vyskrebentsev, V. G., & Soldatov, K. I. (2014). Research of efficiency of using carbon fiber in armored concrete spans of railway bridges. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 5, 16-21.
2. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia, DBN V.2.6-98:2009 (2011).
3. Armaturni ta zakladni vyroby zvarni, ziednannia zvarni armatury i zakladnykh vyrobiv zalizobetonnykh konstruktsii. Zahalni tekhnichni umovy, DSTU B V.2.6-168:2011 (2012).
4. Ziednannia zvarni armatury ta zakladnykh vyrobiv zalizobetonnykh konstruktsii. Typy, konstruktsii ta rozmiry, DSTU B V.2.6-169:2011 (2012).
5. Ziednannia zvarni stykovi i tavrovi armatury zalizobetonnykh konstruktsii. Ultrazvukovi metody kontroliu yakosti. Pravyla prymannia, DSTU B V.2.6-182:2011 (2012).
6. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho trokhkomponentnoho betonu. Pravyla proektuvannia, DSTU B V.2.6-156:2010 (2011).
7. Netesa, A. N. (2015). Comparative of analysis of labour intensiveness and cost of control of quality of basic methods of connection of armature. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 8, 57-64
8. Radkevych, A. V., & Netesa, A. N. (2015). Introduction of innovative technology of connection of armature muffs with a cylindrical screw-thread. *Proceedings of the Conference on Effective technological decisions in building with the use of concretes of new generation, October 28-29, 2015, Kharkov*. 125-130.
9. Radkevych, A. V., Netesa, A. N., & Gayada, A. (2016). Technological regulation of device of armature frameworks of columns and pylons with the threaded connection of armature by muffs with a cylindrical screw-thread. *Proceedings of the I International Conference on Effective Technologies in Construction, April 7-8, 2016, Kyiv*. 61-62.
10. Savytskyi, M. V., Zinkevych, O. H., & Zinkevych, A. M. (2012). Eccentricity Influence on Work of the Lightweight Steel Framing Buildings' Compressed Elements. *Bridges and Tunnels: Theory, Research, Practice*, 2, 76-79.
11. Gergess, A. N., & Sen R. (2013). Design implications of increased live loads on continuous precast, prestressed concrete girder bridges. *PCI Journal*, 58 (2), 64-79. doi: 10.15554/pcij.03012013.64.79
12. Rodríguez, M. E., & Torres-Matos, M. (2013). Seismic behavior of a type of welded precast concrete beam-column connection. *PCI Journal*, 58(3), 81-94. doi: 10.15554/pcij.06012013.81.94
13. Takeda, K., Tanaka, K., Someya, T., Sakuda, A., & Ohno, Y. (2013). Seismic retrofit of reinforced concrete buildings in Japan using external precast, prestressed concrete frames. *PCI Journal*, 58(3), 41-61. doi: 10.15554/pcij.06012013.41.61

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. А. Н. Пишнько (Украина); д.т.н., проф. В. Р. Млодецкий (Украина)

Поступила в редколлегию 10.02.2017

Принята к печати 18.05.2017