

УДК 693.554.6

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ СУЧАСНИХ СПОСОБІВ З'ЄДНАННЯ АРМАТУРИ

РАДКЕВИЧ А.В.<sup>1\*</sup>, д.т.н, проф.,  
 НЕТЕСА А.М.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010 Дніпропетровськ, Україна, +38(098) 307 81 44. ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup> Каф. «Будівельне виробництво та геодезія», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010 Дніпропетровськ, Україна, +38(063) 769 25 51. andreynetsa@meta.ua. ORCID 0000-0002-3364-3446

**Анотація. Мета.** Сучасні технологічні прийоми передбачають монтаж арматурних каркасів з різними способами з'єднання арматури. Остаточний вибір способу з'єднання арматури відбувається переважно з економічних (вартість) та конструктивних (надійність та можливість застосування) міркувань. Технологічність способу з'єднання арматури практично не враховується, проте часто це призводить до збільшення термінів будівництва, зниження надійності будівельного процесу, залежності від робітників високої кваліфікації та інших факторів. Тому необхідно провести дослідження щодо визначення перспективних способів з'єднання арматури з точки зору технологічності будівельного процесу. **Методика.** Розробка послідовностей виконання робіт для процесу влаштування вертикальних несучих конструкцій монолітного залізобетонного каркасу з використанням різних способів з'єднання арматури. Розробка сітьових графіків з розподіленням робіт по відношенню до технологічної послідовності та потреби в роботі основного вантажопідйомного механізму (баштового крану). Порівняльний аналіз технологічних параметрів. **Результати.** Проведений порівняльний аналіз технологічних параметрів для процесів влаштування вертикальних несучих конструкцій для різних способів з'єднання арматури. З'єднання арматури внапуск є найбільш швидким та найменш витратним з точки зору працевитрат, але висока вартість арматури не дозволяє широко використовувати цей спосіб на будівництві. Зварювання арматури ванношовним зварюванням є економічним, проте потребує значних витрат праці та часу. З'єднання арматури за допомогою різьбових муфт є оптимальним. Воно потребує значно менших працевитрат, ніж ванношовне зварювання, при відносно низькій вартості. **Наукова новизна.** Розроблені послідовності виконання робіт процесу зведення вертикальних несучих конструкцій монолітних залізобетонних каркасів будівель дозволяють визначити найбільш трудомісткі операції, що лежать на критичному шляху сітьового графіка. Аналіз витрат праці та пошук раціонального вдосконалення таких робіт, в тому числі шляхом вибору оптимального способу з'єднання арматури, дозволить скоротити витрати часу на зведення вертикальних несучих конструкцій та оптимізувати виробничий процес. **Практична значимість.** Приведений аналіз дозволить більш раціонально підходити до вибору оптимального способу з'єднання арматурних стрижнів при проектуванні та зведенні залізобетонного каркасу будівлі, підвищити швидкість будівництва та оптимізувати будівельний процес.

**Ключові слова:** арматура; механічне з'єднання; різьбові муфти; сітьовий графік; зведення; каркас; критичний шлях.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ СОЕДИНЕНИЯ АРМАТУРЫ

РАДКЕВИЧ А.В.<sup>1\*</sup>, д.т.н, проф.,  
 НЕТЕСА А.М.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Каф. «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010 Днепропетровск, Украина, +38(098) 307 81 44. ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup> Каф. «Строительное производство и геодезия», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010 Днепропетровск, Украина, +38(063) 769 25 51. andreynetsa@meta.ua. ORCID 0000-0002-3364-3446

**Аннотация. Цель.** Современные технологические приемы предусматривают монтаж арматурных каркасов с разными способами соединения арматуры. Окончательный выбор способа соединения арматуры происходит преимущественно по экономическим (стоимость) и конструктивным (надёжность и возможность применения) соображениям. Технологичность способа соединения арматуры практически не учитывается, однако часто это приводит к увеличению сроков строительства, снижению надёжности строительного процесса, зависимости от рабочих высокой квалификации и других факторов. Поэтому необходимо провести исследование относительно определения перспективных способов соединения арматуры с точки зрения технологичности строительного процесса. **Методика.** Разработка последовательностей выполнения работ для процесса устройства вертикальных несущих конструкций монолитного железобетонного каркаса с использованием разных способов соединения арматуры. Разработка сетевых графиков с распределением работ по отношению к технологической последовательности и потребности в использовании основного грузоподъемного механизма (башенного крана).

Сравнительный анализ технологических параметров. *Результаты.* Проведенный сравнительный анализ технологических параметров для процессов устройства вертикальных несущих конструкций для разных способов соединения арматуры. Соединение арматуры внахлестку является наиболее быстрым и экономичным с точки зрения трудовых затрат, но высокая стоимость арматуры не позволяет широко использовать этот способ в строительстве. Сварка арматуры ваннощупной сваркой является экономичной, однако влечет за собой значительные трудовые и временные затраты. Соединение арматуры с помощью резьбовых муфт является оптимальным. Это соединение требует значительно меньших трудовых затрат, чем ваннощупная сварка, при относительно низкой стоимости и высокой скорости проведения работ. *Научная новизна.* Разработанные последовательности выполнения работ процесса по возведению вертикальных несущих конструкций монолитных железобетонных каркасов зданий позволяют определить наиболее трудоемкие операции, которые лежат на критическом пути сетевого графика. Анализ трудовых затрат и поиск рационального совершенствования таких работ, в том числе путем выбора оптимального способа соединения арматуры, позволит сократить расходы времени на возведение вертикальных несущих конструкций и оптимизировать производственный процесс. *Практическая значимость.* Приведенный анализ позволит более рационально подходить к выбору оптимального способа соединения арматурных стержней при проектировании и возведении железобетонного каркаса здания, повысить скорость строительства и оптимизировать строительный процесс.

**Ключевые слова:** арматура; механическое соединение; резьбовые муфты; сетевой график; возведение; каркас; критический путь.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF TECHNOLOGICALNESS OF MODERN METHODS OF CONNECTION OF ARMATURE

RADKEYVYCH A.V.<sup>1\*</sup>, E.D, prof.,  
NETESA A.M.<sup>2</sup>

<sup>1\*</sup> Department of Building Production and Geodesy, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport of the name of academician V. Lazaryan, Lazaryan street , 2, 49010 Dnipropetrovsk, Ukraine, +38(098) 307 81 44. ORCID 0000-0001-6325-8517

<sup>2</sup> Department of Building Production and Geodesy, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport of the name of academician V. Lazaryan, Lazaryan street , 2, 49010 Dnipropetrovsk, Ukraine, +38(063) 769 25 51, andreynetesa@meta.ua. ORCID 0000-0002-3364-3446

**Annotation. Purpose.** Modern technological receptions foresee editing of armature frameworks with the different methods of connection of armature. The final choice of method of connection of armature takes place mainly on the economic (cost) and structural (reliability and possibility of application) considering. The technologicalness of method of connection of armature practically is not taken into account, however often it results in the increase of terms of building, decline of reliability of building process, dependence on the workers of high qualification and other factors. It is therefore necessary to conduct research in relation to determination of perspective methods of connection of armature from the point of view of technologicalness of building process. **Methods.** Development of sequences of implementation of works for the process of device of vertical bearing constructions of monolithic reinforce-concrete framework with the use of different methods of connection of armature. Development of network charts with distribution of works in relation to a technological sequence and requirement in the use of basic грузоподъемного mechanism (tower faucet). Comparative analysis of technological parameters. **Results.** Conducted comparative analysis of technological parameters for the processes of device of vertical bearing constructions for the different methods of connection of armature. A lap-joint of armature is most rapid and economical from the point of view of labor, but the high cost of armature does not allow widely to use this method in building. Welding of armature the welding of bars is economical, however entails considerable work- and temporal expenses. Connection of armature by means of screw-thread muffs is optimal. This connection requires less трудовозатрат considerably, what welding of bars, at in relation to a subzero cost and high-rate of realization of works. **Scientific novelty.** The worked out sequences of implementation of works of process on erection of vertical bearing constructions of monolithic reinforce-concrete frameworks of building allow to define the most labour intensive operations which lie on the critical way of network chart. The analysis of трудовозатрат and search of rational perfection of such works, including, by the choice of optimal method of connection of armature, will allow to cut down expenses time on erection of vertical bearing constructions and optimize a productive process. **Practical meaningfulness.** The brought analysis over will allow more rationally to go near the choice of optimal method of connection of re-bars at planning and erection of reinforce-concrete framework of building, promote building speed and optimize a building process.

**Keywords:** armature; mechanical connection; screw-thread muffs; network chart; erection; framework; critical way

### Вступ

Статистичним аналізом зведення будівель та споруд в Україні встановлено, що одним з основних конструктивних видів будівельних об'єктів є монолітні каркасні системи.

Однією з найбільш трудомістких технологічних операцій зведення таких будівель, що обумовлюють строки будівництва, є монтаж арматурних каркасів. Сучасні технологічні прийоми передбачають монтаж арматурних каркасів з різними способами з'єднання арматури. Остаточний вибір способу з'єднання арматури відбувається переважно з економічних

(вартість) та конструктивних (надійність та можливість застосування) міркувань. Технологічність способу з'єднання арматури практично не враховується, проте часто це призводить до збільшення термінів будівництва, зниження надійності будівельного процесу, залежності від робітників високої кваліфікації та інших факторів.

**Постановка проблеми.** Традиційно при влаштуванні монолітних залізобетонних каркасів для з'єднання арматури застосовуються 2 способи: з'єднання арматури ванношовним зварюванням та з'єднання внапуск. Після введення в дію нових нормативних документів, які збільшили довжину напуску [1, 2], та підвищення вартості енергоносіїв отримали розповсюдження і інші способи з'єднання арматури, наприклад, з'єднання арматури різьбовими муфтами з циліндричною різьбою [3, 10, 11]. Автори такого з'єднання переконують у високій технологічності у порівнянні з традиційними способами, проте детальних досліджень технологічності практично не проводилися. Отже, необхідно провести детальний аналіз технологічності сучасних видів з'єднань арматури та розробити інноваційну технологію з'єднання арматури.

**Аналіз останніх досліджень та з'ясування невирішених проблем.**

Серед застосованих зараз способів з'єднання арматури існують наступні невирішені проблеми:

1. Не розроблена оптимальна методика вибору раціонального способу з'єднання арматури з урахування технологічних особливостей зведення будівлі. Досі вибір способу з'єднання арматури відбувається з конструктивних та економічних [9] міркувань.

2. Відсутня детальна технологія з'єднання арматури різьбовими муфтами при умові монтажу каркасами. Запропоновані зараз технології з'єднання [4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13] використовуються лише для з'єднання окремими стрижнями, що призводить до збільшення числа стиків, збільшення витрат часу на виконання з'єднань та як наслідок до збільшення вартості.

### Ціль

Визначення перспективних способів з'єднання арматури з точки зору технологічності будівельного.



Рис. 1. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури ванношовним зварюванням. / A network progress chart is from arranging of vertical bearing elements with connection of armature to the welding of bars.

1, 7 – відповідно початкова та кінцева події для арматурного з'єднання. У якості початкової події прийнято досягнення бетоном плити перекриття необхідної міцності, після чого по ній можливе переміщення робітників та устаткування для армування вертикальних конструкцій. У якості

Аналіз існуючих засобів з'єднання арматури при влаштуванні арматурних каркасів вертикальних несучих конструкцій монолітних залізобетонних каркасів будівель.

### Методика

Для виконання поставлених задач була обрана наступна методика:

1. Всі дослідження та виміри проводити на прикладі влаштування арматурного каркасу вертикального несучого елемента наступної конфігурації: висота 6 м; 24 стрижня арматури А400С діаметром 40 мм;

2. Для кожного способу з'єднання арматури розробляється детальна технологія виконання робіт. На її основі створюється сітвовий графік, на якому вказуються послідовності робіт, взаємозв'язки між ними,

прогнозовані витрати часу. Особлива увага приділяється розташуванню робіт по відношенню до технологічної послідовності та необхідності використання вантажопідйомного крану;

3. При порівнянні технологій виконання робіт з армування при різних способах з'єднання розподілу робіт відносно критичного шляху, включаючи фактор необхідності застосування основного вантажопідйомного механізму (баштового крану). Це дозволяє з'ясувати, які саме роботи обумовлюють загальну тривалість зведення каркасу, та визначити шляхи зменшення загальної тривалості робіт. Роботи, які не потребують використання вантажопідйомного крану, можуть виконуватись окремо від основних робіт. Наприклад, виготовлення арматурного каркасу, яке часто виконується на спеціальному арматурному майданчику поряд з каркасом, що зводиться.

4. У підсумку підраховуються сумарні витрати часу та трудомісткість для усіх видів робіт та поєднуються між собою.

### Результати

Були отримані наступні результати:

1. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури ванношовним зварюванням (рис. 1)

кінцевої події обране прийняття армування комісійно зі складанням акту на закриття прихованих робіт.

Починаються роботи з нарізання арматурних стрижнів на необхідну довжину (робота 1-2, рекомендований склад ланки 4 робітника) та виготовлення арматурного каркаса (робота 2-3, рекомендований склад ланки 4 робітника). Ці роботи

виконуються на арматурному майданчику, робітниками-арматурниками. Можливе залучення більшої кількості робітників для прискорення процесу.

Робота 3-4 – подача готового арматурного каркасу до місця установки за допомогою крану. Рекомендовано 2 робітника.

Робота 4-5 – початок зварювання каркасу. Зварювальники виконують неповне з'єднання стрижнів, достатнє для тримання каркасу у проектному положенні без залучення крана (прихватку), 2 робітника.

Робота 5-6 – остаточне зварювання каркасу. Виконується повне зварювання усіх з'єднань. 2 робітника.

Робота 6-7 – контроль якості арматурних з'єднань, кріплення хомутів на місце влаштування з'єднань. Частково виконується арматурниками, частково – залученими спеціалістами з ліцензованої лабораторії.

Роботи 3-4, 4-5 потребують використання вантажопідйомного крану. Ці роботи неможливо прискорити, окрім збільшення числа вантажопідйомних кранів для паралельного виконання робіт.

Роботи 5-6, 6-7 розташовані на критичному шляху, але не потребують вантажопідйомного крану. Проте і їх прискорити складно:

- робота 5-6 виконується зварювальниками високої кваліфікації. Прискорити практично неможливо, тому що робота пов'язана з утворенням жорсткого УФ- випромінювання, використанням токів високої сили, нагрівання металу та розбризуванням розкалених часток металу та шлаків. Використовувати більшу кількість зварювальників складно через відсутність вільного простору для влаштування додаткового робочого місця (більшість арматурних каркасів мають від 8 до 16 поздовжніх стрижнів) та високу складність роботи (зварювання у сталевих скобах-накладках потребує класифікації зварювальників не нижче 6 розряду, а також використання потужних зварювальних апаратів).

- робота 6-7 має у своєму складі контроль якості зварювання із залученням сторонньої організації. Зазвичай такий контроль виконують для великої кількості арматурних стиків (не менше 100-200 шт.), що збільшує тривалість перевірки. Згідно нормативних документів [2], перевіряється мають стики в різних конструктивних елементах. Тривалість перевірки одного стика важко визначити, але вона становить не менше 10-15 хв. Це пов'язане з технічними особливостями виконання перевірки (радіологічне просвічування стика з фотографуванням). Причому робота є потенційно небезпечною, і прискорити її неможливо. А залучення кількох комплексів обладнання та бригад обслуговуючого персоналу не є економічним.

Сумарні показники витрат часу та праці (обчислені витрати праці, люд. год., та витрати часу,

год, з урахуванням обґрунтованої вище кількості робітників) вказані у табл. 1.

Таблиця 1

Витрати часу та праці на влаштування ванношовних з'єднань. / Charges of time and labour are on arranging of the welding of bars.

Розташування робіт	Витрати праці, люд год	Витрати часу, год.
Роботи з підготовки каркасу (роботи 1-2, 2-3)	17	4,25
Роботи на критичному шляху, з використанням крану (роботи 3-4, 4-5)	4,2	2,1
Роботи на критичному шляху, без використання крану (роботи 5-6, 6-7)	>20	>10
Сумарні витрати	>41,2	>16,35

1. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури за допомогою муфт з циліндричним різьбленням (рис. 2).

1, 9 – відповідно початкова та кінцева події для арматурного з'єднання. У якості початкової події прийнято досягнення бетоною плити перекриття необхідної міцності, після чого по ній можливе переміщення робітників та устаткування для армування вертикальних конструкцій. У якості кінцевої події обране прийняття армування комісійно зі складанням акту на закриття прихованих робіт.

Починаються роботи з нарізання арматурних стрижнів на задану довжину за допомогою станка для нарізання арматури (робота 1-2). Нарізання одного стрижня діаметром 40 мм займає близько 20-30 секунд. Можна застосовувати і інші засоби для нарізання арматури, але всі вони повинні забезпечувати перпендикулярність поверхні торця арматурного стрижня до його поздовжньої вісі та чистоту поверхні. Рекомендований склад ланки 4 робітника. Далі на арматурні стрижні накатується різьба (різної довжини, в залежності від майбутнього положення арматурного стрижня). Це робота 2-3. Паралельно до цього процесу відбувається виготовлення арматурного каркасу (робота 2-4). Обидві роботи виконуються ланкою з 4 робітників. Робота 4-5 – підготовка арматурних випусків до монтажу каркасу. На арматурні випуски накручуються муфти для з'єднання арматури. 2 робітника.

Робота 4-6 – подача готового арматурного каркасу до місця установки за допомогою крану. 2 робітника.

Робота 6-7 – початок монтажу арматурного каркасу. Арматурний каркас встановлюється у проектне положення на муфти для з'єднання арматури, які накручені під час виконання роботи 4-5. Закручується близько 40% муфт, причому затяжка ключем до необхідного зусилля на цьому етапі не обов'язкова. 2 робітника

Робота 7-8 – остаточний монтаж каркасу. Всі муфти закручуються на змонтований каркас та

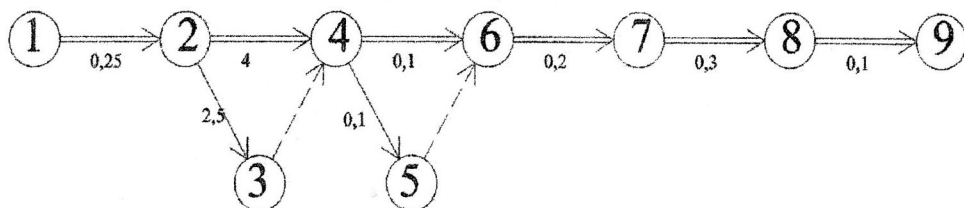


Рис. 2. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури за допомогою муфт з циліндричним різьбленням. / Network progress chart from arranging of vertical bearing elements with connection of armature by means of muffs with a cylindrical screw-thread.

затягуються ключем до проєктного зусилля, встановлюються хомути в зоні виконання з'єднання. 2 робітника.

Робота 8-9 – контроль якості виконання арматурних з'єднань та складання акту на закриття прихованих робіт. За допомогою вимірювальних приладів (рулетка, лінійка) контролюється правильність закручування муфт. 1 робітник.

Для робіт 1-2, 2-3, 2-4 вказана мінімальна кількість робітників з технологічних міркувань. Проте вона може бути збільшена для прискорення процесу виготовлення арматурного каркасу. Роботи виконуються послідовно-паралельним способом (для початку роботи 2-4 не обов'язкове закінчення роботи 2-3 для всіх стрижнів арматури).

Роботи 4-6 та 6-7 знаходяться на критичному шляху і потребують використання вантажопідіймного крану. Роботу 6-7 можна прискорити залученням більшої кількості робітників для більш швидкого закручування муфт. Проте їх кількість не повинна перевищувати  $\frac{1}{4}$  числа арматурних стрижнів.

Робота 7-8 розташована на критичному шляху, але не потребує використання вантажопідіймного крану. Її можна прискорити залученням більшої кількості робітників для більш швидкого закручування муфт. Проте їх кількість не повинна перевищувати  $\frac{1}{4}$  числа арматурних стрижнів.

Сумарні показники витрат часу та праці (обчислені витрати праці, люд. год., та витрати часу, год.

год, з урахуванням обґрунтованої вище кількості робітників) вказані у табл. 2.

Таблиця 2

Витрати часу та праці на влаштування різьбових з'єднань. / Charges of time and labour are on arranging of screw-thread connections

Розташування робіт	Витрати праці, люд. год.	Витрати часу, год.
Роботи по виготовленню арматурного каркасу (1-2, 2-3, 2-4)	22	5*
Роботи на критичному шляху, з використанням крану (роботи 4-6, 6-7)	1	0,5
Роботи на критичному шляху, без використання крану (роботи 7-8, 8-9)	0,7	0,4
Сумарні витрати	23,7	5,9

\* Роботи 1-2, 2-3, 2-4 виконуються послідовно-паралельним методом, тому час на виконання скорочується.

Даний метод дозволяє з'єднувати арматурні каркаси з будь-якою кількістю стрижнів. Довжина стрижнів може складати 9-10 м (тобто армування відбувається одразу на висоту 3 поверхів), що значно скорочує терміни будівництва та його вартість.

2. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури внапуск (рис. 3).

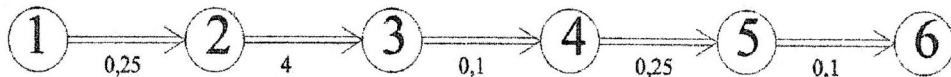


Рис. 3. Сітвовий графік виконання робіт з влаштування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури внапуск. / Network progress chart from arranging of vertical bearing elements with lap-joint of armature.

1, 6 – відповідно початкова та кінцева події для арматурного з'єднання. У якості початкової події прийнято досягнення бетоном плити перекриття необхідної міцності, після чого по ній можливе переміщення робітників та устаткування для армування вертикальних конструкцій. У якості кінцевої події обране прийняття армування комісійно зі складанням акту на закриття прихованих робіт.

Починаються роботи з нарізання арматурних стрижнів на необхідну довжину (робота 1-2) та

виготовлення арматурного каркасу (робота 2-3). Ці роботи виконуються на арматурному майданчику, робітниками-арматурниками. Рекомендований склад ланки 4 робітника. Можливе залучення більшої кількості робітників для прискорення процесу.

Робота 3-4 – подача готового арматурного каркасу до місця установки за допомогою крану. 2 робітника

Робота 4-5 – установка арматурного крану та закріплення арматури прив'язуванням в'язального

проволокою, встановлення хомутів в зоні виконання з'єднання. 2 робітника.

Робота 5-6 – перевірка величини напуску, складання акту на закриття прихованих робіт.

Сумарні показники витрат часу та праці (обчислені витрати праці, люд. год., та витрати часу, год, з урахуванням обгрунтованої вище кількості робітників) вказані у табл. 3

На рис. 4 та 5 показані діаграми порівняння витрат праці та часу відповідно для 3 вказаних способів з'єднання арматури.

Таблиця 3

**Витрати часу та праці на влаштування з'єднань внапуск. / Charges of time and labour on arranging of lap-joint of armature.**

Розташування робіт	Витрати праці, люд. год.	Витрат часу, год.
Роботи по виготовленню арматурного каркасу (1-2, 2-3)	17	4,25
Роботи на критичному шляху, з використанням крану (роботи 3-4, 4-5)	0,7	0,35
Роботи на критичному шляху, без використання крану (робота 5-6)	0,1	0,1
Сумарні витрати	17,8	4,7



Рис. 4. Витрати праці. / Charges of labour.

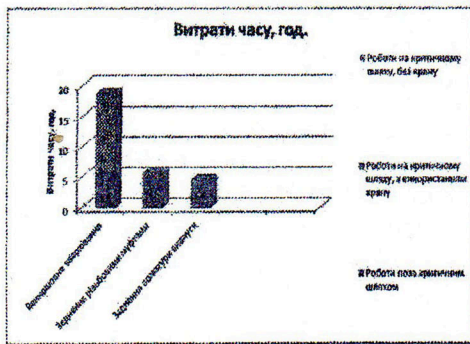


Рис. 5. Витрати часу. / Charges of time.

**Наукова новизна**

Розроблені сітвові графіки виконання робіт процесу зведення вертикальних несучих конструкцій монолітних залізобетонних каркасів будівель дозволяють визначити найбільш трудомісткі роботи,

що лежать на критичному шляху зведення каркасу. Розподілення робіт критичного шляху по потребі застосування вантажопідйомного крану для їх виконання має можливим визначити, які роботи можливо вносити за критичний шлях, а які необхідно прискорювати. Аналіз витрат праці та пошук раціонального вдосконалення таких робіт, в тому числі шляхом вибору оптимального способу з'єднання арматури, дозволить скоротити витрати часу на зведення вертикальних несучих конструкцій та оптимізувати виробничий процес.

**Практична значимість**

Приведений аналіз дозволить більш раціонально підходити до вибору оптимального способу з'єднання арматурних стрижків при проектуванні та зведенні залізобетонного каркасу будівлі. В умовах необхідності скорочення строків будівництва врахування технологічності основних часопотребуючих операцій дозволить суттєво зменшити витрати часу, а як наслідок, і вартість будівництва. Проте необхідні і подальші дослідження у цьому напрямку. Зокрема, порівняння з іншими методами з'єднання арматури, в тому числі і для різних способів армування конструкцій.

**Висновки**

Технологічність способу з'єднання арматури є однією з найбільш важливих характеристик, які необхідно враховувати при виборі способу з'єднання арматури. Правильний вибір дозволить скоротити витрати часу та праці, тим самим заощадити значні кошти на будівництві монолітних залізобетонних будівель.

З'єднання арматури внапуск є найбільш швидким та найменш витратним з точки зору працевитрат, але висока вартість арматури не дозволяє широко використовувати цей спосіб на будівництві. Зварювання арматури ванношовним зварюванням є економічним [10], проте потребує значних витрат праці та часу. Крім того, зварювання арматури заборонено в районах з можливою сейсмічною активністю, а також в конструкціях під впливом динамічних навантажень [1, 2]. Зараз широко проводяться дослідження з можливості застосування зварних з'єднань в сейсмічних районах [15], проте в Україні таке використання заборонене. З'єднання арматури за допомогою різьбових муфт є оптимальним. Воно потребує значно менших працевитрат, ніж ванношовне зварювання, при відносно низькій вартості.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES**

1. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення [Текст] – на заміну СНиП 2.03.01-84\*; введ. 01.06.2011 – К. НДБК, 2009. - 71 с.  
 DBN V.2.6-98:2009 Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii. Osnovni polozhennia.

[State building norms V.2.6-98:2009 Constructions of houses and buildings. Concrete and reinforced-concrete constructions. Substantive provisions J. Kyiv, NDIBK, 2009. 71 p.

[http://www.minregion.gov.ua/attachments/files/bydivnitstv\\_o/tehnichne-regulyvannya/normuvannya/26\\_98\\_2009.pdf](http://www.minregion.gov.ua/attachments/files/bydivnitstv_o/tehnichne-regulyvannya/normuvannya/26_98_2009.pdf)

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.

DSTU B.V.2.6-156:2010. Konstruktsii budynkiv i sporud. Betonni ta zalizobetonni konstruktsii z vazhkoho trokhkomponentnoho betonu. Pravyla proektuvannya [State Standart B.V.2.6-156:2010. Constructions of houses and buildings. Concrete and reinforced-concrete constructions from a heavy three-component concrete. Planning rules] Kyiv, NDIBK, 2011. 118p

<http://dwg.ru/dnl/load/9603>

3. Пат. 115800 Россия, МПК E04C5/16 Муфтовое соединение арматурных стержней и муфта для этого / Конюшевский О.С. (Россия); владелец патента ООО "ДомСтрой" (RU); заявл. 16.08.2011; опубл. 10.05.2012.

Koniusheskyi O.S. Muftovoe soedinenie armaturnykh stержней i mufta dlia etoho [Socketing of re-barss and muff for this purpose] Patent RU, no. 115800, 2012.

<http://poleznayamodel.ru/model/11/115800.html>

5. Пат. 124910 Россия, МПК E04C5/16 Стыковое соединение арматурных стержней / Смоляков Д.Г. (Россия); владелец патента ООО "ГРАД-СТ" (RU); заявл. 15.10.2012; опубл. 20.02.2013.

Smoliakov D.H. Stykovoie soedyneniye armaturnykh stержней [Joint connection of re-barss] Patent RU, no. 124910, 2013.

<http://poleznayamodel.ru/model/12/124910.html>

9. Попова, В.В. Методы обоснования экономической эффективности строительных проектов / В.В. Попова // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д.2012. – Вып. 2. – С. 56-60

Popova, V.V. Metody obosnovaniya ekonomicheskoy effektivnosti stroitelnykh proektov [Methods of ground of economic efficiency of building projects]. Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazaryana [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2012, issue 2, pp. 56-60

<http://diit.edu.ua/article/view/26115>

10. Радкевич А.В. Перспективы применения резьбового соединения арматуры / А.В. Радкевич, А.М. Нетеса // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тез. 74 междунар. науч.-практ. конф. (15.05-16.05.2014) / Мін-во інфраструктури України, Дніпропетр. нац. ун-т ж.-д. трансп. ім. акад. В. Лазаряна – Дніпропетровск. 2014. С. 298-300.

Radkevych A.V. PERSPEKTYVY primeneniya rezbovoho soedineniia armatury [Prospects of application of screw-thread connection of armature] / A.V. Radkevych, A.M. Netesa // Tezisy LXXIV mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii "Problemy i perspektivy razvitiia zheleznodorozhnogo transporta" (15.05-16.05.2014) [Proc. Of the 74<sup>th</sup> Int Scientific and Practical Conf "Problems and prospects of development of railway transport"]. Dnipropetrovsk. 2011, pp. 298-300.

<http://ndch.diit.edu.ua/download.php?fileId=1933&cid=443>

11. Руководство по применению механических соединений BARTEK производства корпорации DEXTRA. [Электронный ресурс] // 15 с. Режим доступа:

<http://evrazmetall.ru/files/upload/pdf/333.pdf> Проверено: 20.04.2015.

Rukovodstvo po primeneniiu mekhanicheskyykh soedinenii BARTEK proizvodstva korporatsii DEXTRA. [Guidance on application of mechanical connections of BARTEK of production of corporation DEXTRA.] Aviable at <http://evrazmetall.ru/files/upload/pdf/333.pdf> (Accessed 20 April 2015).

<http://evrazmetall.ru/files/upload/pdf/333.pdf>

12. Руководство по применению механических соединений LENTON производства корпорации ERICO. Перевод с англ. - 2003. - 15 с.

Rukovodstvo po primeneniiu mekhanicheskikh soedinenii LENTON proizvodstva korporatsii ERICO. [Guidance on application of mechanical connections of LENTON of production of corporation ERICO.] Aviable at <https://erico.com/public/library/Concrete/LT1025.pdf> (Accessed 20 April 2015).

<https://erico.com/public/library/Concrete/LT1025.pdf>

13. Технические условия. Соединения арматуры механические BARTEK производства фирмы DEXTRA. ТУ 4842-192-46854090-2005. - М.: НИИЖБ, 2005 - 19 с.

TU 4842-192-46854090-2005. Soedyneniya armatury mekhanicheskyye BARTEK proizvodstva firmy DEXTRA [Connections of armature are mechanical BARTEK productions of firm of DEXTRA]. Moscow, NIIZB, 2005. 19 p. [dwg.ru/dnl/4438](http://dwg.ru/dnl/4438)

14. Технические условия. Соединения арматуры механические LENTON производства корпорации ERICO. ТУ 4842-196-46854090-2005. - М.: НИИЖБ, 2005. - 28 с.

TU 4842-196-46854090-2005. Soedyneniya armatury mekhanicheskyye LENTON proizvodstva korporatsii ERICO [Connections of armature are mechanical LENTON productions of corporation of ERICO]. Moscow, NIIZB, 2005. 28 p.

<http://dwg.ru/dnl/4447>

15. Antoine N. Gergess. Design implications of increased live loads on continuous precast, prestressed concrete girder bridges / Antoine N. Gergess, Rajan Sen // PCI Journal Spring, 2013, pp 64-79.

[http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI\\_Journal/2013/DOI\\_Articles/JL-13-Spring-10.pdf](http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI_Journal/2013/DOI_Articles/JL-13-Spring-10.pdf)

16. Kiyoji Takeda. Seismic retrofit of reinforced concrete buildings in Japan using external precast, prestressed concrete frames. / Kiyoji Takeda, Kyoya Tanaka, Toshiaki Someya, Asao Sakuda, Yoshiteru Ohno // PCI Journal Summer 2013, pp 41-61.

[http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI\\_Journal/2013/DOI\\_Articles/JL-13-SUMMER-7.pdf](http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI_Journal/2013/DOI_Articles/JL-13-SUMMER-7.pdf)

17. Mario E. Rodriguez. Seismic behavior of a type of welded precast concrete beam-column connection. / Mario E. Rodriguez and Miguel Torres-Matos // PCI Journal Summer 2013, pp 81-94.

[http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI\\_Journal/2013/DOI\\_Articles/JL-13-SUMMER-9.pdf](http://www.pci.org/uploadedFiles/Siteroot/Publications/PCI_Journal/2013/DOI_Articles/JL-13-SUMMER-9.pdf)

*Статья рекомендована до друку д-ром. техн. наук, проф. І.А. Соколовим (Україна), д-ром. техн. наук, проф. Т.С. Кравчуновською.*

Статья поступила в редколлегию 20.04.2015