

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ»



**НЕТЕСА АНДРІЙ МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 693.554.1

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВЕДЕННЯ МОНОЛІТНИХ  
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ КАРКАСІВ БАГАТОПОВЕРХОВИХ БУДІВЕЛЬ**

05.23.08 – технологія та організація промислового  
та цивільного будівництва

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Дніпро – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна Міністерства освіти і науки України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Радкевич Анатолій Валентинович,**  
Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,  
проректор з навчально-наукової, економічної  
роботи, перспективного та інноваційного розвитку.

**Офіційні опоненти:**

доктор технічних наук, професор **Єсипенко Алла Дмитрівна,** Підприємство  
Української академії наук «Науково-дослідний інститут інноваційного  
будівництва», генеральний директор;

доктор технічних наук, професор **Тонкачєв Геннадій Миколайович,**  
Київський національний університет будівництва і архітектури, професор  
кафедри технології будівельного виробництва.

Захист відбудеться 21 березня 2018 р. о 11<sup>00</sup> на засіданні спеціалізованої вченої  
ради Д 08.085.01 при Державному вищому навчальному закладі  
«Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» за адресою:  
49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а, ауд. 202.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Державного вищого  
навчального закладу «Придніпровська державна академія будівництва та  
архітектури» (49600, м. Дніпро, вул. Чернишевського, 24а) та на сайті  
[http://pgasa.dp.ua/science/defense\\_thesis/](http://pgasa.dp.ua/science/defense_thesis/).

Автореферат розісланий 16 лютого 2018 р.

Учений секретар  
спеціалізованої вченої ради



Т.С. Кравчуновська

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Необхідність зведення об'єктів різного функціонального призначення, що вимагають індивідуальних архітектурних і конструктивних рішень, призвела до змін основних тенденцій будівельної галузі України. Зменшилося використання збірного залізобетону, всюди впроваджуються технології монолітного будівництва. Набувають широкого поширення каркасні системи з вільними плануваннями житлових і громадських приміщень.

Необхідно констатувати факт переходу будівельного комплексу України на ринкові відносини, коли велика увага приділяється мінімізації термінів зведення будівель для прискорення повернення інвестицій у будівництво та уникнення ризиків. Разом із цим широко впроваджуються сучасні технології, що підвищують ефективність будівельного процесу. Так, застосування інноваційних опалубних систем, у тому числі і самопідйомних, мінімізує тривалість підготовчих робіт, а також час на монтаж і демонтаж опалубок. Широке розповсюдження бетононасосів, в тому числі і бетоновозів з передвстановленими системами подання бетону, прискорює подання готової бетонної суміші на будь-який поверх до місця укладання, підвищуючи якість готової продукції. Нові ефективні добавки у бетонну суміш забезпечують легкоукладальність, тривале збереження рідкої фази суміші для транспортування і укладання, а після початку процесу тужавіння – швидкий набір міцності. Внаслідок цього терміни витримки вертикальної конструкції в опалубці можуть скорочуватись до 12-16 годин.

Армування конструкцій залишається одним із найбільш трудомістких, а також витратних за часом технологічних будівельних процесів. Незважаючи на винесення основної частини підготовчих робіт на арматурний майданчик, багато операцій виконуються безпосередньо на монтажному горизонті, з використанням основного вантажопідйомального механізму. Крім того, часто робітникам-арматурникам доводиться працювати в умовах безпосередньої близькості від небезпечного перепаду висот, що знижує ефективність та безпеку праці. Складність полягає ще і в тому, що залежно від застосовуваної технології армування, зокрема від виду з'єднання арматури, до 90% арматурних робіт необхідно виконувати на монтажному горизонті при мінімальній механізації праці.

Незважаючи на появу в Україні сучасних механічних способів з'єднання арматури, широко застосовуються традиційні матеріало- і трудомісткі способи. Одна з причин цього – значна інертність проектних організацій, а також підрядних фірм у застосовуваних технологіях. Крім того, відсутня проста науково обґрунтована методика вибору раціонального способу з'єднання арматури для конкретного об'єкту. При цьому переваги і недоліки різних способів, а також різноманітність видів з'єднань ускладнюють аналіз та розрахунок економічної ефективності.

Отже, необхідне комплексне вдосконалення процесу зведення монолітних залізобетонних каркасів будівель. Раціональні рішення мають забезпечувати швидке і ефективне будівництво каркасу, при цьому вибір конкретних

технологій повинен здійснюватися на підставі наявної матеріально-технічної бази; геологічних, сейсмічних і технологічних умов зведення об'єкту. Також повинна зберігатися можливість подальшого вдосконалення технології з'єднання арматури для використання з новими інноваційними матеріалами, а в подальшій перспективі – адаптація для з'єднання збірних елементів заводського виготовлення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грантами.**

Дисертація виконувалась відповідно до Концепції сталого розвитку населених пунктів, затвердженої постановою Верховної Ради України від 24.12.1999 р. № 1359-XIV, Державної цільової соціально-економічної програми будівництва доступного житла на 2010-2017 роки, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 11.11.2009 р. № 1249, Державної програми забезпечення молоді житлом на 2013-2017 роки, затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 24.10.2012 р. № 967.

Наукові дослідження, викладені в дисертації, виконані згідно з напрямком наукової роботи кафедри будівельного виробництва та геодезії Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування і розробка інноваційних організаційно-технологічних рішень влаштування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель.

Для досягнення мети роботи поставлені наступні завдання дослідження:

- аналіз, узагальнення і оцінка стану організаційно-технологічних рішень влаштування монолітних залізобетонних каркасів, визначення шляхів їх удосконалення;
- порівняння традиційних технологій виготовлення і монтажу арматурних каркасів вертикальних несучих конструкцій, визначення найбільш ефективних із них за технологічністю, трудомісткістю і термінами виконання робіт;
- визначення і ранжування чинників, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість та терміни влаштування арматурних каркасів колон і пілонів, а також на вартість виконання робіт;
- розробка методики вибору раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів;
- розробка інноваційної технології армування вертикальних несучих конструкцій та її апробація в умовах діючого будівельного майданчика;
- обґрунтування науково-технічної і економічної доцільності використання запропонованих організаційно-технологічних рішень із удосконалення влаштування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель.

**Об'єкт дослідження** – технологічні процеси влаштування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель.

**Предмет дослідження** – організаційно-технологічні показники влаштування монолітного залізобетонного каркаса багатоповерхових будівель, способи з'єднання арматурних каркасів вертикальних несучих конструкцій.

**Методи дослідження:**

- методи системного аналізу, абстрагування, формалізація, аналіз та синтез (для формування передумов, обмежень, припущень і гіпотез, прийнятих при розробці методів та методик);

- методи експертних оцінок, метод хронометражу (для відбору факторів, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість та терміни влаштування арматурних каркасів колон і пілонів, а також на вартість виконання робіт);

- методи теорії ймовірностей і математичної статистики, кореляційний та регресійний аналіз (для перевірки узгодженості думок експертів; для відбору, обробки і аналізу вихідних даних, виявлення закономірностей впливу визначальних факторів на досліджувані показники, обґрунтування достовірності одержаних результатів);

- методи організаційно-технологічного моделювання, теорія прийняття рішень (для розробки методики вибору раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів монолітних залізобетонних каркасів багатопверхових будівель).

### **Наукова новизна отриманих результатів:**

*вперше:*

- розроблено аналітичну модель ранжування і оцінки факторів, які впливають на вибір раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів;

- розроблено інноваційний організаційно-технологічний процес влаштування монолітних пілонів та колон багатопверхових каркасних будівель зі з'єднанням арматурних каркасів різьбовими муфтами;

- виявлені залежності тривалості і як наслідок трудомісткості процесу влаштування армування колон та пілонів від способів з'єднання арматури;

*вдосконалено:*

- систему організаційно-технологічного моделювання процесу влаштування монолітних пілонів та колон для традиційних та інноваційних способів з'єднання арматури з цілочисельним нормуванням окремих дій при виготовленні арматурних каркасів, їх переміщенні та монтажі;

*дістало подальший розвиток:*

- технологічний процес влаштування вертикальних несучих елементів монолітних каркасів, зокрема процес виготовлення та монтажу арматурних каркасів колон та пілонів.

### **Практичне значення отриманих результатів:**

- запропонована технологія армування каркасами зі з'єднанням арматури різьбовими муфтами дозволяє скоротити тривалість та знизити трудомісткість технологічного процесу, підвищити якість при зменшенні вартості робіт;

- запропонована методика вибору раціонального способу з'єднання арматури надає можливість проектним та підрядним організаціям використовувати результати дисертаційної роботи при формуванні комплектів обладнання, розробці технологічних карт та проектуванні технології зведення будівель;

- результати використані в навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка

В. Лазаряна при викладанні дисциплін: «Зведення будівель і споруд», «Організація будівельного виробництва», «Технологія будівельного виробництва» та при дипломному проектуванні.

**Особистий внесок здобувача** в наукових працях, опублікованих у співавторстві, полягає в наступному:

- аналізі, узагальненні і оцінці стану організаційно-технологічних рішень влаштування монолітних залізобетонних каркасів, визначенні шляхів їх удосконалення, виявленні перспективних напрямків оптимізації процесу армування вертикальних несучих елементів монолітних залізобетонних каркасів [1, 8];

- порівнянні традиційних технологій виготовлення і монтажу арматурних каркасів вертикальних несучих конструкцій, визначенні найбільш ефективних із них за технологічністю, трудомісткістю і термінами виконання робіт [2, 11];

- визначенні і ранжуванні чинників, що здійснюють визначальний вплив на трудомісткість та терміни влаштування арматурних каркасів колон і пілонів, а також на вартість виконання робіт [4];

- розробці методики вибору раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів [5, 6];

- розробці інноваційної технології армування вертикальних несучих конструкцій та її апробації в умовах діючого будівельного майданчика [9, 10, 12];

- обґрунтуванні науково-технічної і економічної доцільності використання запропонованих організаційно-технологічних рішень із удосконалення влаштування монолітних залізобетонних каркасів багатопверхових будівель [9, 13].

**Апробація матеріалів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідалися та одержали позитивні оцінки на міжнародних науково-практичних конференціях: «Нові технології у будівництві» (м. Київ, 2017 р.), «Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту» (м. Дніпро, 2014 р.), «Ефективні технології у будівництві» (м. Київ, 2016-2017 рр.), «Ефективні технологічні рішення у будівництві з використанням бетонів нового покоління» (м. Харків, 2015 р.); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Розвиток будівництва і житлово-комунального господарства в сучасних умовах» (м. Сєверодонецьк, 2017 р.); Міжвузівській науково-практичній конференції молодих учених «Наука і техніка: перспективи ХХІ століття» (м. Дніпро, 2015 р.); розширених засіданнях кафедри будівельного виробництва та геодезії, на наукових семінарах для викладачів, співробітників, аспірантів і студентів Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (2014-2017 рр.).

**Публікації.** Основні положення і результати дисертаційної роботи опубліковані в 13 наукових працях, в тому числі у 7 статтях у наукових фахових виданнях України, з яких 2 – у виданнях, включених до міжнародних наукометричних баз, та 6 тезах доповідей.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та

6 додатків. Загальний обсяг роботи – 175 сторінок, у тому числі обсяг основного тексту – 99 сторінок. Дисертація містить 32 рисунка та 25 таблиць, додатки на 29 сторінках. Список використаних джерел містить 146 найменувань.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дослідження, розкрито сутність науково-прикладного завдання, сформульовано мету і завдання дослідження, наведено наукову новизну отриманих результатів та їх практичне значення, зазначено особистий внесок автора в наукових працях, опублікованих у співавторстві, представлено інформацію щодо апробації матеріалів дисертації та публікацій.

В **першому розділі** виконано аналіз проблем, пов'язаних із процесом улаштування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель, та шляхів їх вирішення.

За результатами статистичного аналізу характеристик збудованих об'єктів на території України встановлено широке застосування монолітних каркасних систем будівель і споруд. Економічність, висока надійність і довговічність, можливість вільних планувань усередині будівлі обумовили широке застосування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових житлових і громадських будівель.

Внаслідок зростання кількості міського населення, а також потреб в офісних та торгових приміщеннях виникла необхідність удосконалення технології зведення монолітних залізобетонних каркасів будівель. В умовах збільшення вартості основних будівельних матеріалів, а також коштів на обслуговування кредитів важливо не тільки забезпечити економічну доцільність та відповідність високому рівню якості будівель і споруд, але і отримати швидкі темпи зведення монолітних каркасів.

У сучасному будівництві в Україні застосовуються різні типи монолітних залізобетонних каркасів. Розповсюджені каркаси з ригельними та безригельними рамами, з поздовжньою, поперечною та комбінованою схемами розташування несучих рам. При цьому основна кількість монолітних залізобетонних каркасів припадає на багатоповерхові громадські будівлі.

З приходом на будівельний ринок України нових індустріальних систем опалубок, а також із появою сучасних засобів бетонування, процес улаштування монолітних каркасів отримав новий етап розвитку. Збірні щитові системи опалубки передбачають збирання з окремих модульних елементів щитів опалубки площею до 50-80 м<sup>2</sup>. Використання таких щитів значно знижує трудомісткість, а також витрати часу на опалубні роботи. Крім того, ефективними є самопідйомні системи опалубок. Внаслідок застосування модульних опалубних систем були розроблені і впроваджені наступні архітектурно-конструктивно-технологічні рішення: монолітні каркаси з колонами перерізом 400x400 мм, пілонами товщиною від 300 до 400 мм при довжині від 600 до 2500 мм, діафрагми жорсткості – монолітні стіни товщиною 200-300 мм. Перекриття при сітці колон до 6x6 м застосовуються безбалочні

завтовшки 200-240 мм або балочні завтовшки 150-200 мм. Найбільше поширення отримали безбалочні, оскільки їх використання спрощує влаштування комунікацій, значно скорочує трудовитрати на монтаж і розбирання опалубки монолітної плити перекриття, збільшує її оборотність.

За кордоном монолітні залізобетонні каркаси мають схожі параметри. Поширено застосування несучої арматури високих класів міцності, наприклад, А800 – А1000, з метою зменшити поперечний переріз несучих елементів нижніх поверхів. Це особливо актуально при поверховості будівлі понад 40-50 поверхів. Проводяться дослідження щодо можливості застосування неметалевої арматури.

Науковим підґрунтям і теоретичною основою виконання дослідження стали наукові праці провідних учених як в Україні, так і за кордоном. Зокрема у працях С.С. Атаєва, А.А. Афанасьєва, А.І. Білоконя, Д.Ф. Гончаренка, А.Д. Єсипенко, О.М. Лівінського розглядаються питання раціоналізації методів монолітного будівництва. Роботи В.І. Большакова, К.Б. Дікарева, О.І. Менейлюка, О.Ф. Осипова, О.М. Пшінька, В.В. Савйовського, М.В. Савицького присвячені науково-методологічним та практичним аспектам розвитку технології виконання робіт у сучасному монолітному будівництві.

На сьогодні актуальним невирішеним завданням залишається з'єднання робочої арматури у вертикальних несучих елементах – колонах і пілонах. Традиційне з'єднання ванношовним зварюванням занадто праце- і матеріаломістке, до того ж не може використовуватися в районах із сейсмічною активністю і при значних динамічних навантаженнях на конструкції. З'єднання внапуск також матеріаломістке через значну величину напуску для арматури великих діаметрів. Крім того, при з'єднанні арматури внапуск виникає ексцентриситет через позавісьову передачу навантаження на арматурні стрижні. Елемент у місці з'єднання значно переармований, до того ж виникає ризик зменшення захисного шару бетону.

Зведення будівель і споруд потоковим методом є найбільш сучасною та прогресивною формою організації будівництва. Суть організації виробництва потоковим методом полягає в тому, що виробництво впродовж тривалого часу здійснюється ритмічно, рівномірним потоком, при якому постійне число робітників, що користуються одними і тими ж засобами виробництва і виконують однорідну роботу систематично, в кожен відрізок часу випускає постійну кількість продукції. При потоковому методі зведення, за можливістю, максимально поєднують виконання робіт у часі на різних захватках, що значно скорочує тривалість будівництва, дозволяє планомірно випускати завершену будівельну продукцію.

Технологія монолітного будівництва включає в себе два суміжних потоки, з яких влаштування монолітних вертикальних несучих конструкцій забезпечує фронт робіт для влаштування горизонтальних несучих конструкцій. При цьому відбувається відставання потоку влаштування перекриттів від потоку влаштування колон та пілонів.

Проблемам потокового будівництва присвячені наукові праці Є.Ю. Антипенка, І.А. Арутюнян, М.С. Буднікова, Т.С. Кравчуновської,



В.Р. Млодецького, І.А. Соколова, Г.М. Тонкачєєва, О.А. Тугая, В.К. Черненко та інших учених.

Важливим завданням залишається підвищення рівня механізації виконання трудомістких операцій. Механізація робочих операцій знижує трудомісткість, а також прискорює виконання робіт. Крім того, винесення трудомістких операцій з основного робочого процесу на підготовчий (наприклад, збирання арматурного каркаса на рівні землі на арматурному майданчику в порівнянні зі збиранням безпосередньо на монтажному горизонті в проектному положенні) зменшує час роботи на основному монтажному горизонті, де можливий вплив небезпечних і шкідливих виробничих чинників на робітників.

Найбільш працевитратними роботами в процесі зведення вертикальних несучих конструкцій залізобетонного каркаса залишаються арматурні роботи. Збільшення поперечного перерізу елементів через застосування вільного планування, а також значна витрата арматури (близько 80-150 кг/м<sup>3</sup>) підвищують масу арматурного каркаса. Внаслідок цього фіксується зростання витрат часу на процес збирання арматурного каркаса і на виконання з'єднань. Традиційно застосовувані способи з'єднання арматури потребують значних трудовитрат, або ж є економічно неефективними. Тому необхідно вдосконалювати технологію армування вертикальних несучих елементів, зокрема з'єднання арматури, для оптимізації процесу влаштування арматурного каркаса. Також раціонально адаптувати технологію для можливості використання сучасної неметалевої арматури.

Наукова гіпотеза роботи полягає у припущенні, що винесення основних трудомістких операцій монтажу арматурних каркасів на етап виготовлення арматурних каркасів із основного монтажного горизонту внаслідок зміни способу з'єднання арматури дозволить суттєво зменшити час роботи основного вантажопідйомного механізму, що призведе до зменшення термінів зведення монолітного залізобетонного каркасу багатоповерхової будівлі.

**У другому розділі** визначені організаційно-технологічні показники при різних способах з'єднання арматури вертикальних несучих елементів та виконано їх компаративний аналіз. Для об'єктивного порівняння витрат праці, часу, матеріалоемності робіт із виготовлення та монтажу арматурних каркасів вертикальних несучих елементів був обраний пілон із наступними характеристиками: довжина 1700 мм, ширина 400 мм, поздовжнє армування – 20 арматурних стрижнів класу А400С (рис. 1). Розрахункова довжина арматурних каркасів для армування таких пілонів складала 6 м. Розглядалися наступні варіанти з'єднання арматури: ванношовне зварювання, з'єднання різьбовими муфтами з циліндричною різьбою, а також з'єднання внапуск.

Для кожного типу з'єднання розраховувались витрати матеріалів, трудомісткість та час на влаштування армування. Також фіксувались всі ці параметри при влаштуванні таких пілонів в реальному часі на реальному будівельному майданчику в м. Дніпро. Всі розрахунки відбувались для діаметрів поздовжньої арматури 25, 32 та 40 мм.

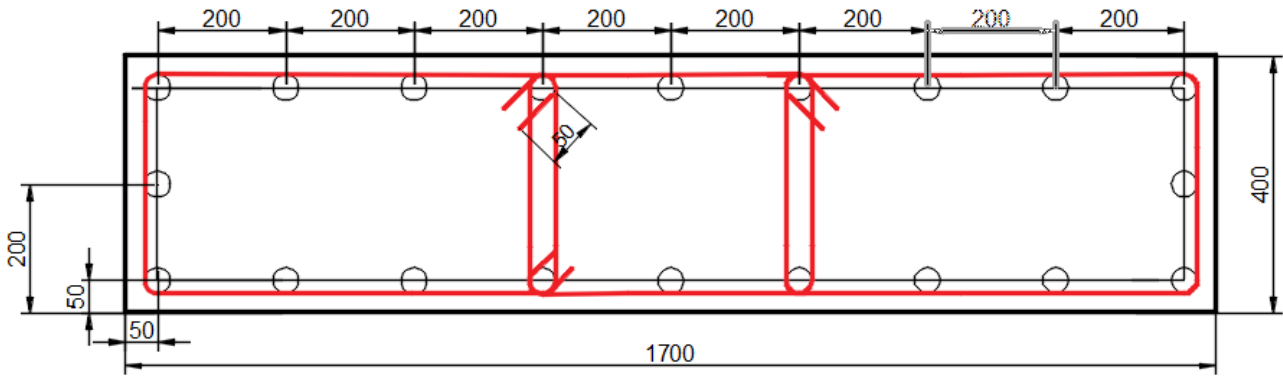


Рис. 1. Армування пілона

За результатами порівняння витрат ресурсів (табл. 1), вартості матеріалів (табл. 2) визначено, що найбільш економічними є з'єднання арматури різьбовими муфтами та ванношовним зварюванням.

Таблиця 1

## Витрати ресурсів на армування вертикального несучого елемента

Тип з'єднання	Діаметр	Витрата ресурсів (I — нормативний, II — на реальному будмайданчику)							
		Арматура, кг		Електроди, кг		Електроенергія, кВт·год		Додаткові елементи (поковки, муфти і т.д.), кг	
		I	II	I	II	I	II	I	II
З'єднання внапуск	25 мм	608	602	4,8	3,7	37,6	37,6	-	-
	32 мм	990	981	7,8	8	57,2	61,8	-	-
	40 мм	1576	1561	12,5	13	85,5	86,4	-	-
З'єднання ванношовним зварюванням	25 мм	530	525	10,2	11,4	49	51,9	5,6	5,6
	32 мм	828	820	17,5	19,7	47	48,9	10	10
	40 мм	1257	1245	29,1	33	140	149,8	16	16
Різьбове з'єднання	25 мм	530	525	4,2	3,7	40,6	41	-	16,4
	32 мм	828	820	6,5	8	60,2	63,2	-	20
	40 мм	1257	1245	9,9	13	88,5	87,6	-	26

Визначити витрати праці та часу складніше. Різні способи з'єднання арматури передбачають розташування трудомістких операцій в різні періоди загального процесу армування. Тому спочатку були складені сітьові графіки для процесу влаштування одного поверху монолітного залізобетонного каркасу багатоповерхової будівлі.

Сітьові графіки розроблялись для ванношовного з'єднання арматури (рис. 2) та різьбового з'єднання муфтами (рис. 3). На кожному сітьовому графіку фіксувався критичний шлях та обчислювались резерви часу. Розрахунки виконувались за допомогою програми NetSchedule v1.0.

## Вартість ресурсів на армування вертикального несучого елементу

Тип з'єднання	Діаметр	Вартість ресурсів, грн. (I — нормативний, II — на реальному будмайданчику)									
		Арматура		Електро-ди		Електро-енергія		Дод. елементи		Сума	
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
З'єднання внапуск	25 мм	5890	5830	79	61	48	50	-	-	6017	5941
	32 мм	9590	9500	129	132	74	77	-	-	9793	9709
	40 мм	15260	15120	207	215	110	117	-	-	15577	15452
З'єднання ванношовним зварюванням	25 мм	5130	5080	169	189	63	69	66	66	5428	5404
	32 мм	8020	7940	290	326	60	62	118	118	8488	8446
	40 мм	12170	12060	482	546	180	184	189	189	13021	12978
Різьбове з'єднання	25 мм	5130	5080	70	61	52	56	-	194	5252	5391
	32 мм	8020	7940	108	132	77	81	-	236	8205	8389
	40 мм	12170	12060	164	215	114	120	-	307	12448	12701

На сіткових графіках прийняті наступні шифри для робіт:

- 1-2 – підготовка арматури плити перекриття;
- 1-3 – установка опалубки плити перекриття;
- 1-7 – виготовлення арматурних каркасів колон і пілонів;
- 3-4 – армування плити перекриття;
- 4-5 – контроль якості установки опалубки і армування плити перекриття;
- 4-6 – бетонування плити перекриття;
- 6-8 – розбирання опалубки плити перекриття;
- 8-9 – установка арматури стін;
- 8-11 – установка арматурних каркасів колон і пілонів;
- 8-10 – контроль якості армування колон і пілонів;
- 9-12 – установка опалубки стін;
- 11-13 – установка опалубки колон і пілонів;
- 13-15 – бетонування колон і пілонів;
- 14-15 – бетонування стін.

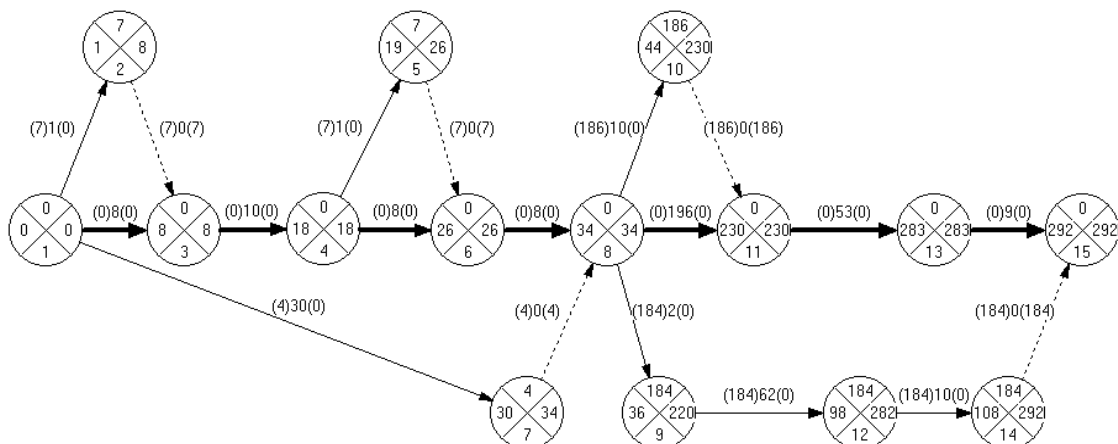


Рис. 2. Сітковий графік при з'єднанні арматури ванношовним зварюванням

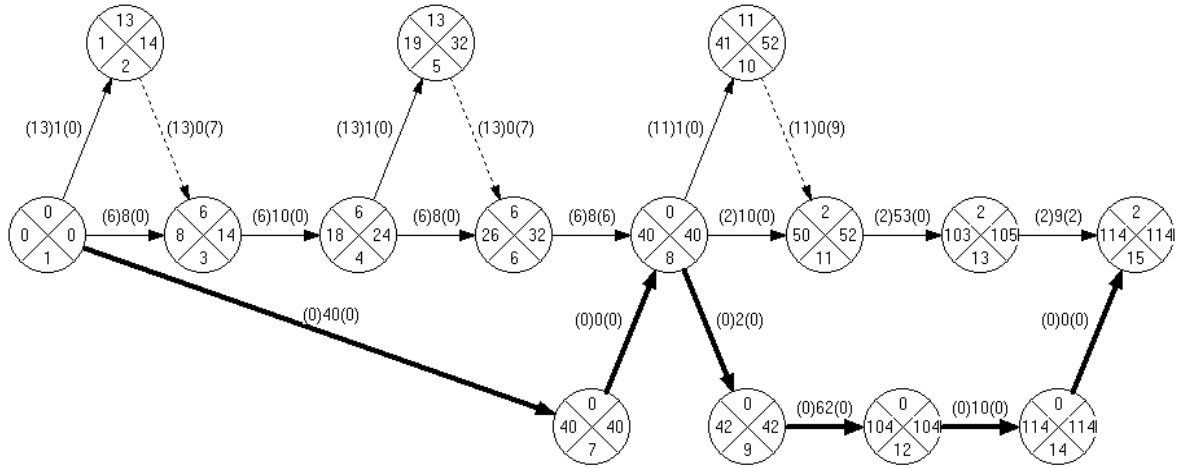


Рис. 3. Сітьовий графік при з'єднанні арматури різьбовими муфтами

Результати аналізу сітьових графіків за часом приведені в табл. 3 та табл. 4 відповідно.

Таблиця 3

**Аналіз сітьового графіку для з'єднання арматури ванношовним зварюванням за часом**

Робота (i, j)	Кількість попередніх робіт	Тривалість $t_{ij}$	Ранні терміни: початок $t_{ij}^{P.H.}$	Ранні терміни: закінчення $t_{ij}^{P.O.}$	Пізні терміни: початок $t_{ij}^{П.Н.}$	Пізні терміни: закінчення $t_{ij}^{П.О.}$	Резерви часу: повний $R_{ij}^П$	Незалежний резерв часу $R_{ij}^H$	Придатний резерв I роду, $R_{ij}^I$	Придатний резерв II роду, $R_{ij}^C$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
(1,2)	0	1	0	1	7	8	7	0	7	0
(1,3)	0	8	0	8	0	8	0	0	0	0
(1,7)	0	30	0	30	4	34	4	0	4	0
(2,3)	1	0	1	1	8	8	7	0	0	7
(3,4)	2	10	8	18	8	18	0	0	0	0
(4,5)	1	1	18	19	25	26	7	0	7	0
(4,6)	1	8	18	26	18	26	0	0	0	0
(5,6)	1	0	19	19	26	26	7	0	0	7
(6,8)	2	8	26	34	26	34	0	0	0	0
(7,8)	1	0	30	30	34	34	4	0	0	4
(8,9)	2	2	34	36	218	220	184	0	184	0
(8,10)	2	10	34	44	220	230	186	0	186	0
(8,11)	2	196	34	230	34	230	0	0	0	0
(9,12)	1	62	36	98	220	282	184	-184	0	0
(10,11)	1	0	44	44	230	230	186	0	0	186
(11,13)	2	53	230	283	230	283	0	0	0	0
(12,14)	1	10	98	108	282	292	184	-184	0	0
(13,15)	1	9	283	292	283	292	0	0	0	0
(14,15)	1	0	108	108	292	292	184	0	0	184

**Аналіз сітьового графіку для з'єднання арматури різьбовими муфтами за часом**

Робота (i, j)	Кількість попередніх робіт	Тривалість $t_{ij}$	Ранні терміни: початок $t_{ij}^{P.H.}$	Ранні терміни: закінчення $t_{ij}^{P.O.}$	Пізні терміни: початок $t_{ij}^{П.Н.}$	Пізні терміни: закінчення $t_{ij}^{П.О.}$	Резерви часу: повний $R_{ij}^П$	Незапланований резерв часу $R_{ij}^H$	Приватний резерв I роду, $R_{ij}^I$	Приватний резерв II роду, $R_{ij}^C$
(1,2)	0	1	0	1	13	14	13	0	13	0
(1,3)	0	8	0	8	6	14	6	0	6	0
(1,7)	0	40	0	40	0	40	0	0	0	0
(2,3)	1	0	1	1	14	14	13	-6	0	7
(3,4)	2	10	8	18	14	24	6	-6	0	0
(4,5)	1	1	18	19	31	32	13	-6	7	0
(4,6)	1	8	18	26	24	32	6	-6	0	0
(5,6)	1	0	19	19	32	32	13	-6	0	7
(6,8)	2	8	26	34	32	40	6	0	0	6
(7,8)	1	0	40	40	40	40	0	0	0	0
(8,9)	2	2	40	42	40	42	0	0	0	0
(8,10)	2	1	40	41	51	52	11	0	11	0
(8,11)	2	10	40	50	42	52	2	0	2	0
(9,12)	1	62	42	104	42	104	0	0	0	0
(10,11)	1	0	41	41	52	52	11	-2	0	9
(11,13)	2	53	50	103	52	105	2	-2	0	0
(12,14)	1	10	104	114	104	114	0	0	0	0
(13,15)	1	9	103	112	105	114	2	0	0	2
(14,15)	1	0	114	114	114	114	0	0	0	0

Також обчислювався коефіцієнт напруженості для кожної роботи як відношення тривалості неспівпадаючих (розташованих між одними і тими ж подіями) відрізків шляху, одним з яких є шлях максимальної тривалості, що проходить через цю роботу, а іншим – критичний шлях. Розрахунок коефіцієнтів напруженості показаний в табл. 5 та табл. 6 відповідно.

Таблиця 5

**Оцінка коефіцієнта напруженості для сітьового графіку при з'єднанні арматури ванношовним зварюванням**

Робота	Шлях	$t_{Lmax}$	Співпадаючі роботи	$t_{Ikp}$	Розрахунок	$K_H$
1	2	3	4	5	6	7
(1,2)	(1,2)(2,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(11,13)(13,15)	285	(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(11,13)(13,15)	284	$(285-284)/(292-284)$	0,13
(1,3)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(1,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(1,7)	(1,7)(7,8)(8,11)(11,13)(13,15)	288	(8,11)(11,13)(13,15)	258	$(288-258)/(292-258)$	0,88
(2,3)	(1,2)(2,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(11,13)(13,15)	285	(3,4)(4,6)(6,8)(8,11)(11,13)(13,15)	284	$(285-284)/(292-284)$	0,13

1	2	3	4	5	6	7
(3,4)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(4,5)	(1,3)(3,4)(4,5)(5,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	285	(1,3)(3,4)(6,8)(8,11) (11,13)(13,15)	284	(285-284)/(292-284)	0,13
(4,6)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(5,6)	(1,3)(3,4)(4,5)(5,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	285	(1,3)(3,4)(6,8)(8,11) (11,13)(13,15)	284	(285-284)/(292-284)	0,13
(6,8)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(7,8)	(1,7)(7,8)(8,11)(11,13)(13,15)	288	(8,11)(11,13)(13,15)	258	(288-258)/(292-258)	0,88
(8,9)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)	34	(108-34)/(292-34)	0,29
(8,10)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,10)(10,11)(11,13)(13,15)	106	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (11,13)(13,15)	96	(106-96)/(292-96)	0,051
(8,11)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(11,13)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(12,14)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9)(9,12)(12,14)(14,15)	108	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)	34	(108-34)/(292-34)	0,29
(13,15)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,11)(11,13)(13,15)	292	-	-
(14,15)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)	34	(108-34)/(292-34)	0,29

Таблиця 6

**Оцінка коефіцієнта напруженості для сітьового графіку при з'єднанні арматури різьбовими муфтами**

Робота	Шлях	$t_{(L_{max})}$	Співпадаючі роботи	$t_{1kp}$	Розрахунок	$K_H$
1	2	3	4	5	6	7
(10,11)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,10) (10,11)(11,13)(13,15)	106	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8) (11,13)(13,15)	96	(106-96)/(292-96)	0,051
(1,2)	(1,2)(2,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,9)(9,12)(12,14)(14,15)	101	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(101-74)/(114-74)	0,68
(1,3)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(108-74)/(114-74)	0,85
(1,7)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-
(2,3)	(1,2)(2,3)(3,4)(4,6)(6,8) (8,9)(9,12)(12,14)(14,15)	101	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(101-74)/(114-74)	0,68
(3,4)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(108-74)/(114-74)	0,85
(4,5)	(1,3)(3,4)(4,5)(5,6)(6,8) (8,9)(9,12)(12,14)(14,15)	101	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(101-74)/(114-74)	0,68

Заверш. табл. 6

1	2	3	4	5	6	7
(4,6)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(108-74)/(114- 74)	0,85
(5,6)	(1,3)(3,4)(4,5)(5,6)(6,8) (8,9)(9,12)(12,14)(14,15)	101	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(101-74)/(114- 74)	0,68
(6,8)	(1,3)(3,4)(4,6)(6,8)(8,9) (9,12)(12,14)(14,15)	108	(8,9)(9,12)(12,14) (14,15)	74	(108-74)/(114- 74)	0,85
(7,8)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-
(8,9)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-
(8,10)	(1,7)(7,8)(8,10)(10,11) (11,13)(13,15)	103	(1,7)(7,8)	40	(103-40)/(114- 40)	0,85
(8,11)	(1,7)(7,8)(8,11)(11,13) (13,15)	112	(1,7)(7,8)	40	(112-40)/(114- 40)	0,97
(9,12)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-
(10,11)	(1,7)(7,8)(8,10)(10,11) (11,13)(13,15)	103	(1,7)(7,8)	40	(103-40)/(114- 40)	0,85
(11,13)	(1,7)(7,8)(8,11)(11,13) (13,15)	112	(1,7)(7,8)	40	(112-40)/(114- 40)	0,97
(12,14)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-
(13,15)	(1,7)(7,8)(8,11)(11,13) (13,15)	112	(1,7)(7,8)	40	(112-40)/(114- 40)	0,97
(14,15)	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	(1,7)(7,8)(8,9)(9,12) (12,14)(14,15)	114	-	-

За результатами аналізу значень коефіцієнтів напруженості встановлено, що практично усі роботи сітьового графіка при з'єднанні арматури різьбовими муфтами знаходяться на критичному шляху, де зменшення ритму виконання роботи призводить до збільшення загальної тривалості робіт. Отже, виконання робіт у такий спосіб раціональніше.

Очевидно, що час виконання робіт на захватці був зменшений внаслідок значного зменшення тривалості роботи 8-11 (монтаж арматурних каркасів) і збільшення тривалості роботи 1-7 (виготовлення арматурних каркасів колон і пілонів). При цьому робота 1-7 може бути прискорена за рахунок збільшення складу ланки арматурників, які виготовляють каркаси.

Далі розглянутий процес влаштування армування для одного пілона. Розроблені технологічні послідовності для різних способів з'єднання арматури. Для коректного визначення термінів влаштування арматурного каркаса виконувалось розділення на 3 періоди: підготовчий (роботи з виготовлення арматурного каркаса поза критичним шляхом основного будівельного процесу), основний (роботи на критичному шляху з використанням основного вантажопідіймального механізму) і завершальний (роботи на критичному шляху без використання основного вантажопідіймального механізму).

Порівняння виконується для каркасів, характеристики яких представлені на рис. 1. Розрахунок виконувався за результатами хронометражу основних робочих операцій на будівельному майданчику. Склади бригад підібрані мінімальні, але враховувалась можливість збільшення чисельності працівників для прискорення виконання окремих операцій. Передбачено використання окремого вантажопідіймального механізму для виконання робіт підготовчого періоду.

Результати порівняння витрат часу та праці за різними способами з'єднання арматури при влаштуванні одного арматурного каркасу представлені на рис. 4 та рис. 5 відповідно.

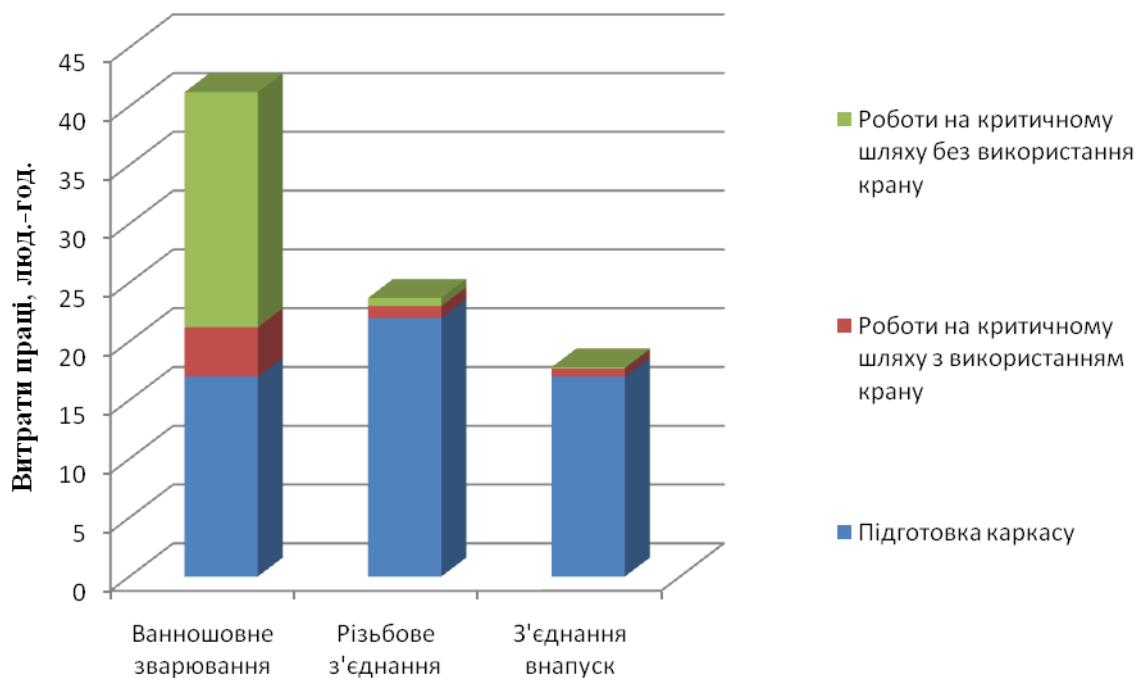


Рис. 4. Сумарні витрати праці для різних способів з'єднання арматури

Очевидне значне зростання витрат праці при виконанні ванношовного з'єднання за рахунок трудомісткого процесу з'єднання арматури на етапі монтажу каркасу. Різьбове з'єднання арматури потребує найдовшого періоду підготовки каркасу, який можна суттєво зменшити за рахунок збільшення числа робітників або шляхом раціоналізації процесу виготовлення арматурного каркасу.

В **третьому розділі** виконано ранжування факторів, які впливають на вибір раціонального способу з'єднання арматури, методом експертного оцінювання. Групі експертів у галузі монолітного будівництва було запропоновано ранжувати фактори шляхом оцінювання ступеня впливу для кожного з них. Для кожного фактора були визначені розмірність та межі зміни параметрів для кращого сприйняття ступеня важливості фактора. Також кожен експерт мав змогу додати будь-який інший фактор на його розсуд до загального списку.



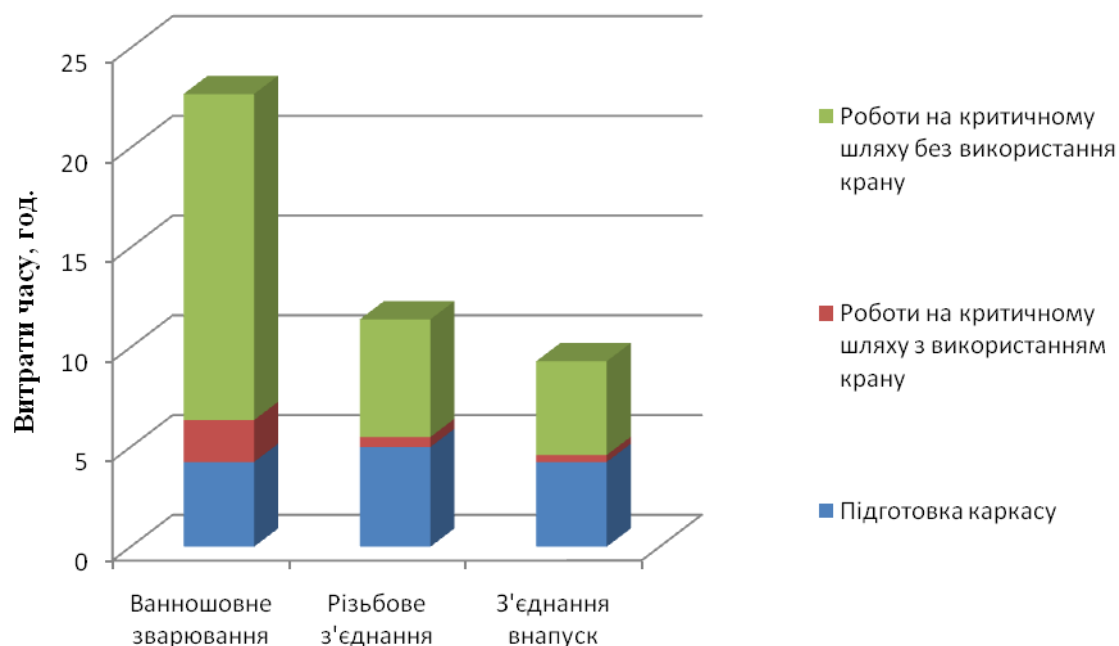


Рис. 5. Сумарні витрати часу для різних способів з'єднання арматури

Отримані фактори ранжувались за методами апріорного ранжування факторів. При цьому був отриманий коефіцієнт конкордації  $W=0,26$  та критерій узгодженості Пірсона  $\chi^2=47,24$ , що свідчить про узгодженість думок експертів між собою. Результати ранжування представлені в табл. 7.

Таблиця 7

**Чинники, що впливають на вибір раціонального способу з'єднання арматури**

№ з/п	Чинники	Розмірність	Межі зміни параметрів	Ранг
1	2	3	4	5
1	Час з'єднання арматурних стрижнів	хв	1-60	0,103
2	Можливість монтажу каркасами	-	так/ні	0,0996
3	Довжина арматурного каркаса	м	3-9	0,0934
4	Час виконання підготовчих операцій (включаючи виготовлення каркаса)	хв	1-20	0,0913
5	Час роботи основного вантажопідіймального механізму	хв	1-30	0,0845
6	Час контролю якості виконання з'єднання	хв	1-10	0,0735
7	Вартість арматурного з'єднання	грн.	60-220	0,0728
8	Вартість контролю якості з'єднання	грн.	6-92	0,0673
9	Виникнення позацентрової передачі навантаження між арматурними стрижнями	-	так/ні	0,0632

1	2	3	4	5
10	Можливість використання термічно зміцненої арматури класів А500 і вище	-	так/ні	0,0598
11	Розряд робіт для виконання з'єднання		3-6	0,0522
12	Необхідність використання риштувань і додаткових вантажопідіймальних механізмів для армування конструкцій	-	так/ні	0,0522
13	Можливість застосування в сейсмічних районах	-	так/ні	0,0508
14	Можливість демонтажу арматурного каркаса і повторного використання сполучних елементів	-	так/ні	0,0364

Наступним етапом досліджень стала побудова імітаційної моделі впливу факторів на вибір раціонального способу з'єднання арматури. Були вибрані перші 6 найбільш впливових факторів. Значення параметрів приймалися шляхом хронометражу основних робочих операцій для способів з'єднання арматури різьбовими муфтами та ванношовним зварюванням. При цьому фактор «Можливість армування каркасами» був виключений з дослідження через однакове значення параметра для всіх способів з'єднання арматури.

Залежність між факторами та результуючими показниками досліджувалась на ПЕОМ за допомогою пакета аналізатора табличного процесора Excel 2010 v. 14.0.7151.5001. В результаті були отримані дані кореляційного та регресійного аналізу (табл. 8, 9, 10, 11, 12). Якісна оцінка показників щільності зв'язку виконана за допомогою шкали Чеддока.

Таблиця 8

**Кореляційна таблиця**

	y	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>	x <sub>5</sub>
y	1					
x <sub>1</sub>	-0,1524	1				
x <sub>2</sub>	0,383955	-0,93836	1			
x <sub>3</sub>	0,825159	-0,67774	0,816842	1		
x <sub>4</sub>	-0,14558	0,999086	-0,93044	-0,67222	1	
x <sub>5</sub>	-0,12822	0,998966	-0,93164	-0,65929	0,999056	1

Таблиця 9

**Регресійний аналіз**

Регресійна статистика	Значення параметру
Множинний R	0,993528293
R-квадрат	0,98709847
Нормований R-квадрат	0,983514711
Стандартна похибка	1,389145377
Спостереження	24

Таблиця 10

**Дисперсійний аналіз**

	df	SS	MS	F	Значимість F
Регресія	5	2657,584952	531,5169904	275,436668	2,40043E-16
Залишок	18	34,73504779	1,929724877		
Сума	23	2692,32			

Таблиця 11

**Значення коефіцієнтів дисперсійного аналізу**

	Коефіцієнти	Стандартна похибка	t-статистика	P-значення	Нижні 95%	Верхні 95%	Нижні 95,0%	Верхні 95,0%
Y-перетин	0,25	7,20	0,03	0,97	-14,87	15,36	-14,87	15,36
x <sub>1</sub>	1,37	2,24	0,61	0,55	-3,34	6,08	-3,34	6,08
x <sub>2</sub>	-0,07	1,00	-0,07	0,95	-2,17	2,04	-2,17	2,04
x <sub>3</sub>	6,01	0,31	19,22	0,00	5,35	6,67	5,35	6,67
x <sub>4</sub>	0,16	16,12	0,01	0,99	-33,71	34,04	-33,71	34,04
x <sub>5</sub>	1,27	5,23	0,24	0,81	-9,72	12,26	-9,72	12,26

Таблиця 12

**Спостережні значення t для кожної з незалежних змінних**

Змінна	Спостережене t-значення
x <sub>1</sub> – кількість арматурних стрижнів, шт.	1,37/2,24=0,61
x <sub>2</sub> – час з'єднання арматурних стрижнів, год	-0,07/1,0=-0,07
x <sub>3</sub> – час виконання підготовчих операцій, год	6,01/0,31=19,39
x <sub>4</sub> – час роботи основного вантажопідіймального механізму, год	0,16/16,12=0,01
x <sub>5</sub> – час контролю якості з'єднань, год	1,27/5,23=0,24

За гіпотезою про статистичну значимість коефіцієнтів регресії коефіцієнти при змінних x<sub>1</sub>, x<sub>3</sub> та x<sub>5</sub> виявились статистично значущими. Змінні x<sub>2</sub> та x<sub>4</sub> не здійснюють суттєвого впливу на критерій оптимізації, тому вони виключаються з рівняння регресії.

Таким чином, отримана наступна імітаційна модель:

$$y(x) = 0,25 + 1,37x_1 + 6,01x_3 + 1,27x_5 \quad (1)$$

Коефіцієнти кореляції:

$$R_{yx_1} = 0,99, R_{yx_2} = 0,82, R_{yx_3} = -0,12. \quad (2)$$

Перевірка рівняння регресії підтвердила адекватність побудованої моделі (коефіцієнт детермінації дорівнює 0,99). Запропонована модель дає можливість виконувати управління факторами, які впливають на результуючий показник.

На основі отриманих результатів створено методику вибору раціонального способу з'єднання арматури. За її допомогою кожен учасник будівельного процесу шляхом використання нескладного алгоритму обирає спосіб, який найбільше підходить для конкретного об'єкту і конкретних умов будівництва.

**Четвертий розділ** містить відомості про впровадження результатів досліджень в умовах діючого будівельного майданчику. Апробація та впровадження виконувались при будівництві багатофункціонального комплексу громадсько-житлового призначення по вул. Сімферопольській, в районі буд. № 2 у м. Дніпро, на етапі зведення II черги будівництва. На першому етапі було придбано обладнання та комплектуючі для підготовки арматури. Через значні затрати та часові показники доставки з'єднувальних муфт в Україну прийнято рішення розпочати власний випуск муфт та витратних комплектуючих до верстатів. Одночасно з розробкою конструкції муфт та випробуванням зразків з'єднань арматури створювалась процедура контролю якості. За результатами випробувань складено технічне завдання на виробництво муфт та отриманий сертифікат відповідності № UA1.190.0070248, який дозволив використання з'єднувальних муфт із циліндричною різьбою в Україні.

Впровадження технології різьбового з'єднання арматури замість ванношовного зварювання (рис. б) відбувалось без затримки основного виробничого процесу. Внаслідок раціональної технології переходу до різьбового способу з'єднання зберігалась можливість повертання до ванношовного зварювання на всіх етапах.

Також виконаний перехід на арматурні каркаси довжиною 9 м (на 3 поверхи) з метою скорочення кількості стиків, зменшення витрат ресурсів та прискорення термінів виконання робіт. Коригування технології виготовлення арматурного каркасу шляхом удосконалення схеми виконання робіт призвело до зменшення частки ручної праці та прискорення процесу виготовлення каркасів із високою точністю позиціонування арматурних стрижнів.

За результатами впровадження технології різьбового з'єднання арматури на II черзі будівництва багатофункціонального комплексу громадсько-житлового призначення у м. Дніпро по вул. Сімферопольській, в районі буд. № 2 скорочення термінів зведення монолітного залізобетонного каркасу склало 3 місяці. При цьому економічний ефект без урахування скорочення термінів зведення каркасу склав 410 тис. грн. за рахунок зменшення вартості влаштування арматурного з'єднання, механізації праці та зниження трудомісткості виконання робіт.

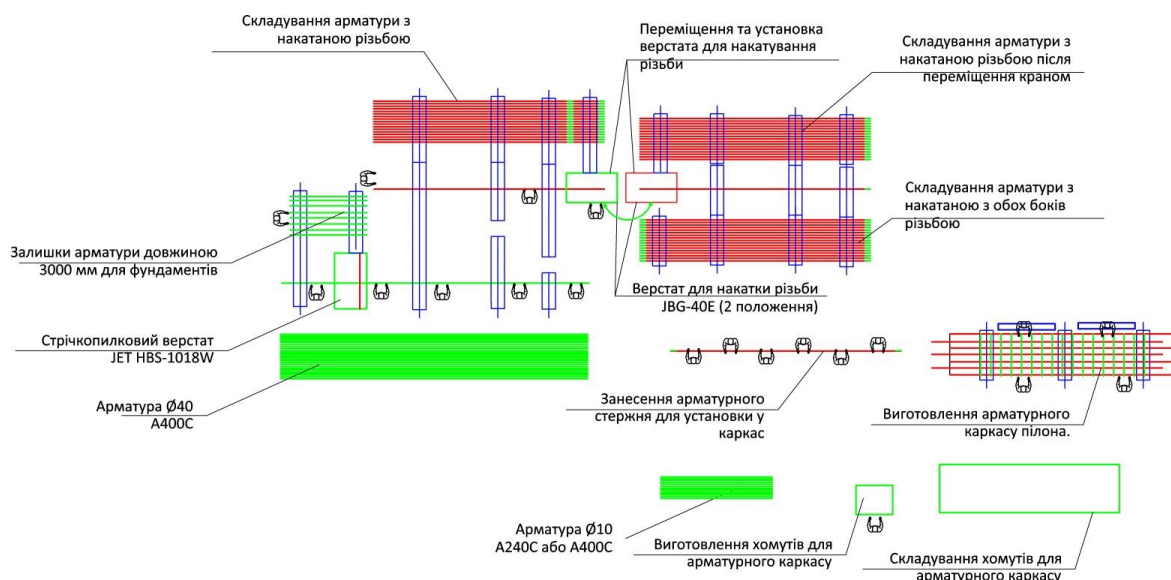


Рис. 6. Загальна схема виконання робіт із виготовлення арматурних каркасів при різьбовому з'єднанні арматури

## ВИСНОВКИ

У дисертації наведено результати теоретичних та експериментальних досліджень, які вирішують науково-практичну задачу підвищення ефективності зведення монолітних каркасних багатоповерхових будівель шляхом удосконалення технології влаштування залізобетонних пілонів та колон із використанням різьбового з'єднання арматурних каркасів муфтами з циліндричною різьбою, що знайшло відображення в наступному:

1. Аналіз існуючих на сьогодні способів з'єднання арматури виявив недоліки їх ефективності. Немеханічні способи потребують значних витрат матеріалів або є трудомісткими. Механічні способи малорозповсюджені в Україні, а також практично не адаптовані для армування колон та пілонів каркасами. Тому необхідно виконати комплексне вдосконалення технології армування вертикальних несучих конструкцій монолітних каркасів багатоповерхових будівель для скорочення термінів будівництва, підвищення економічної ефективності та технологічності.

2. Досліджено трудомісткість та матеріаломісткість традиційних способів з'єднання арматури. Найбільш перспективним є спосіб різьбового з'єднання арматури муфтами з циліндричною різьбою. Проте необхідно адаптувати його для можливості з'єднання арматурних каркасів із метою зменшення термінів робочих операцій, що відбуваються безпосередньо на монтажному горизонті. Аналіз процедури контролю якості існуючих способів показав необхідність удосконалення технологічних операцій для підвищення достовірності отриманих результатів та спрощення процедури.

3. Виявлено фактори, які впливають на вибір раціонального методу з'єднання арматури. Проведено ранжування факторів методом експертного оцінювання за допомогою анкетування спеціалістів в області монолітного будівництва. На основі цього розроблена методика вибору раціонального

способу з'єднання арматури, яка дозволяє шляхом проходження нескладного алгоритму обрати найбільш раціональний метод з'єднання арматури для конкретного об'єкту.

4. Розроблено інноваційну технологічну лінію виготовлення та монтажу арматурних каркасів в умовах будівельного майданчика з різьбовим з'єднанням арматури. Технологію адаптовано для використання в Україні, розпочато випуск з'єднувальних муфт та витратних елементів до верстатів у м. Дніпро. Виконано сертифікацію даної продукції.

5. Впроваджено технологію різьбового з'єднання арматури муфтами з циліндричною різьбою в умовах діючого будівельного майданчика на об'єкті «Багатофункціональний комплекс громадсько-житлового призначення за адресою: м. Дніпро, вул. Сімферопольська, в районі буд. № 2». Перехід від ванношовного зварювання до з'єднання різьбовими муфтами проведено без зупинки основного будівельного процесу. Внаслідок впровадження технології зафіксовано прискорення зведення 23-поверхового монолітного каркасу будівлі на 3 місяці, економічний ефект впровадження склав 410 тис. грн. протягом зведення 2-ї черги будівництва.

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

### *Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації*

1. Radkevych A.V. Application prospects of threaded joint of armature / A.V. Radkevych, A.N. Netesa // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2014. – № 4 (52). – С. 139-147. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

2. Радкевич А.В. Порівняльний аналіз технологічності сучасних способів з'єднання арматури / А.В. Радкевич, А.М. Нетеса // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: Создание высокотехнологических экокомплексов в Украине на основе концепции сбалансированного (устойчивого) развития. – Днепропетровск: ГВУЗ «ЛГАСА», 2015. – Вып. 81. – С. 154-160.

3. Нетеса А.Н. Оптимизация технологического регламента устройства арматурных каркасов колонн и пилонов с механическим соединением арматуры муфтами с цилиндрической резьбой / А.Н. Нетеса // Нові технології в будівництві. – 2016. – № 30. – С. 71-75.

4. Radkevych A.V. Determination and ranging of organizational and technological factors that define the rational decisions of re-bars connection / A.V. Radkevych, A.M. Netesa // Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – 2017. – № 3 (69). – С. 171-181. (Видання включено до міжнародної наукометричної бази *Index Copernicus*).

5. Радкевич А.В. Разработка алгоритма определения рационального способа соединения арматуры вертикальных несущих элементов монолитного

железобетонного каркаса / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Нові технології в будівництві. – 2017. – № 32. – С. 31-35.

6. Радкевич А.В. Аprobация алгоритма выбора рационального способа соединения арматуры вертикальных несущих элементов в условиях гражданского строительства / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Будівельне виробництво. – 2017. – Вип. 63/1. – С. 7-11.

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. – № 8. – С. 57-64.

***Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації***

8. Радкевич А.В. Перспективы применения резьбового соединения арматуры / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: 74 междунар. науч.-практ. конф., 15-16 травня 2014 р.: тез. докл. – Днепропетровск: ДИИТ, 2014. – С. 298-300.

9. Радкевич А.В. Внедрение инновационной технологии соединения арматуры муфтами с цилиндрической резьбой / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса // Эффективные технологические решения в строительстве с использованием бетонов нового поколения: междунар. науч.-практ. конф.: тез. докл. – Харьков: ХНУСА, 2015. – С. 125-130.

10. 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 // Ефективні технології в будівництві: міжнар. наук.-техн. конф.: тез. доп. – Київ: КНУБА, 2016. – С. 61-62.

11. Пути изменения традиционных способов соединения арматурных каркасов вертикальных несущих конструкций монолитных зданий / [Радкевич А.В., Нетеса А.Н., Санин Н.С., Чехут И.А.]. // Ефективні технології в будівництві: II міжнар. наук.-техн. конф., 6-7 квітня 2017 р.: тез. доп. – Київ: КНУБА, Ліра-К, 2017. – С. 139-140.

12. Радкевич А.В. Усовершенствование методов соединения арматурных каркасов колонн и пилонов / А.В. Радкевич, А.Н. Нетеса, Е.К. Ягич // Нові технології в будівництві: VI міжнар. наук.-техн. конф.: тез. доп. – Київ, 2017. – С. 150-151.

***Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації***

13. Расчет экономической эффективности внедрения технологии резьбового соединения арматуры / [Радкевич А.В., Нетеса А.Н., Бубакер С., Насекин А.С.] // Розвиток будівництва та житлово-комунального господарства в сучасних умовах: всеукр. наук.-практ. інтернет-конф.: тез. доп. – Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2017. – С. 38-41.

**АНОТАЦІЯ**

Нетеса А.М. Удосконалення технології зведення монолітних залізобетонних каркасів багатопверхових будівель. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.08 – технологія та організація промислового та цивільного

будівництва. – Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2017.

Основна мета дисертаційної роботи полягає в удосконаленні існуючої технології зведення монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель, зокрема за рахунок впровадження інноваційної технології армування вертикальних несучих елементів зі з'єднанням арматури різьбовими муфтами.

Для досягнення мети роботи: виконані аналіз, узагальнення і оцінка стану організаційно-технологічних рішень влаштування монолітних залізобетонних каркасів, визначення шляхів їх удосконалення; порівняні традиційні технології виготовлення і монтажу арматурних каркасів вертикальних несучих конструкцій. Визначені найбільш ефективні з них за технологічністю, трудомісткістю та термінами виконання робіт. Визначені і ранжовані чинники, які найбільшою мірою впливають на трудомісткість та терміни влаштування арматурних каркасів колон і пілонів, а також на вартість виконання робіт. Розроблена методика вибору раціонального способу з'єднання арматури вертикальних несучих елементів. Розроблена інноваційна технологія армування вертикальних несучих конструкцій, виконана її апробація в умовах діючого будівельного майданчику. Обґрунтовані науково-технічна і економічна ефективність використання запропонованих організаційно-технологічних рішень із удосконалення процесу влаштування монолітних залізобетонних каркасів багатоповерхових будівель.

Ключові слова: раціоналізація, арматура, з'єднання, різьбові муфти, критичний шлях, трудомісткість, терміни зведення каркасу.

## **АННОТАЦІЯ**

Нетеса А.Н. Совершенствование технологии возведения монолитных железобетонных каркасов многоэтажных зданий. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.08 – технология и организация промышленного и гражданского строительства. – Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепр, 2017.

Основная цель диссертационной работы заключается в совершенствовании существующей технологии возведения монолитных железобетонных каркасов многоэтажных зданий, в том числе за счет внедрения инновационной технологии армирования вертикальных несущих элементов с соединением арматуры резьбовыми муфтами. Объектом исследования является технологический процесс устройства монолитного железобетонного каркаса многоэтажных зданий. Предмет исследований – организационно-технологические показатели устройства монолитного железобетонного каркаса многоэтажных зданий, способы соединения арматурных каркасов вертикальных несущих конструкций.

Для достижения цели работы выполнены: анализ, обобщение и оценка состояния организационно-технологических решений устройства монолитных железобетонных каркасов, определение путей их совершенствования; сравнение традиционных технологий изготовления и монтажа арматурных



каркасов вертикальных несущих конструкций. Определены наиболее эффективные из них по технологичности, трудоемкости и срокам выполнения работ. Определены и ранжированы факторы, в наибольшей степени влияющие на трудоемкость и сроки устройства арматурных каркасов колонн и пилонов, а также на стоимость выполнения работ. Разработана методика выбора рационального способа соединения арматуры вертикальных несущих элементов. Разработана инновационная технология армирования вертикальных несущих конструкций, выполнена ее апробация в условиях действующей строительной площадки. Обоснованы научно-техническая и экономическая эффективность использования предложенных организационно-технологических решений по совершенствованию устройства монолитных железобетонных каркасов многоэтажных зданий.

Результаты исследований создают предпосылки и научно-прикладные основы дальнейшего повышения эффективности возведения монолитных каркасных многоэтажных зданий путем совершенствования технологии устройства железобетонных пилонов с применением резьбового соединения арматурных каркасов муфтами с цилиндрической резьбой и могут быть использованы проектными, строительными предприятиями и организациями для снижения затрат на возведение монолитных железобетонных каркасов, повышения скорости выполнения работ и качества продукции.

Апробация и внедрение результатов исследований в условиях действующей строительной площадки выполнялись при строительстве многофункционального комплекса общественно-жилого назначения по ул. Симферопольской, в районе дома № 2 в г. Днепр, на этапе возведения II очереди строительства.

Внедрение технологии резьбового соединения арматуры вместо ванношовной сварки происходило без задержки основного производственного процесса. Вследствие рациональной технологии перехода к резьбовому способу соединения сохранялась возможность возврата к ванношовному свариванию на всех этапах данного внедрения. Также состоялся переход на арматурные каркасы длиной 9 м (на 3 этажа) с целью сокращения количества стыков, уменьшения затрат ресурсов и сокращения сроков выполнения работ. Корректировка технологии изготовления арматурного каркаса путем совершенствования схемы выполнения работ привела к уменьшению доли ручного труда и ускорению процесса изготовления каркасов с высокой точностью позиционирования арматурных стержней.

По результатам внедрения технологии резьбового соединения арматуры при возведении II очереди строительства многофункционального комплекса общественно-жилого назначения в г. Днепр по ул. Симферопольской, в районе дома № 2 сокращение сроков возведения монолитного железобетонного каркаса составило 3 месяца. При этом экономический эффект без учета сокращения сроков возведения каркаса составил 410 тыс. грн.

Ключевые слова: рационализация, арматура, соединения, резьбовые муфты, критический путь, трудоемкость, сроки возведения каркаса.

## SUMMARY

Netesa A.M. Improvement of the technology of building monolithic reinforced concrete frameworks of multistorey buildings. – On the rights of manuscript.

Thesis for the scientific degree of a candidate of technical sciences by specialty 05.23.08 – technology and organization of industrial and civil engineering. - Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Dnipro, 2017.

The main objective of the dissertation work is to improve the existing technology of erection of monolithic reinforced concrete frames of multi-storey buildings, in particular due to the introduction of innovative technology of reinforcement of vertical bearing elements with the connection of reinforcement threaded couplings.

To achieve the goal of work: analysis, generalization and assessment of the state of organizational and technological decisions for the construction of monolithic reinforced concrete frames, determination of ways to improve them. The traditional technologies of fabrication and installation of reinforcing frameworks of vertical bearing structures are compared. The most effective of them are determined in terms of technology, labor intensity and terms of work execution. Identified and ranked factors that have the greatest impact on the complexity and timing of installation of reinforcing frameworks of columns and pylons, as well as on the cost of works. The method of choosing a rational way of connecting the reinforcement of vertical bearing elements is developed. An innovative technology of reinforcing vertical bearing structures has been developed, its testing in the conditions of the existing construction site has been carried out. The scientific, technical and economic efficiency of using proposed organizational and technological decisions on improvement of installation of monolithic reinforced concrete frameworks of multi-storey buildings is substantiated.

Keywords: rationalization, fittings, connections, threaded couplings, critical path, labor intensity, terms of frame construction.