

Підсумовуючи результати обчислень за формулами (23) (27) та їх аналіз, вплив напруженого стану на інтенсивність корозії у загальному вигляді можна описати графічно (рис.4).

Висновок. Отже, на ділянці $A-B$ інтенсивність корозії зростає відповідно до виразу (25), на ділянці $A-A'$ інтенсивність сповільнюється завдяки стиску, а потім на ділянці $A'-B'$ зростає. Треба також відзначити, що під час дослідження стійкості бетону в агресивних середовищах потрібно враховувати і власний напружений стан.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Александровский С.В. Применение теории ползучести бетона / С.В. Александровский. – Wrocław: Wydawnictwo Politechniki Wrocławskiej. – 164с.
2. Трапезников Л.П. Температурная трещиностойкость массивных бетонных сооружений / Л.П. Трапезников. – М.: Энергоатомиздат. – 1986. – 272 с.
3. Москвин В.М. Повышение стойкости бетона и железобетона при воздействии агрессивных сред / В.М. Москвин, Ю.А. Савина – М.: Стройиздат, 1975. – 240 с.
4. Лыков А.В. Тепло- и массоперенос при фазовых и химических превращениях / А.В. Лыков, Б.М. Смольский. – Минск: Изд-во АН БССР, 1962. – 380 с.
5. Експериментальні дослідження вологості та засоленості бетону і цегляної кладки / Лучко Й.Й., Парнета Б.З., Назаревич Б.Л., Майба Р.І. // Одеса, 2005. – Вип. № 20. – С. 185 – 195.
6. Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты / Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н., Гузеев Е.А. // Под. общ. ред. В.М. Москвина. – М.: Стройиздат, 1980. – 536с.
7. Лучко Й.Й. Дослідження конструкцій басейну готелю „Прикарпаття” та пропозиції відновлення експлуатаційних характеристик споруди / Й.Й. Лучко, Б.З. Парнета // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр, 2006. – № 8. – С. 71 – 81.
8. Лучко Й.Й. Методи дослідження та випробування будівельних матеріалів і конструкцій / Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, М.Л. Дем'ян. – Львів: Каменяр, 2001. – 436с.
9. Лучко Й.Й. Методи підвищення корозійної стійкості та довговічності бетонних конструкцій і споруд / Й.Й. Лучко, І.І. Глагола, Б.Л. Назаревич. – Львів: Каменяр, 1999. – 229с.
10. Лучко Й.Й. Обстеження фундаментів АВО газу на компресорній станції „Опори П” та їх посилення / Й.Й. Лучко, Б.З. Парнета // Дороги і мости. – К., 2007. – Вип.7. – С. 47 – 56.
11. Лучко Й.Й. Обстеження фундаментів під розвантажуючими опорами ГПА насосної станції „Опори” та їх посилення / Й.Й. Лучко, Б.З. Парнета // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2007.

- Вип.15. – С. 377 – 387.
12. Лучко Й.Й. Оцінка ресурсу корозійної тривкості бетонних та залізобетонних конструкцій / Й.Й. Лучко, І.І. Глагола, Т.В. Гембара // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр, 2003. – Вип. 5. – С. 133 – 136.
 13. Лучко Й.Й. Технологія влаштування горизонтальної гідроізоляції в цегляних стінах / Й.Й. Лучко, Б.Л. Назаревич, Б.З. Парнета // Ресурсоєкономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2005. – Вип.13. – С.322 – 328.
 14. Лучко Й.Й. Технологія влаштування горизонтальної гідроізоляції в цегляних і бетонних стінах / Й.Й. Лучко, Б.З. Парнета, Б.Л. Назаревич // Вісник Одеської держ. академії будівництва та архітектури. – Одеса: Місто майстрів, 2006. Вип.23. – С. 177 – 182.
 15. Назаревич Б.Л. Влаштування горизонтальних гідроізоляцій при проблемах пов'язаних з реставрацією / Б.Л. Назаревич – Львів: Каменяр, 2005. – Вип. 6. – С. 533 – 541.
 16. Назаревич Б.Л. Проблеми, пов'язані з улаштуванням горизонтальних гідроізоляцій при реставрації заволожених об'єктів / Б.Л. Назаревич // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр. – 2004. – Вип. 6. – С. 97 – 107.
 17. Парнета Б.З. Результати експериментальних досліджень заволоженості бетонних стін / Б.З. Парнета, Й.Й. Лучко // Дороги і мости. – К., 2006. – Вип. 6. – С. 267 – 277.
 18. Лучко Й.Й. Методи оцінки несучої здатності і підвищення тріщиностійкості залізобетонних елементів конструкцій. – Львів: Слово і комерція, 1997. – 435 с.
 19. Гембара Т.В. Аналітична оцінка корозійної деградації бетону в кислотному середовищі з урахуванням мінімальної руйнівної концентрації агресивної речовини / Т.В. Гембара, Й.Й. Лучко, І.І. Глагола // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій. – Львів: Каменяр. – 2000. – Вип. 2. – С. 22 – 27.
 20. Z. Scislewski. Ochrone konstrukcji zelbetowych. Arkady, 1999. – 196 p.
 21. Лучко Й.Й. Проблеми оцінки впливу фізичних факторів на корозію бетонних та залізобетонних елементів конструкцій / Й.Й. Лучко, Т.В. Гембара // Зб.наук.праць «Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій». – Львів: Каменяр, 2005. -Вип.6. -С.506-511.

УДК 539.3:620.0.12

РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ МЕХАНІЧНОГО З'ЄДНАННЯ АРМАТУРНИХ СТЕРЖНІВ ТА ПРИКЛАДИ АРМУВАННЯ МОСТОВИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

д.т.н., проф. Лучко Й.Й. *, інж. Пенцак А.Я. **

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
ім. академіка В. Лазаряна
**ТЗОВ «Фірма ТЕРМІТ», м. Львів

Проблема та її актуальність. На сьогодні широко використовують збірні та монолітні залізобетонні попередньо напружені конструкції каркасів будівель та споруд (плити перекриття, балки, ферми, опори тощо), армовані високоміцною стержневою арматурою різних класів міцності. Для армування бетону переважно застосовують стержні термомеханічно зміцненої арматури стандартної довжини 12 м класу Ат-IV; Ат-V; Ат-VI; А-VII; А400С; А500С; А600С, А800С з періодичним профілем. Потреба у такій арматурі по країні становить сотні тисяч тонн. До того ж на будівельних підприємствах України складається значна кількість (до 20 % від виробництва арматури) стержневої арматури зазначених класів нестандартної довжини, за одночасно підвищеного дефіциту такої сталі.

Враховуючи це, інженери та вчені розробляли та впроваджували альтернативні способи з'єднання маломірної арматури. До найпоширеніших належать з'єднання арматури за допомогою різьбової втулки. Суть цього способу полягає ось у чому. Кінці стержнів обточують і нарізають різьбу відповідного діаметра. Потім на арматуру накручують втулку з внутрішньою різьбою, завдовжки приблизно 100 мм (довжина змінюється залежно від діаметра арматури), з'єднуючи так стержні між собою. Цей спосіб має доволі істотні недоліки: складність оброблення кінців арматурних стержнів (обточування, виготовлення втулки з внутрішньою різьбою), а також створення додаткових концентраторів напружень внаслідок нарізання різьби.

Сьогодні особливо поширений перехід на уніфіковану зварювану арматурну сталь з межею текучості $\sigma_T \geq 500 \text{ Н/мм}^2$ (А500С і В500) замість менш міцної і гірше зварюваної арматури класу А-III (А400) з межею текучості $\sigma_T \geq 400 \text{ Н/мм}^2$. До 2005 р. всі металургійні заводи України, Росії, Білорусі, Молдови і Латвії - виробники арматури періодичного профілю освоїли масове промислове виробництво термомеханічно зміцненої стержневої арматурної сталі класу А500С, А600С діаметром 6 - 40 мм за СТО АСЧМ 7-93 і холоднодеформованої сталі того ж класу міцності діаметром 4 - 12мм, що позначається як В500С.

Головними причинами необхідності повної заміни арматури класу А-III (А400) на арматурну сталь класу А500С тощо, є:

- відсутність крихких руйнувань власне арматури і її зварних з'єднань, виконаних дуговим зварюванням, за рахунок низького (до 0,22%) вмісту вуглецю і структури «природного композиту», що одержується в результаті термомеханічного зміцнення у потоці прокату сталі класу А500С;
- значна (до 22%) економія сталі за рахунок вищої межі текучості сталі класу А500С;
- універсальність використання, що дає змогу за рахунок високої пластичності в поєднанні з високою межею пружності і низькою собівартістю, використовувати її у всіх видах арматурних виробів як робочу, так і конструктивну і навіть попередньо напружену арматуру.

Аналіз результатів попередніх досліджень. Перехід на арматуру класу А500С (В500С), А600С, Ат-IV, А-V, Ат-V, Ат-VI та їх з'єднання детально

досліджено у працях [1,3-7,9,11-24,28]. Чинні нормативні документи ТСН 102-00, СП 52-101-2003, ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости і труби та інші нормативні документи дають змогу виконувати проектування або будівництво всіх без винятку будівель і споруд у районах з розрахунковою зимовою температурою до -55°C включно при звичайних, динамічних і вібраційних навантаженнях з використанням цих сталей як робочої або конструктивної арматури у вигляді цілих стержнів або зварних виробів.

За всім комплексом механічних властивостей, витривалості, зчепленню з бетоном і зварюваністю ця арматурна сталь відповідає нормам європейських стандартів EN 10080-2005, BS 4449-2005 і ін.

Іншою найважливішою проблемою є стикування арматури для монолітного залізобетону. Тут можна розглядати три способи з'єднання: внаклад (без зварювання), дугове зварювання або механічні з'єднання [2-4,21,26,28,31,32].

В Україні, як і в країнах СНД, дотепер загальноприйнятим способом з'єднання арматури на монтажі було зварювання: ручне дугове протяжними швами, внаклад і з накладками, ванно-шовне та з багатошаровими швами на сталевій скобі-накладці, а також дугове навхрест.

Для стикування арматурної сталі класу А500С ці види дугового зварювання можна використовувати практично без обмеження, але вимагають значної витрати електроенергії і працезатрат, а також суворого систематичного контролю.

Треба зважити на те, що більшість великих аварій залізобетонних конструкцій під час їх будівництва сталися саме через використання дугового зварювання гарячекатаної сталі класу А400 (А-III), переважно марки 35ГС за вмісту вуглецю і марганцю в ній на верхній межі допускалися за ГОСТ 5781.

Тому використання деяких з'єднань під час монтажу для арматури класу А400 (А-III) не рекомендується. Як відзначено вище, зварювання вимагає контролю як початкового металу, так і якості виконання з'єднань і їх міцності, при чому для контролю ванно-шовного зварювання необхідно використання методу неруйнувальної ультразвукової дефектоскопії [27], що значно здорожчує роботи на влаштування стиків. Напуск завдовжки від $20d$ до $40d$, залежно від умов роботи арматури і кількості стиків в одному перерізі, приводить до втрати від 3,5 до 27% арматури за її діаметрів від 10 до 40 мм і довжини стержнів, що стикуються 6,0 м. Найбільші втрати металу спостерігаються під час стикування стержнів великих діаметрів: 32-40мм - відповідно до 22-27%. Проте проблема цим не обмежується. Для гарантії міцності таке з'єднання вимагає значного затрочання поперечної арматури, а мінімальні величини об'ємного армування повинні становити, наприклад, у разі міцності бетону 42,3 і 31,5 Н/мм^2 не менше 0,01-0,016 [6,31,32], тобто під час стикування внаклад стержнів великих діаметрів загальні втрати металу можуть становити до 40%. Крім того, використання з'єднань внапуск для стикування арматури великих діаметрів приводить до обмеження об'єму для бетону у зоні стику і небезпеки зниження реальної міцності залізобетонного елемента, що особливо небезпечно в колонах і інших стиснутих у стадії експлуатації залізобетонних елементах з невеликим поперечним перерізом. З

цієї причини, як показано в роботі [27], вартість стикування тут відсунуто на задній план.

Ідея стикування високоміцних термомеханічно зміцнених арматурних стержнів механічним способом за допомогою обтискних втулок (обойм, гільз) виникла наприкінці 80-х років на заводах Дніпропетровська та Запоріжжя. На цих заводах назбиралось багато арматури нестандартної довжини, а її стикування за допомогою зварювання істотно знижує міцність (до 40%), що є дуже значними втратами. Ця проблема є дуже актуальною і під час армування довгомірних конструкцій (мостових, стояків ліній електропередач, тощо) як монолітних, так і збірних.

На підставі звернень керівників заводів та будівельних організацій було сформовано в інститутах ІЧМ НАН України і ФМІ НАН України програму „Розробка методів забезпечення довготривалої міцності, корозійної стійкості пресованих з’єднань арматурних стержнів у залізобетонних конструкціях” ПС.008.93, за якою було досліджено міцність, тріщиностійкість та деформативність залізобетонних балкових елементів, що армовані з’єднаною арматурою методом обтиснення втулок за короткочасних та довготривалих навантажень, корозійна стійкість пресованих з’єднань арматурних стержнів у різних агресивних середовищах [7].

Враховуючи недоліки наведених способів з’єднання арматури, у ФМІ розробили оригінальну технологію з’єднань коротких арматурних стержнів періодичного профілю [13]. За результатами цієї роботи отримано деклараційний патент на винахід [3].

Такими з’єднаннями зрощують арматуру періодичного профілю, міцність якого адекватна міцності арматури. Кінці прутків не вимагають спеціального оброблення, а втулки виготовляють із відповідного сортаменту сталених труб, які виробляють на вітчизняних трубопрокатних підприємствах. На основі теорії ймовірності, математичної теорії пружності і пластичності побудовано розрахункові моделі та виконано завдання ймовірного утворення дефектів та міцності з’єднання арматури обтиснутими гільзами, за допомогою яких можна визначити оптимальні навантаження пресування, попередньо зміцнювати матеріал з’єднань пресуванням, прогнозувати короткочасну та довготривалу міцність таких стержнів під статичними, температурними та циклічними навантаженнями в робочих середовищах.

Різні аспекти цих досліджень описані та опубліковані у багатьох працях [1,3,4,9,12-16,21,22,28]. Зокрема розрахунок фізико-механічних, геометричних та силових параметрів, ймовірності утворення дефектів у обіймі у арматурі на стику арматури і обійми розглянуті у працях [7,12,14], а дослідження арматурного прокату із серпоподібним профілем на витривалість та втрату міцність з’єднань арматурних стержнів діаметром 10, 12, 14, 16 мм та класів високоміцної арматури А_T-IV, А_T-V, А_T-VI, А-VII, А400С, А500С, А600С і А800С обтиснутою втулкою наведено у працях [1,11,14,17]. Сьогодні розроблені методичні рекомендації зі з’єднання арматурних стержнів обтискними втулками МР В.2.3-218-03534506-510:2006, технічні умови з’єднання стержнів арматурних обтискними втулками ТУ У В.26.6-00018112-257:2006 та стандарт організації України СОУ 45.2 – 10018112 – 016: 2007.

Розрахунок міцності з’єднань та аналіз експериментальних і теоретичних даних. Розрахунок міцності з’єднань стержнів виконано для арматури класів А_TIV, А_TV, А_TVI згідно з ГОСТ 5781 та А500С і А600С згідно ДСТУ 3760:2006. Для з’єднання арматури застосовується гарячекатана сталь 30ХГСА згідно з ГОСТ4543–71 та сталь 45 згідно з ГОСТ 1050–88 або інші леговані сталі з аналогічним хімічним складом та механічними характеристиками, які наведені в табл.1 та табл.2.

Таблиця 1

Хімічний склад сталей з’єднувальних втулок

Хімічний елемент	30ХГСА, %	сталь 45, %
Кремній (Si)	0.90-1.20	0.17-0.37
Мідь (Cu), не більше	0.30	0.25
Миш’як (As), не більше	-	0.08
Марганець (Mn)	0.80-1.10	0.50-0.80
Нікель (Ni), не більше	0.30	0.25
Фосфор (P), не більше	0.025	0.035
Хром (Cr)	0.80-1.10	0.25
Сірка (S), не більше	0.025	0.04

Втулкові з’єднання повинні відповідати вимогам СОУ 45.2–00018112–016:2007 та ТУ У В.2.3–14:2006.

Обтискні втулки для виконання з’єднань арматури повинні бути виготовлені із конструкційної сталі, механічні характеристики якої визначають згідно з ГОСТ 12004–81 (поздовжнє видовження менше від 14%, поперечне видовження менше від 60%) та даних табл.5.6

Геометричні розміри та механічні властивості втулки підбираємо, враховуючи із умови міцності на розтяг:

$$R_s \cdot A_s < R_{s,vt} \cdot A_{s,vt},$$

де R_s – розрахунковий опір на розтяг (стиск) арматурних стержнів, МПа; A_s – площа поперечного перерізу арматурних стержнів, см²; $R_{s,vt}$ – розрахунковий опір сталі на розтяг втулки, МПа; $A_{s,vt}$ – площа поперечного перерізу втулки, см².

Таблиця 2

Механічні характеристики сталей з’єднувальних втулок

Марка сталі	Механічні властивості, не менше			
	Межа текучості σ_T , Н/мм ²	Тимчасовий опір на розрив $\sigma_{T,o}$, Н/мм ²	Відносне видовження σ_s	Відносне видовження ψ
			%	
08	196	320	33	60
10	205	330	31	55
15	225	370	27	55
20	245	410	25	55

25	275	450	23	50
30	295	490	21	50
35	315	530	20	45
40	335	570	19	45
45	355	600	16	40
50	375	630	14	40
55	380	650	13	35
58	315	600	12	28
60	400	680	12	35

Примітки:

1. Норми механічних властивостей, що наведені в табл. 5.6, стосуються прокату діаметром або товщиною до 80 мм. Для прокату діаметром або товщиною більше ніж 80 мм допускається зменшення відносного видовження на 2% і відносного звуження на 5%.

Норми механічних властивостей для заготовок, що перековані із прутків діаметром або товщиною від 120 до 250 мм на прокат діаметром або товщиною від 90 до 100 мм, повинні відповідати даним у табл. 2.

2. У разі погодження виробника зі споживачем для сталей марок 25 – 60 допускається зменшення тимчасового опору на 20 Н/мм² порівняно з даними, наведеними в табл. 2, але при цьому збільшується відносне видовження на 2%.

На основі виконаних розрахунків пропонуються такі геометричні характеристики з'єднувальних втулок із сталі 45 та класу арматури А500С і А600С (табл.3). Характеристики міцності з'єднань наведені у табл.5.

Таблиця 3

Геометричні характеристики з'єднувальних елементів

Клас арматури	Діаметр з'єднувальних арматурних стержнів, мм	Внутр. діаметр втулки D _{вн.} , мм	Зовн. діаметр втулки D _{зовн.} , мм	Довжина обтискувальної втулки, мм
A _T -IV; A _T -V; A _T -VI; A-VII; A400C A500C; A600C A800C	10	11	22	70
	12	13	24	80
	14	15	26	85
	16	17	28	90
	18	19	30	100
	20	21	32	100
	22	23	36	110
	25	26	40	120
	28	29	44	130
	32	33	52	140
	36	37	58	150
40	41	66	160	

Запропоновано з'єднувальні втулки з сталі Ст45, але на вітчизняному ринку можна знайти ряд пропозицій з'єднувальних муфт від вітчизняних та зарубіжних фірм інших марок сталей (Ст10, Ст15, Ст20 згідно з ГОСТ1050–74), тому ці муфти відрізняються за геометричними розмірами. Зокрема в табл.4 наведено геометричні розміри муфт із сталі 15, які запропоновані в праці [33] і використовуються в Польщі.

Таблиця 4

Геометричні характеристики з'єднувальних елементів (Польща)

Клас арматури	Діаметр з'єднувальних арматурних стержнів, мм	Внутрішній діаметр втулки D _{вн.} , мм	Зовнішній діаметр втулки D _{зовн.} , мм	Довжина обтискувальної втулки, мм
34GS	20	23	37	160
	22	25	40	175
	25	28	45	200
	28	32	52	225

Таблиця 5

Характеристики міцності з'єднань

Діаметр арматури, мм	Площа арматури, мм ²	Площа втулки, мм ²	втулка сталь 45/R _s , R _t	клас арматури		R _s A _s , МПа см ²		R _{s,vt} A _{s,vt} , МПа см ²
				A500C, R _s	A600C, R _s	A500C	A600C	
10	78,5	284,95	490	500	600	39250	47100	139625,5
12	113	319,49	490	500	600	56500	67800	156550,1
14	154	354,03	490	500	600	77000	92400	173474,7
16	201	388,57	430	500	600	100500	120600	167085,1
18	254	423,11	430	500	600	127000	152400	181937,3
20	314	457,65	430	500	600	157000	188400	196789,5
22	380	602,09	430	500	600	190000	228000	258898,7
25	491	725,34	430	500	600	245500	294600	311896,2
28	616	859,57	430	500	600	308000	369600	369615,1

32	804	1267,77	430	500	600	402000	482400	545141,1
36	1018	1566,07	430	500	600	509000	610800	673410,1
40	1256	2099,87	430	500	600	628000	753600	902944,1

Фірма ТзОВ «Спрут–Україна» пропонує з’єднання арматури класів А400С та А500С згідно з ДСТУ 3760 періодичного профілю діаметрів від 16 до 40 мм за допомогою опресованих муфт. Згідно з розробленими ТУ У В 2.7–45.2–35641811–002:2008 пропонуються з’єднувальні муфти інших геометричних розмірів (табл.6)

Приклади армування мостових залізобетонних конструкцій.

На основі виконаних теоретичних та експериментальних досліджень втулкових з’єднань арматури у балках, колонах, плитах, результати яких наведені у працях [1,3,4,8,13,15,16,18, 20, 23,25] було розроблено низку нормативних документів, зокрема ТУ У В.26.6-00018112-257:2006. З’єднання стержнів арматурних обтискними втулками, СОУ 45.2 – 10018112 – 016: 2007. З’єднання арматурних стержнів обтискними втулками, МР В.2.3-218-03534506-510:2006. Методичні рекомендації „З’єднання арматурних стержнів обтискними втулками” [8].

Таблиця 6

Геометричні характеристики з’єднувальних муфт згідно з ТУ У В 2.7–45.2–35641811–002:2008

Номинальний діаметр арматури, мм	Габаритні розміри		Колір розмітки	Умове позначення
	Довжина муфти, не менше, мм	Зовнішній діаметр муфти, мм		
16	130	30	Блакитний	МЗО–16
18	130	34	Оранжевий	МЗО–18
20	150	36	Білий	МЗО–20
22	170	40	Сірий	МЗО–22
25	190	45	Зелений	МЗО–25
28	210	50	Червоний	МЗО–28
32	240	57	Синій	МЗО–32
36	270	63	Жовтий	МЗО–36
40	300	70	Фіолетовий	МЗО–40

У результаті аналізу вищенаведених праць запропоновано армування несучих конструкцій мостових споруд. Зокрема, приклади армування конструкцій мостових переходів показано на рис. 1 – рис.3..

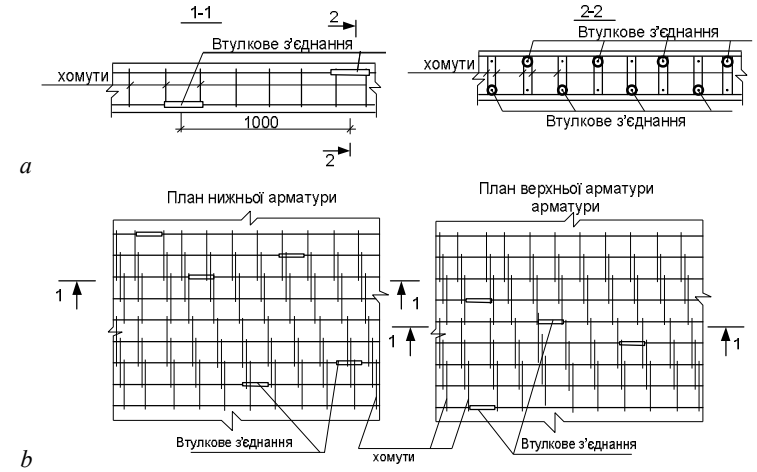


Рис.1. Армування плити проїжджої частини мосту стержнями, що з’єднані з допомогою обтискної втулки: а – поздовжній розріз плити; б – поперечний розріз плити.

На рис.1 наведено типове армування плити проїжджої частини мосту. Армування аркового монолітного шляхопроводу на ділянці автомобільної дороги Чернівці – Герца (КПП) наведено на рис.2 На рис.3 показано армування буронабивного стовпа на мостах, збудованих після паводків 2000–2002 рр. у селах Кобилецькій Поляні та Косівській Поляні.

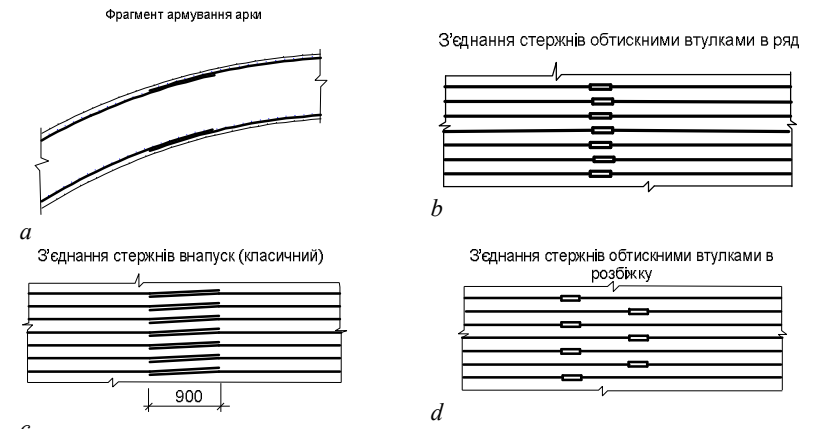


Рис.2. Армування арки частини мосту стержнями: а – фрагмент арки; б – армування традиційне внапуск; с– з’єднання арматури за допомогою втулок у ряд; d – з’єднання арматури за допомогою втулок у розбіжку.

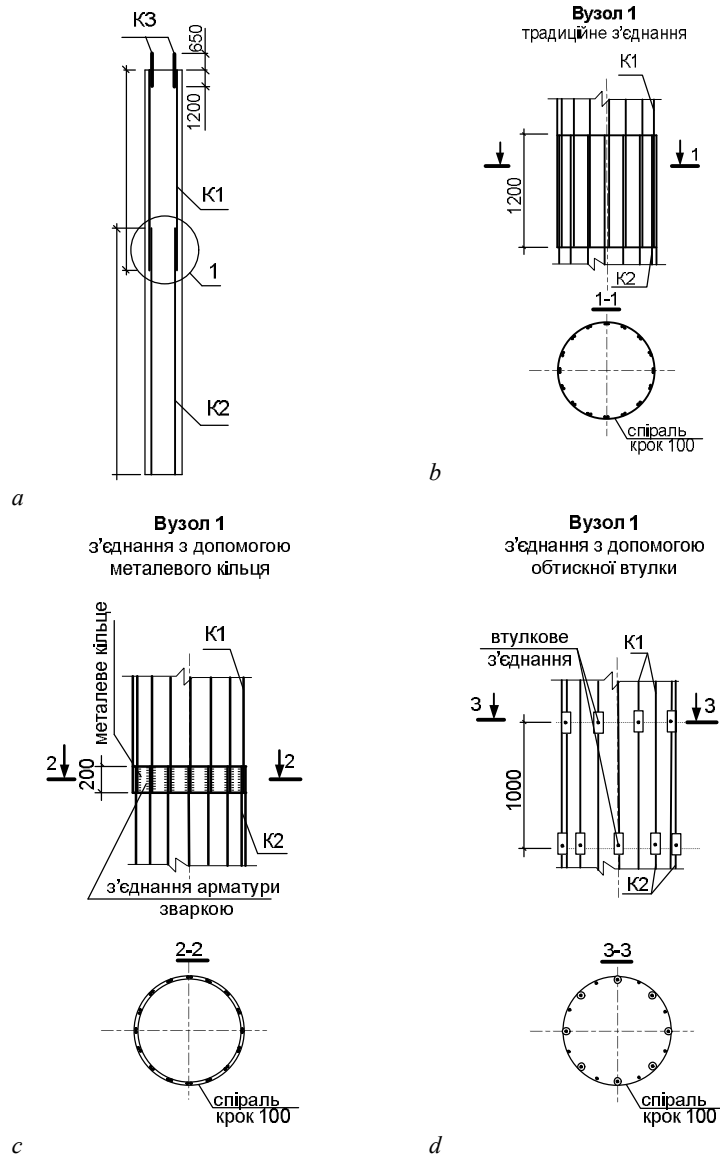


Рис.3. Варіанти армування бурунабивного стовпа опори мосту:
 а – схема армування стовпа; б – з'єднання арматури внапуск; с – з'єднання арматури за допомогою металевого кільця; д – з'єднання за допомогою обтискної втулки

Висновки.

1. Механічні стики істотно прискорюють і спрощують процес арматурних робіт. Стикування двох арматурних стержнів великого діаметра займає не більше 5-10 хвилин. Спрощується процедура контролювання якості стиків. Механічне з'єднання заощадує до 20 % арматури, оскільки вона з'єднується в стик, а не в напуск, а також до 20 % часу на монтаж конструкції, оскільки арматура з'єднується гайковим ключем, а не зварюванням. Крім того, для механічного з'єднання арматури не потрібна кваліфікована робоча сила, потрібна просто сила.

2. Використання різних марок сталей впливає на геометричні розміри з'єднувальних елементів а також на зусилля обтиску втулок. Тому під час з'єднання арматури необхідно використовувати втулки одного типу та класу сталі.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Втомна міцність з'єднань арматурних стержнів. / Я.Л. Іваницький, В.В. Варський, Й.Й. Лучко і ін. // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: Зб. наук. праць. - Львів: Каменярь, 2005. – Вип. 6. – С. 334 – 338.
2. Гурова Г.Г. Опыт применения ультразвукового контроля качества сварной арматуры / Г.Г. Гурова, В.П. Павлов, Л.Н.Уварова // Новые виды арматуры и ее сварка. - М.: НИИЖБ, 1982. – С. 208–211.
3. Деклараційний патент на винахід України № 63168А «Спосіб з'єднання арматурних стержнів періодичного профілю та пристрій для його реалізації» / Й.Й. Лучко, Я.Л. Іваницький, С.Т. Шгаюра, М.І. Ігнатишин; опубл. 15.01.2004р.
4. Деклараційний патент на винахід України. № 10126. Спосіб механічного з'єднання арматури / Я.Л. Іваницький, М.М. Гвоздик, В.В. Варський, Й.Й. Лучко. – Бюл. № 11; опубл. 15.11.2005 р.
5. Дегтярев В.В. Изменчивость механических свойств и площади поперечного сечения арматуры класса А500С/ В.В. Дегтярев // Бетон и железобетон. — 2005. – № 1, – С.2-7.
6. Дегтярев В.В. Прочность сцепления арматуры периодического профиля с бетонами классов прочности В10 - В100 / Дегтярев В.В.// Бетон и железобетон. — 2005. – № 6. – С. 13-18.
7. Звіт № держ. реєстр. 0197V003094 з теми: Розробка методів довготривалої міцності, корозійної стійкості пресованих з'єднань арматурних стержнів у залізобетонних конструкціях. Львів: ФМІ ім.Г.В. Карпенка НАНУ, 1996. – 145с.
8. З'єднання арматурних стержнів обтискними втулками: МР В.2.3-218-03534506-510:2006. - Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2006. – 18с. – (Методичні рекомендації).
9. Ігнатишин М.І. / Сучасний стан проблеми з'єднання арматури періодичного профілю у залізобетонних конструкціях // М.І. Ігнатишин, М.М. Гвоздок // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменярь, 2004. – Вип. 6. – С. 42 – 47.
10. Илюшин А.А. / Упруго-пластические деформации полых цилиндров // А.А.Илюшин., П.М. Огибалов - М.: Изд-во МГУ, 1960. - 223с.

11. Коваль П.М. Дослідження витривалості зразків арматури класу А500С / П.М. Коваль, І.П. Бабяк // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2005. – Вип. 7. – С. 57 – 62.
12. Лучко Й.Й. Розрахунок фізико-механічних, геометричних та силових параметрів пластичного деформування товстостінних трубчатих з'єднань арматурних стержнів / Й.Й. Лучко // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій – Л.: Каменяр, 2002. – Вип. 4. - С.112-123.
13. Лучко Й.Й. Оцінка працездатності втулкового з'єднання арматурних стержнів / Й.Й. Лучко, Я.Л. Іваницький, М.М. Гвоздюк // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів будівельних конструкцій – Л.: Каменяр, 2003. – Вип. 5. - С.137-143.
14. Лучко Й.Й. Методи оцінки несучої здатності і підвищення тріщиностійкості залізобетонних елементів конструкцій / Й.Й. Лучко // Львів: Слово і комерція, 1997. – 435с.
15. Лучко Й.Й. Міцність, тріщиностійкість та деформативність балок, армованих з'єднаною арматурою. / Й.Й. Лучко // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2000. – Вип. 4. – С. 371 – 378.
16. Лучко Й.Й. Міцність, тріщиностійкість та деформативність залізобетонних плит, армованих з'єднаною арматурою / Й.Й. Лучко // Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2001. – Вип. 3. – С. 148 – 153.
17. Лучко Й.Й. Дослідження арматурного прокату із серповидним профілем / Й.Й. Лучко, І.В. Мельник, С.Т. Штаюра // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2004. – Вип. 6. – С. 82 – 86.
18. Лучко Й.Й. Нові технології і матеріали для арматурних робіт в монолітних залізобетонних конструкціях та спорудах / Й.Й. Лучко // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2007. – Вип. 9. – С.12–25.
19. Лучко Й.Й. Матеріали та балкові зразки, армовані з'єднаною арматурою для дослідження втомної міцності / Й.Й. Лучко, І.І. Вергун, С.М. Сендерський // Діагностика, довговічність та реконструкція мостів і будівельних конструкцій: зб. наук. праць. - Львів: Каменяр, 2006. – Вип. 8. – С.78–83.
20. Мадатян С.А. Арматура железобетонных конструкций / С. А. Мадатян - М.: Воентехлит, 2000. – 256 с.
21. Методичні рекомендації з проектування та технології виготовлення залізобетонних конструкцій армованих стержнями, що з'єднані обтиснутими втулками / Й.Й. Лучко, В.В. Гембара, Я.Л. Іваницький і ін. // Львів: ФМУ ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2004. – 27 с.
22. Методологічні аспекти з'єднання арматури обтиснутою втулкою / Й.Й. Лучко, Я.Л. Іваницький, М.Д. Куцигін, Ю.М. Беклемішев // II Міжнародний симпозіум „Механіка і фізика руйнування будівельних матеріалів та конструкцій - Львів, 1996. - С 347-349.
23. Несварные обжимные стыки арматуры в железобетонных конструкциях / Н.Г. Матков, Э.А. Балочик, В.Н. Тубин, Лютиков А.В., // „Бетоны и железобетоны”, № 4. - 2003. - С.6-10.
24. Новая горячекатаная свариваемая арматура класса А500С / С.А. Мадатян, В.В. Дегтярев., Л.А. Зборовский и др.// Бетон и железобетон. 2001. – № 6. –

- С.12-14.
25. Прочность и деформативность опрессованных растянутых соединений арматуры / С.А. Мадатян, В.В. Дегтярев, Б.Н. Фридлянов и др. // Бетон и железобетон. - 2004. - №3. - С. 13-17.
26. Рекомендации по применению в железобетонных конструкциях термомеханически упрочненной свариваемой стержневой арматуры новых видов. - ГНЦ «Строительство». НИИЖБ. - М.: 1997, - 16 с.
27. Самокрутов А.А. Ультразвуковая дефектоскопия бетона эхометодом: состояние и перспективы / А.А. Самокрутов, В.Г. Шевалдыкин, В.Н. Козлов //В мире науки.-2002.-№2.-С.6-10.
28. Спосіб з'єднання арматурних стержнів обтиснутих втулкою / Я.Л. Іваницький, Й.Й. Лучко, М.М. Гвоздюк, У.А. Вергун // Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин: зб. наук. праць. - 2006. – С.435 – 439.
29. Шешенин С.В. О прикладных итерационных методах / С.В. Шешенин, И.С. Кузь //Вычислительная механика деформируемого твердого тела – Москва, 1990. – Вып.1. – С.63-75.
30. Шешенин С.В. Применение вариационно-разностного метода к осесимметричным задачам теории упругости / С.В. Шешенин, И.С. Кузь // Упругость и неупругость. – Москва, 1987. – С.39-44.
31. James R. Cagley and Richard Apple. Comparing costs - butt splices versus lap splices// Concrete International. -July 1998. - pp. 55-56.
32. Mechanical connection of reinforcing bars // ACI Structural Journal, - V.88, – № 2. – 1991.
33. Kus S. Zaciskane zlacza tulejowe pretow zbrojenia / Stanislaw Kus, Jerzy Lukaszynski //Inzynieria i budownictwo.-#10. – 1992.- str.363-366.

УДК: 666.9: 691.511: 691.316

ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОРТЛАНДИТОВЫХ СИСТЕМ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИХ УГЛЕКИСЛЫМ ГАЗОМ

к.т.н., доц. Н.В. Любомирский

Национальная академия природоохранного и курортного строительства

Современные тенденции оптимального сочетания экологичности и экономичности при получении готовой продукции затрагивают все промышленные отрасли, в том числе и строительство. В соответствии с «Киотским протоколом к рамочной Конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата» антропогенные выбросы парниковых газов в эквиваленте диоксида углерода в период с 2008 по 2012 год не должны превышать уровня таких выбросов 1990 г. Источниками наибольших выбросов CO₂ в строительной индустрии является энергоемкое производство цемента – основного материала для получения искусственного строительного камня. Снижение расхода цемента и переход на менее энергоемкие может значительно уменьшить загрязнение атмосферы углекислым газом.

Для решения глобальных экологических проблем, а также ресурсосбережения на современном этапе не достаточно оптимизировать традиционные процессы структурообразования материалов, необходимо разрабатывать новые «прорывные» направления и принципы получения бесцементных искусственных строительных изделий и материалов. В такой