6. FEM 2001. FEM 10.2.02 - The Design of Static Steel Pallet Racking (Racking Design Code). *Federation Europeenne De La Manutention, Birmingham, Great Britain.*
7. RMI 1997. Specification for the Design, Testing, and Utilization of Industrial Steel Storage Racks – 1997 Edition. *Published by the Rack Manufacturers Institute, USA.*
8. Richard M. Drake, Robert J. Walter. Design of structural steel pipe racks. *Engineering journal/Fourth Quarter.* 2010.
9. Arlene M.S. Freitas, Flavio T. Souza, Marcilio S.R. Freitas. Analysis and behaviour of steel storage drive in racks. *Thin-Walled structures.* 48. (2010).
10. Kees Tilburgs. Those peculiar structures in cold formed steel: “racking & shelving”. *Steel construction.* 6 (2013). №2.
11. ГОСТ 11701-84 «Металлы. Методы испытаний на растяжение тонких листов и лент».
12. ГОСТ 1497-84 (ИСО 6892-84) «Металлы. Методы испытаний на растяжение».
13. ГОСТ 28840-90 «Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования».
14. ДСТУ Б В.2.6-210:2016 «Оценка технического состояния эксплуатируемых стальных строительных конструкций».
15. ДБН В.2.6-198:2014 «Стальные конструкции. Нормы проектирования».
16. Басов К.А. ANSYS: Справочник пользователя. – М.: ДМК Пресс, 2005. 640 с.

Солодовник Ю.Ю., Рюміна К.О., Рюмін В.В., Яровий Ю.М. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ТА ЧИСЕЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ СТІЙОК ПАЛЕТНИХ СТЕЛАЖІВ. В статті наведені результати натурних випробувань та чисельного моделювання роботи коротких стійок палетних стелажів. За результатами досліджень зроблено висновок про механізм переходу у граничний стан короткого зразка стійки палетного стелажа. Результати досліджень можуть бути використані для оцінки впливу таких факторів як перфорація та місцева втрата стійкості при стиску короткої стійки.

Ключові слова: короткі стійки, стелажі, несуча здатність, місцева втрата стійкості.

Solodovnik Yu.Yu., Riumina E.A., Riumin V.V. Yarovoj Yu. N. EXPERIMENTAL AND NUMERICAL RESEARCH OF PALLET RACKS STRUTS. In current article results of experimental and numerical research of pallet racks struts are presented. According to carried out tests was made a conclusion about limit state scheme of a pallet rack strut. Results of this work can be used in estimation of influence such factors as perforation and local buckling on bearing capacity of strut.

Key words: struts, racks, bearing capacity, local buckling.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-257-264

УДК 528.2/5

Фоменко Г.Р., Арсеньєва Н.О.; Урдзік С.М., Синовець О.С., Саркісян Г.С.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(вул. Ярослава Мудрого, 25, Харків, 61002, Україна; orcid.org/0000-0001-8789-7575;

orcid.org/0000-0002-6178-2558, orcid.org/0000-0001-6914-1221; orcid.org/0000-0002-3546-066X; orcid.org/0000-0003-2343-4461)

МЕТОДИ ПОБУДОВИ ПЛАНОВИХ ОПОРНИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ

Планові опорні геодезичні мережі є базисом для винесення проектів будівництва у натуру, виконання спеціальних інженерно-геодезичних робіт, спостережень за небезпечними природними і техногенними процесами, забезпечення будівництва та експлуатації об'єктів. В статті розглянуто основні методи побудови планових опорних геодезичних мереж: триангуляції, трилатерації, полігонометрії, лінійно-кутовий та супутниковий. Приведені загальні характеристики, переваги та недоліки кожного з методів.

Ключові слова: геодезична мережа, триангуляція, трилатерація, полігонометрія, лінійно-кутові мережі, супутниковий метод, точність вимірювання.

Вступ. Питанням точності геодезичних вимірювань, розвитку містобудування, розробці нових проектів будівництва присвячено багато вітчизняних [1, 2, 3] та зарубіжних [4, 5] публікацій. В свою чергу, для розв'язання цих питань, інженер - будівельник спирається на знання про планові опорні геодезичні мережі.

Найпоширенішими методами побудови планових опорних геодезичних мереж на сьогоднішній день є: триангуляції, трилатерації і полігонометрії, а також поєднання цих способів. Вони відносяться до традиційних методів побудови планових опорних інженерно-геодезичних мереж. Деякі з цих методів, як, наприклад, триангуляція сьогодні менш поширені, тоді як полігонометрія, навпаки, в зв'язку з широким впровадженням електронного геодезичного обладнання, застосовуються все частіше, а в поєднанні із супутниковими методами в даний час складають основу методів і схем побудови і згущення інженерно-геодезичних мереж [6].

Точність планово-висотного положення, щільність і умови закріплення пунктів геодезичної основи повинні задовольняти вимогам виробництва великомасштабних топографічних зйомок, в тому числі для розробки проектної і робочої документації підприємств, споруд, цивільних об'єктів. Крім того, точність мереж повинна бути достатньою для винесення проектів у натуру, виконання спеціальних інженерно-геодезичних робіт, спостережень за небезпечними природними і техногенними процесами, забезпечення будівництва та експлуатації об'єктів.

Технічні вимоги до побудови геодезичної основи традиційними способами в Україні регламентуються відповідними нормативними документами України [7-9].

Виклад основного матеріалу. Для інженерних цілей переважно розвиваються мережі 4 класу, 1 та іноді 2 розрядів, а на територіях великих міст можуть будуватися мережі 2 і 3 класів з великими довжинами сторін і більш точними вимірами. Клас мережі визначається площею ділянки вишукувань. Так, якщо площа ділянки становить від 25 до 50 км² і від 10 до 25 км², то планова опорна геодезична

мережа розвивається побудовами 4 класу, 1 і 2 розрядів. Висотні опорні мережі для випадку великих площ будуються нівелюванням III і IV класів; для менших площ нівелюванням IV класу.

Якщо площа ділянки вишукувань знаходиться в межах від 5 до 10 км², то планова основа створюється побудовами 1-го і іноді для цілей внутрішньо кварталних зйомок 2-го розрядів; висотна основа - нівелюванням IV класу. Для площ менше 1 км² опорні мережі не передбачені, а тільки знімальні мережі. Знімальні мережі будуються теодолітними ходами або триангуляцією замість теодолітних ходів. Висоти знімальних мереж визначаються технічним нівелюванням незалежно від площі зйомок [6, 14].

У табл. 1. наведені характеристики точності класів побудови інженерно-геодезичної основи способами триангуляції, полігонометрії, трилатерації і лінійно-кутовими побудовами.

Таблиця 1 – Характеристики точності класів побудови інженерно-геодезичних мереж [6]

Планова опорна геодезична мережа, знімальна мережа	Середня квадратична похибка вимірювання кутів, с	Гранична похибка лінійних вимірювань
4 клас	3 (2)	1 : 25 000
1-й розряд	5	1 : 10 000
2-й розряд	10	1 : 5 000

Висотна прив'язка центрів пунктів опорної геодезичної мережі повинна проводитися нівелюванням III і IV класів або технічним нівелюванням, для яких граничні похибки визначення перевищень на станції відповідно дорівнюють 2,6; 5,0 і 10,0 мм.

Триангуляція. Триангуляцією називають побудовані на місцевості фігури з трикутників, в яких виміряні всі кути і одна або, для цілей контролю, дві з боків. Вершини трикутників закріплюють підземними центрами і позначають наземними знаками - сигналами і пірамідами. В таких трикутниках за формулами тригонометрії легко знаходяться відсутні величини, що

дозволяє обчислювати координати вершин трикутників [6].

Тріангуляційні мережі використовуються в якості основи для топографічних зйомок, для проведення розбивочних робіт, а також для спостережень за деформаціями будівель і споруд. Залежно від призначення геодезичної мережі, розмірів і форми об'єкта досліджень або будівництва форма тріангуляційних побудов, розміри сторін і точність вимірювань в тріангуляційних мережах можуть істотно різнитися.

На рисунку 2 наведені деякі типові схеми найпростіших тріангуляційних побудов. Виміряні сторони, базиси, позначені літерою b . В якості вихідних базисів і пунктів можуть бути використані сторони мереж більш високого класу (рис. 2 б, в).

а) ланцюжок трикутників

б) геодезичний чотирикутник

в) центральна система

Рис. 1. Типові схеми тріангуляційних побудов

Відмінною особливістю тріангуляційних побудов є мінімальний обсяг лінійних вимірювань, що було вагомим аргументом на користь тріангуляції за часів, коли електронні засоби вимірювання відстаней ще не були відомі.

Метод трилатерації. Метод трилатерації, як і тріангуляція передбачає побудову на місцевості геодезичних мереж з трикутних фігур у вигляді ланцюжків трикутників, геодезичних чотирикутників і центральних систем, в яких вимірюються не кути, а довжини сторін. Мережі трилатерації створюються для вирішення низки інженерно-геодезичних і спеціальних завдань і будуються у вигляді вільних мереж, що складаються з окремих типових фігур і їх комбінацій, або у вигляді суцільних мереж трикутників [10].

Базовою фігурою мережі трилатерації є трикутник з вимірюваннями сторонами a , b і c (рис. 2).

Довжини сторін у фігурах трилатерації вимірюються електронними тахеометрами і світлодальномірами, а в мережах, що створюються в якості розбивочної основи при будівництві споруд, сторони вимірюються компарірованою рулеткою в 30 або 50 метрів.

Рис. 2. Трикутник трилатерації.

Необхідні нормативні вимоги до проектування мережі трилатерації 4 класу також вибираються з відповідних нормативних документів. Все, що стосується тріангуляції, відноситься і до мережі трилатерації з урахуванням особливостей її побудови. У таблиці 2 наводяться основні вимоги до побудови інженерно-геодезичних мереж способом трилатерації.

Кут α у трикутнику трилатерації (рис. 2) може бути обчислений через тригонометричні функції $\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}$ або $\cos \alpha$ за формулами [5]:

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{bc}{p(p-a)}} - 1 \quad (1)$$

$$\cos \alpha = \frac{2p(p-a)}{bc} - 1 \quad (2)$$

$$p = \frac{a+b+c}{2} \quad (3)$$

Таблиця 2 – Основні вимоги до мереж трилатерації [6]

Показник	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Довжина сторони трикутника, км.	1 – 5	0,5 – 5	0,25 – 3
Відносна середня квадратична похибка сторони	1/100 000	1/50 000	1/20 000
Найменше значення кута трикутника, град.	20	20	20
Кількість сторін між вихідними сторонами, вихідним пунктом та вихідною стороною, не більше	10	10	10
Кількість прийомів вимірювань довжин сторін електронно-оптичним далекоміром	3	2	1

Для лінійно протяжних об'єктів мережу трилатерації створюють із ланцюжка трикутників або чотирикутників. Оцінка проекту мережі трилатерації може бути виконана як на комп'ютері, при наявності відповідної програми, так і за допомогою наближених формул для оцінки точності типових побудов. У будь-якому випадку виникає необхідність у визначенні абсолютної помилки вимірювання сторони мережі. Для мереж 4 класу відносна середня квадратична помилка вимірювання сторони повинна бути не більше 1:100000. Отже, абсолютна помилка для різних довжин сторін буде різною. Через це необхідно заздалегідь визначити рекомендований електронно-оптичним далекоміром або електронний тахеометр, що

забезпечує цю точність на мінімальних довжинах проєктованих ліній.

Одним з недоліків витягнутого ряду ланцюжка трикутників з вимірюваними сторонами є значне перевищення поперечного зсуву кінцевих точок ряду по відношенню до поздовжнього.

Недоліком мереж трилатерації з трикутників також є відсутність польового контролю якості вимірювань для кожної фігури. Відомо, що сума обчислених кутів трикутника завжди буде дорівнює 180° при будь-яких помилках вимірювання сторін, навіть при грубих промахах. У зв'язку з цим на практиці замість фігур з трикутників будують мережі з геодезичних чотирикутників.

Метод полігонометрії. Полігонометрію називають побудований на місцевості багатокутник, замкнутий або розімкнутий, в якому виміряні всі довжини сторін і горизонтальні кути при вершинах. Вершини такого багатокутника закріплюються на місцевості спеціальними підземними знаками [13].

Інженерно-геодезичні мережі з полігонометричних побудов сьогодні є найбільш поширеним способом створення опорних планових мереж, що обумовлено широким впровадженням в геодезичне виробництво електронних тахеометрів і світлодальномірів.

Розрізняють розімкнуті витягнуті та ламані полігонометричні ходи, які спираються на вихідні пункти і сторони з відомими дирекційний кутами.

Залежно від площі об'єкта, його форми, забезпеченості вихідними пунктами полігонометрія проєктується у вигляді одиночних ходів, системи ходів з вузловими точками або у вигляді замкнутих полігонів.

У практиці інженерно-геодезичних робіт найбільше застосування знайшли полігонометричні мережі з ходів 4 класу, 1 і 2 розрядів [6, 13].

Полігонометрія будується в вигляді різних систем з вузловими точками або поодинокими ходами для вирішення різноманітних завдань при виробництві вишукувальних робіт та розбивках споруд.

У полігонометричній мережі слід передбачити мінімальне число порядків, обмежуючись, як правило, полігонометрії 4-го класу і 1-го розряду [13].

Вихідними даними для полігонометричних мереж слугують пункти побудов

більш високого класу. Залежно від вибору вихідних даних мережа може розглядатися як вільна або невольна.

У таблиці 3 наведені основні характеристики побудови опорних мереж методом полігонометрії.

Таблиця 3 – Характеристики побудови опорних мереж методом полігонометрії [6].

Показник	4 клас	1-й розряд	2-й розряд
Гранична довжина окремого ходу при вимірюванні ліній електронними тахеометрами, км (n – число сторін)	8 при $n = 30$ 12 при $n = 15$ 20 при $n = 6$	10 при $n = 50$ 15 при $n = 25$ 25 при $n = 10$	6 при $n = 30$ 10 при $n = 10$ 14 при $n = 6$
Граничні довжини сторін	Не встановлюється		
Середня квадратична похибка вимірювань кута по нев'язках в ходах, с, не більше	3	5	10
Кутова нев'язка в ходах або полігонах, с, не більше	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Гранична відносна похибка хода	1:25 000	1:10 000	1:5 000
Кількість прийомів вимірювань кута теодолітом 3Т2КП	6	3	2
Периметр полігона, утвореного ходами у вільній мережі, км	Не більше 30	Не більше 15	Не більше 9

Лінійно-кутові мережі. Лінійно-кутові мережі визначаються як побудовані на місцевості, що примикають один до одного геометричні фігури з трикутників, чотирикутників і центральних систем, в яких виміряні всі сторони і всі кути, або частина кутів і всі сторони, або ряд сторін і всі кути. Зазвичай, вершини фігур закріплюються на місцевості підземними центрами і позначаються зовнішніми знаками.

При побудові інженерно-геодезичних розбивочних мереж істотними є не тільки високі вимоги до точності планового положення пунктів, але і до рівномірного розподілу помилок по мережі. У цьому світлі описані раніше способи

побудови розбивочних мереж мають деякі специфічні недоліки [6, 14].

Головним недоліком триангуляції є різке падіння точності визначення довжин сторін при збільшенні відстані між базисом і стороною яка визначається, особливо при різко нерівносторонній формі трикутників, що часто зустрічається в інженерно-геодезичних мережах. Основний недолік трилатерації полягає в тому, що якщо форма трикутників значно відрізняється від рівносторонньої, то кути, обчислені по виміряним сторонам, мають істотну нерівноточність.

Лінійно-кутові мережі позбавлені цих недоліків і є найбільш точними геодезичними побудовами на місцевості, які

містять в собі переваги як триангуляції, так і трилатерації. Лінійно-кутова мережа в 1,3 - 1,5 рази точніше триангуляції і трилатерації. У такій мережі точність її елементів практично не залежить від форми трикутників, істотно зменшується залежність між поздовжнім і поперечним зміщеннями, забезпечується досить жорсткий контроль кутових і лінійних вимірювань.

Вид і конфігурація інженерно-геодезичних планових мереж залежать від форми і розмірів території міста або селища, будівельного майданчика або об'єкта будівництва.

Для лінійно-кутової мережі геометричні параметри, схема побудови, вимоги до точності вимірювання кутів аналогічні мережі триангуляції 4-го класу. Вимоги до точності вимірювання довжин сторін можуть бути прийняті, як в трилатерації. Так само, як і для трилатерації, оцінка проекту лінійно-кутової мережі може бути виконана двома способами: на комп'ютері із застосуванням існуючих програм по обробці інженерно-геодезичних вимірювань або за наближеним формулами [6, 14].

Супутниковий метод. Супутникові методи відносяться до покоління нових вимірювальних систем. Спосіб побудови та реконструкції опорних інженерно-геодезичних мереж, заснований на супутникових технологіях, сьогодні є найбільш затребуваним і поширеним [11].

Перехід топографо-геодезичного виробництва на автономні методи супутникових координатних визначень забезпечує найбільш раціональне та ефективне практичне визначення координат і висот пунктів земної поверхні на всій території країни з точностями, необхідними для вирішення максимально широкого кола науково-технічних і виробничих завдань.

При забезпеченні зйомок масштабу 1:10000 супутникова технологія може бути застосована для розвитку знімального обґрунтування (планово - висотної прив'язки розпізнавальних знаків). При зйомках масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 і 1:500 (великомасштабних зйомках) ця технологія може бути застосована як для розвитку знімального обґрунтування, так і

для зйомки ситуації і рельєфу з висотами перерізу рельєфу 5,0; 2,5; 2,0; 1,0; 0,5 м.

Головною особливістю робіт з побудови та реконструкції регіональних, міських (локальних або місцевих) геодезичних мереж є необхідність збереження системи координат, в якій раніше були виконані великомасштабні зйомки території регіону (1:500 - 1:2000), і одночасно з цим забезпечення високої однорідної точності геодезичної мережі, що будується для вирішення інших завдань.

Структурна схема побудови опорних мереж супутниковими методами включає в себе наступні етапи [11]:

1. Створення одного або декількох вихідних пунктів;
2. Створення і супутникові вимірювання на пунктах каркасної мережі;
3. Згущення супутникової мережі, супутникові вимірювання на пунктах міської (регіональної) геодезичної мережі, в тому числі на існуючих пунктах раніше створеної геодезичної мережі для зв'язку з традиційною мережею;
4. Обробка результатів вимірювань спільно з раніше виконаними плановими і висотними мережами.

Опорна регіональна або міська супутникова геодезична мережа призначена для забезпечення практичних завдань [11]:

- топографічної зйомки та оновлення планів міста всіх масштабів;
- землеустрою, межування, інвентаризації земель;
- топографо - геодезичних вишукувань на міській території;
- інженерно-геодезичної підготовки об'єктів будівництва;
- геодезичного вивчення локальних геодинамічних природних і техногенних явищ на території міста;
- навігації наземного і частково повітряного, водного транспорту.

Висока точність міських геодезичних мереж досягається застосуванням обґрунтованих оптимальних методів супутникових спостережень і відповідних методів їх обробки, а також за рахунок використання оптимальної геометрії розташування пунктів, їх рівномірної щільності і

максимально можливого суміщення старої і нової геодезичних мереж [12].

Таблиця 4 – Характеристики регіональної (міської) супутникової мережі [6].

Тип мережі	Точність визначення координат, мм	Відносна похибка визначення ліній	Значення середньої похибки взаємного положення пунктів, мм
Вихідний пункт	10 – 20	1:1 000 000	-
Каркасна мережа	10 – 20	1:500 000	15
Супутникова міська геодезична мережа	10 – 20	1:150 000	20

Висновки. Найсучаснішим, на сьогоднішній день є супутниковий метод побудови планових опорних геодезичних мереж, хоча інші методи не втратили своєї актуальності і є своєрідним фундаментом для розвитку нових методів. На теперішній час, існує велика необхідність збереження системи координат, в якій раніше були виконані великомасштабні зйомки, тому знання таких методів побудови планових опорних геодезичних мереж, як триангуляції, трилатерації і полігонометрії не втратили свого вагомого значення у розвитку сучасної геодезії.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Божинський Н.І., Ніколаєва І.В. Містобудування США 1900-1930 рр. *Науковий вісник будівництва*. 2017. т. 87. №1. с.89.
2. Панкєєва А.М. Дослідження формування харківської агломерації. *Науковий вісник будівництва*, 2018. т. 92. №2. с.108.
3. Герасимов А.П., Назаров В.Г. Местные системы координат. М.: ООО «Проект», 2010. 64 с.
4. Hofmann-Wellenhof B., Morit H. Physical Geodesy. Wien, New York, 2005. 403 p.
5. Galda M., Kujawski E., Przewlocki S. Geodezja I miernictwo budowlane Warszawa – Wrocław, 2000. 402 p.

6. Авакян В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ. М. Инфра-инженерия. 2016. 588 с.
7. Постанова КМУ від 7 серпня 2013 р. № 646 Деякі питання реалізації частини першої статті 12 Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність».
8. Закон України «Про топографо-геодезичну та картографічну діяльність». [Електронний ресурс]. Редакція від 13.01.2010 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1344-99-п/ed20120217-14.03.2019> р.
9. Геодезичні роботи у будівництві: ДБН В.1.3-2:2010. [Чинний від 01.09.2010 р.] К.: Мінрегіонбуд України. 2010. 55 с. (Державні Будівельні Норми).
10. Зайцев А.К. Трилатерация. М.: Недра, 1989. 216 с.
11. Антонович К.М. Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии. М.: ФГУП «КАРТГЕО-ЦЕНТР», Т. 1, 2. 2006. 360 с.
12. Ворошилов А.П. Спутниковые системы и электронные тахеометры в обеспечении строительных работ: Учебное пособие. Челябинск: АКСВЕЛЛ, 2007. 163 с.
13. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Городская полигонометрия (уравнивание и основы проектирования). М.: Недра, 1979. 278 с.
14. Авакян В.В. Прикладная геодезия: технологии инженерно-геодезических работ. М.: «Амалданик», 2012. 330 с.

Фоменко Г.Р., Арсеньєва Н.А., Урдзик С.Н., Сыновец О.С., Саркисян Г.С. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ПЛАНОВЫХ ОПОРНЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. Плановые опорные геодезические сети являются базисом для вынесения проектов строительства в натуру, геодезических работ, наблюдений за опасными природными и техногенными процессами, обеспечения строительства и эксплуатации объектов. В статье рассмотрены основные методы построения плановых опорных геодезических сетей: триангуляции, трилатерации, полигонометрии, линейно-угловой и спутниковый. Приведены общие характеристики, преимущества и недостатки каждого из методов.

Ключевые слова: геодезическая сеть, триангуляция, трилатерация, полигонометрия, линейно-угловые сети, спутниковый метод, точность измерений.

Fomenko G.R., Arsenieva N.O., Urdzik S.M., Synovets O.S., Sarkisian H.S. METHODS OF BUILDING PLANNED SUPPORT GEODESIC NETWORKS. Planned basic geodetic networks are the basis for making construction projects in nature, performing special engineering and geodetic works, observing hazardous natural and man-made processes, ensuring the construction and operation of facilities. The article discusses the main methods for constructing planned

reference geodetic networks: triangulation, trilateration, polygonometry, linear-angle and satellite. The general characteristics, advantages and disadvantages of each method are given.

Keywords: geodetic network, triangulation, trilateration, polygonometry, linear angular networks, satellite method, accuracy of measurements.

DOI: 10.29295/2311-7257-2019-96-2-264-269

УДК 624.012

Яровий С.М.

*Харківський національний університет будівництва і архітектури
(вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002. Україна; e-mail: psp.nauka@gmail.com)*

Слободянюк С.О., Титюк А.О.

*Придніпровська державна академія будівництва і архітектури
(вул. Чернишевського, 24, м. Дніпро, 49600. Україна; e-mail: psp.nauka@gmail.com)*

ФІЗИКО - СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ МЕТАЛЕВИХ ДИМОВИХ І ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ ТРУБ ТА ЇХ НЕСУЧИХ ВЕЖ

Останнім часом проблеми надійності металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж набули особливого значення у зв'язку з великою кількістю аварій на промислових підприємствах України та за кордоном. Крім того, велика кількість металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж виробили проектний ресурс, істотно змінився режим їх роботи і навантаження, з'явилася безліч дефектів і пошкоджень. Все це вимагає аналізу надійності і залишкового ресурсу металевих димових труб і несучих веж. Розрахунок залишкового ресурсу повинен проводитися на основі даних про технічний стан конструкцій, і проводиться з урахуванням існуючих дефектів і пошкоджень, фактичних характеристик матеріалів, роботи. На основі інформації про зміну параметрів технічного стану димових труб і несучих веж розроблена методика визначення залишкового ресурсу. В результаті дослідження одержані формули, що враховують залишкові напруження при приварці накладок на основі підсумування зварювальних та зовнішніх напружень з урахуванням концентраторів напружень. Одержані результати дають можливість більш точно враховувати зварювальні напруження при підсиленні труб з тріщинами та підвищувати надійність димових труб під час експлуатації.

Ключові слова: металеві димові і вентиляційні труби, несучі вежі, надійність, довговічність, залишковий ресурс.

В основу фізико-статистичного методу оцінки надійності і довговічності конструкцій металевих димових і вентиляційних труб та їх несучих веж покладено такі передумови:

1) У відповідності з дійсністю враховується розвиток деградаційних процесів в матеріалах конструкцій при несприятливому впливі середовища, тобто розрахунок конструкцій, що взаємодіють з середовищем, виконується з урахуванням

кінетики розвитку процесів деградації матеріалів.

2) Вплив середовища оцінюється за критерієм впливу на функціональні властивості несучих конструкцій.

3) Фактор часу вводиться в розрахунок в явному вигляді: регламентується термін служби конструкцій або при заданих параметрах визначається довговічність конструкцій.

4) Розглядається надійність конструкції тільки за внутрішніми властивостями