

ТРУБОБЕТОННІ НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ ОДНОПОВЕРХОВИХ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Викладено основи проектування трубобетонних конструкцій одноповерхових промислових будівель. Наведено типи сучасних трубобетонних конструкцій, що застосовуються в будівництві. Розкрито сутність трубобетонних конструкцій.

Ключові слова: трубобетонні конструкції, одноповерхові виробничі будівлі.

Вступ. Трубобетонні конструкції являють собою металеву оболонку (трубу), заповнену бетоном. Таке поєднання є одним із не багатьох прикладів, коли бетон і сталь взаємно та суттєво підвищують несучу здатність один одного й усього елемента в цілому. У трубобетонних конструкціях ефективно використовуються специфічні властивості застосовуваних матеріалів, що приводить до значної економії матеріалів та зменшення маси, а також витрат на транспорт.

Металева труба-оболонка в трубобетоні виконує одночасно функції як поздовжнього, так і поперечного армування. Вона сприймає зусилля по всіх напрямках та під будь-яким кутом. Бічний тиск труби перешкоджає інтенсивному розвитку мікротріщин розриву в бетонному ядрі, яке в умовах усебічного обтиснення витримує напруження, що значно перевищують призову міцність.

Трубобетонні конструкції дуже надійні в експлуатації. У граничному стані вони не втрачають несучу здатність миттєво, як залізобетонні, а тривалий час можуть витримувати навантаження, зазнаючи значних деформацій.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Сталезалізобетонні конструкції нині знайшли широке застосування в зарубіжному будівництві. Наприклад, у сучасному будівництві Німеччини сталезалізобетонні та трубобетонні конструкції, які об'єднуються одним загальним терміном «сталобетонні конструкції» (Verbundstützen), здобули широке розповсюдження. Елементи сталобетонних конструкцій виконуються із зовнішнім або внутрішнім армуванням прокатними профілями, мають прямокутну чи круглу форму поперечного перерізу й обов'язково з бетонним заповненням. Вони можуть бути додатково армовані стрижневою арматурою.

На сьогодні в нашій країні накопичено значний досвід із дослідження та впровадження трубобетонних конструкцій. Побудовані несучі конструкції різноманітних будівель і споруд із застосуванням трубобетону, такі як колони, ригелі, ферми. Існує багато наукових публікацій у цій галузі [1, 2, 5, 6].

Створення ефективних сталезалізобетонних конструкцій стало можливим завдяки прогресу будівельної механіки, розвитку числових методів розрахунку, розширенню можливостей обчислювальної техніки та програмного забезпечення, розрахунку складних комбінованих конструкцій з урахуванням дійсних властивостей матеріалів при їх сумісній роботі. Усе це дозволило розробити методи розрахунків, що враховують реальні умови роботи сталезалізобетонних конструкцій.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. При проектуванні будівель і споруд вибирають конструктивні рішення, виходячи із техніко-економічних показників та застосування ефективних матеріалів із максимальним зниженням матеріало-, трудомісткості й вартості будівництва.

Мета полягає в експериментальному дослідженні трубобетонних зразків наскрізних конструкцій і наведенні основних типів сучасних трубобетонних конструкцій, що застосовуються у будівництві.

Основний матеріал і результати. Проектуючи будівлі й споруди, конструктивні рішення вибирають, виходячи з техніко-економічних показників застосування їх для

конкретних умов та максимального зниження матеріало-, трудомісткості й вартості будівництва. Цього, як правило, досягають, застосовуючи ефективні матеріали, повністю використовуючи їх фізико-механічні властивості, що сприяє зменшенню маси конструкції.

Ці недоліки відсутні в конструкціях із трубобетону, в яких роль арматури виконують сталеві труби. У трубобетонних конструкціях ефективно використовуються специфічні властивості сталі й бетону. При відносно невеликому поперечному перерізі такі конструкції витримують значні навантаження. Це дозволяє отримати значну економію матеріалів та, як наслідок, зниження ваги конструкцій і транспортних витрат. Порівняно із залізобетонними трубобетонні конструкції є більш індустріальними при виготовленні й монтажі [3]. Вони досить легкі та транспортабельні, не піддаються механічним пошкодженням. Під час їх виготовлення не застосовують опалубку, арматурні каркаси і закладні деталі.

Розміри трубобетонних конструкцій варто призначати з урахуванням вимог стандартизації, модульності й уніфікації. Необхідно, щоб кількість застосовуваних до однієї конструкції лінійних розмірів (діаметри, товщина стінок труб) була мінімальною, а окремі її елементи були укрупнені настільки, наскільки дозволяє вантажопідйомність монтажних механізмів, габарити, а також умови виготовлення й транспортування.

При проектуванні будівель і споруд із несучими трубобетонними конструкціями повинні застосовуватися чіткі конструктивні схеми, що забезпечують необхідну міцність, загальну стійкість, а також просторову незмінюваність будівлі або споруди. Міцність та стійкість трубобетонних конструкцій має забезпечуватися як в умовах експлуатації, так і при транспортуванні й монтажі [4].

Позацентрово стиснені колони (постійного чи змінного по висоті перерізу) найбільш доцільні в каркасах одноповерхових виробничих будівель із крановим навантаженням (рис. 1). Перерізи підкранової частини східчастих колон бувають суцільними й решітчастими, причому колони зовнішніх рядів у виробничих будівлях можуть бути несиметричними, а середніх – симетричними. Висота перерізу підкранової частини визначається стандартними прольотами кранових мостів.

Стрижні позацентрово стиснених колон розраховують так само, як і для сталевих конструкцій. У наскрізних колонах підбір перерізів та розрахунок окремих гілок здійснюється за наведеними до сталі формулами для центрально і позацентрово стиснених елементів. Суцільні колони допускається розраховувати як позацентрово стиснені сталеві (при цьому переріз приводиться до сталі). При визначенні наведеного поперечного перерізу та моменту інерції враховується коефіцієнт ефективності роботи бетону в трубі.

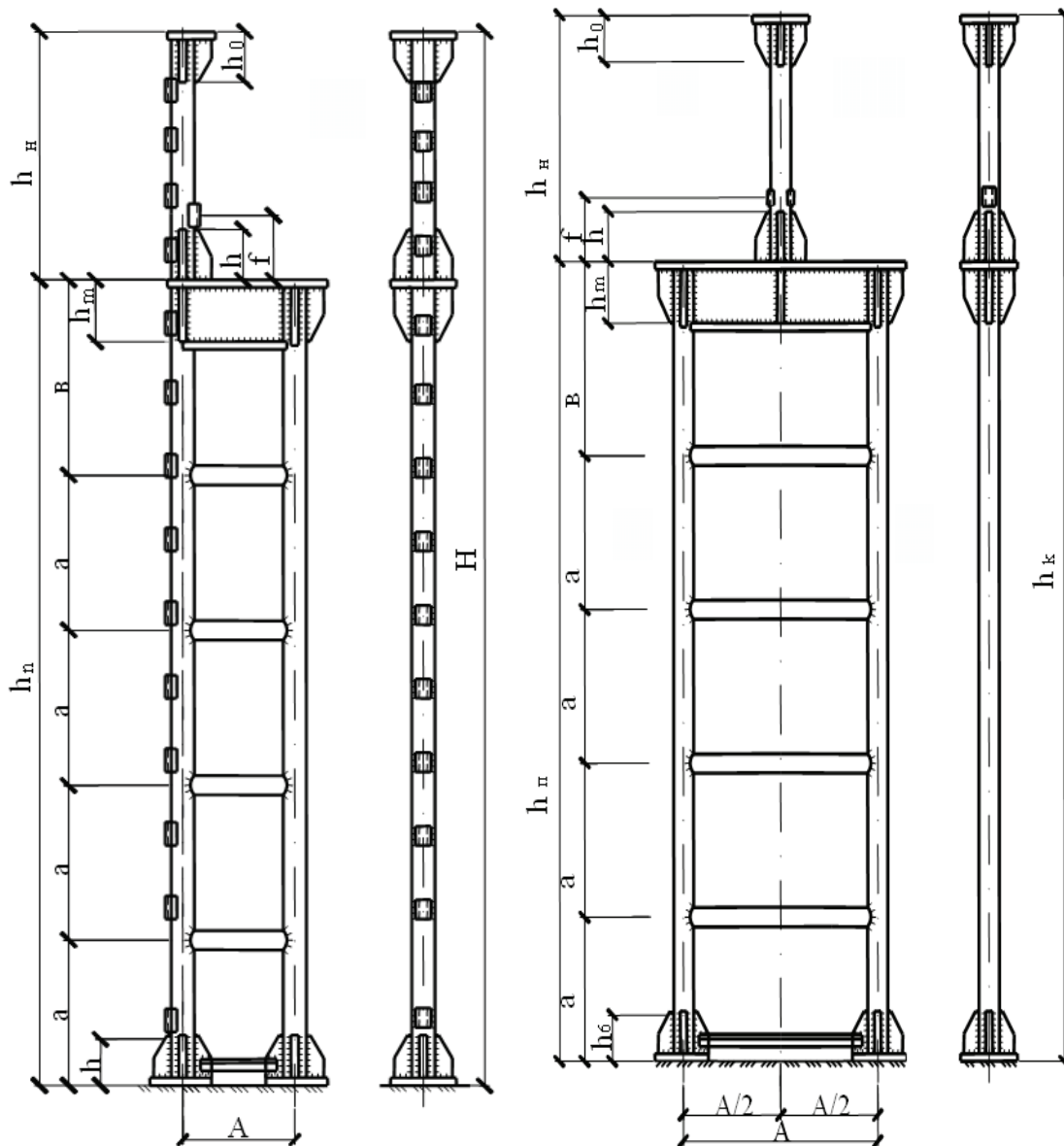
У сталевих фермах трубобетонними доцільно робити стиснені елементи, особливо ті, в яких виникають більші зусилля (верхні пояси, опорні розкоси). Особливо ефективні трубобетонні елементи великопролітних ферм (рис. 2), розрахунок яких виконується так само, як і сталевих. Перерізи стиснутих трубобетонних елементів підбираються за формулами для розрахунку центрально стиснених елементів, а центрально розтягнутих – за формулами для центрально розтягнутих сталевих труб (без урахування роботи бетону).

З'єднання елементів у вузлах може бути різним: безпосереднє або за допомогою фасонки. Вузли розраховуються, як у сталевих фермах.

Монтажні стики трубобетонних поясів ферм можна влаштовувати на фланцях. Вузли обпирання ферм із трубобетонними елементами вирішуються так само, як і зі сталевими. При цьому можуть застосовуватися фланцеві з'єднання. Для обпирання плит на трубобетонний пояс приварюють опорні площадки.

З'єднання елементів між собою по висоті найбільш раціонально здійснюється за допомогою електрозварювання, при цьому найпростішим є стик, при влаштуванні якого окремі елементи бетонувались у рівень із трубами й бетон ретельно зарівнювався, а після його твердіння елементи зварювались встик дуговим електрозварюванням («сухий» стик). Зварювання окремих елементів відбувається після досягнення в бетоні міцності 40÷50% від проектною без яких-небудь додаткових закладних деталей або замонолічування. В окремих випадках може застосовуватися більш герметичний стик, при влаштуванні якого в торцях елемента в процесі бетонування залишається порожнина, ін'єктована розчином

після зварювання через спеціально залишені отвори («мокрий» стик). Цей стик менш надійний у роботі, тому що важко одержати міцність ін'єктованого розчину, яка дорівнювала б міцності основного бетону, і складний у виготовленні.



**Рисунок 1 – Наскрізні труобетонні колони:
а) крайня колона; б) середня колона**

Були проведені експериментальні дослідження двох партій наскрізних конструкцій, кожна з яких включала серію трубчастих та серію труобетонних зразків, по три зразки-близнюки в кожній серії. На рис. 3 і 4 показані схеми зразків першої та другої партій. Як видно з рис. 3 і 4, зразки ФТК-10 і ФТБК-10 являють собою замкнену плоску конструкцію ромбічної форми. Зразок має чотири вузли, два з яких (примикання розкосів до патрубків) виконані в заводських умовах, тобто в труобетонних зразках обварені до бетонування, а два інших обварюються після бетонування і є монтажними стиками. Примикання розкосів до патрубків та поясу виконано під кутом 45° . Зразки ФТК-20 і ФТБК-20 являють собою плоску ферму з паралельними поясами прольотом 3000 мм. Для серії труобетонних зразків цієї партії (тип ФТБК-20) усі стиснуті елементи, розкоси і верхній пояс заповнені бетоном. Примикання крайніх розкосів до нижнього поясу виконано безпосереднім спряженням під кутом 60° монтажним стиком (обварювання після бетонування), а всі інші вузли виконані через фасонки, ребра та заглушки на трубах.

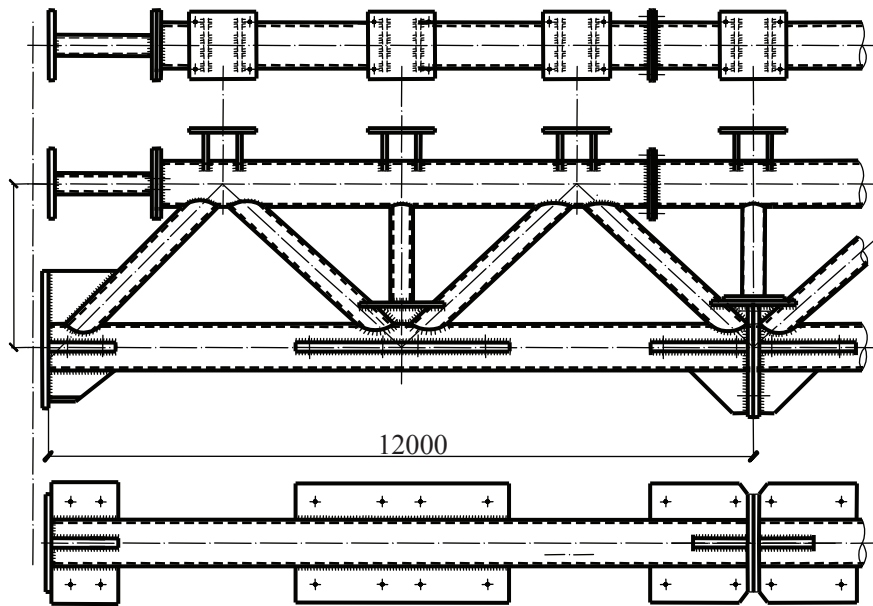


Рисунок 2 – Кроковья труботетонна ферма прольотом 24 м

За результатами вимірювань деформацій побудовані графіки залежності відносних деформацій від навантаження. Із рис. 4 та 5 випливає, що відносні деформації стиснутих розкосів у зразках ФТК-10 (зразки з порожніх труб) при однакових навантаженнях значно перевищують відносні деформації труботетонних елементів у зразках партії ФТБК-10. Аналогічні результати отримані для зразків серій ФТК-20 та ФТБК-20, де величина відносної деформації крайніх розкосів трубчастого зразка (партія ФТК-20) більша, ніж відносної деформації відповідних елементів труботетонного зразка при рівних навантаженнях у $1,8 \div 2$ рази.

Результати вимірювань деформацій підтвердили припущення про значну нерівномірність розподілу напружень у межах одного перерізу. Ця нерівномірність особливо виражена в перетинах біля вузлів. Як видно з рис. 4, навіть у стиснутих елементах в окремих волокнах виникли напруження розтягу. Це ще раз підтверджує, що оболонка та ядро в труботетонних конструкціях працюють сумісно. Як для трубчастих, так і для труботетонних зразків нерівномірність розподілу напружень свідчить про наявність згинальних моментів, особливо у вузлах. Кількісну сторону цього явища можна охарактеризувати відношенням максимальної величини напружень до середнього її значення для цього перерізу

$$\alpha = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma}$$

Це відношення для кожного перерізу наведено на рис. 3, 4 і названо коефіцієнтом нерівномірності напружень. Коефіцієнти α_k для середніх перетинів розкосів вимірюються в межах від 1,1 до 1,5 та зростають поблизу вузлів. Необхідно відмітити, що цей коефіцієнт у труботетонних зразках дещо нижчий, ніж у трубчастих. Для середніх перетинів ця різниця складає 8 – 10%.

Із проведених досліджень можна зробити висновок, що при розрахунку труботетонних ферм необхідно враховувати вузлові моменти і самі стрижні розраховувати як позацентрово стиснені.

Таким чином, вважатимемо доведеним, що із труботетонних елементів можна збирати за допомогою зварювання міцні решітчасті елементи – ферми. Ферми з труботетонних стрижнів мають у 2 – 3 рази більшу несучу здатність, ніж ферми з порожніх труб того ж профілю.

Висновки. При використанні труботетонних елементів в одноповерхових виробничих будівлях виникає ряд додаткових питань порівняно з проектуванням залізобетонних чи металевих конструкцій. Такими питаннями є і стійкість окремих елементів конструкції, і конструювання з'єднань елементів.

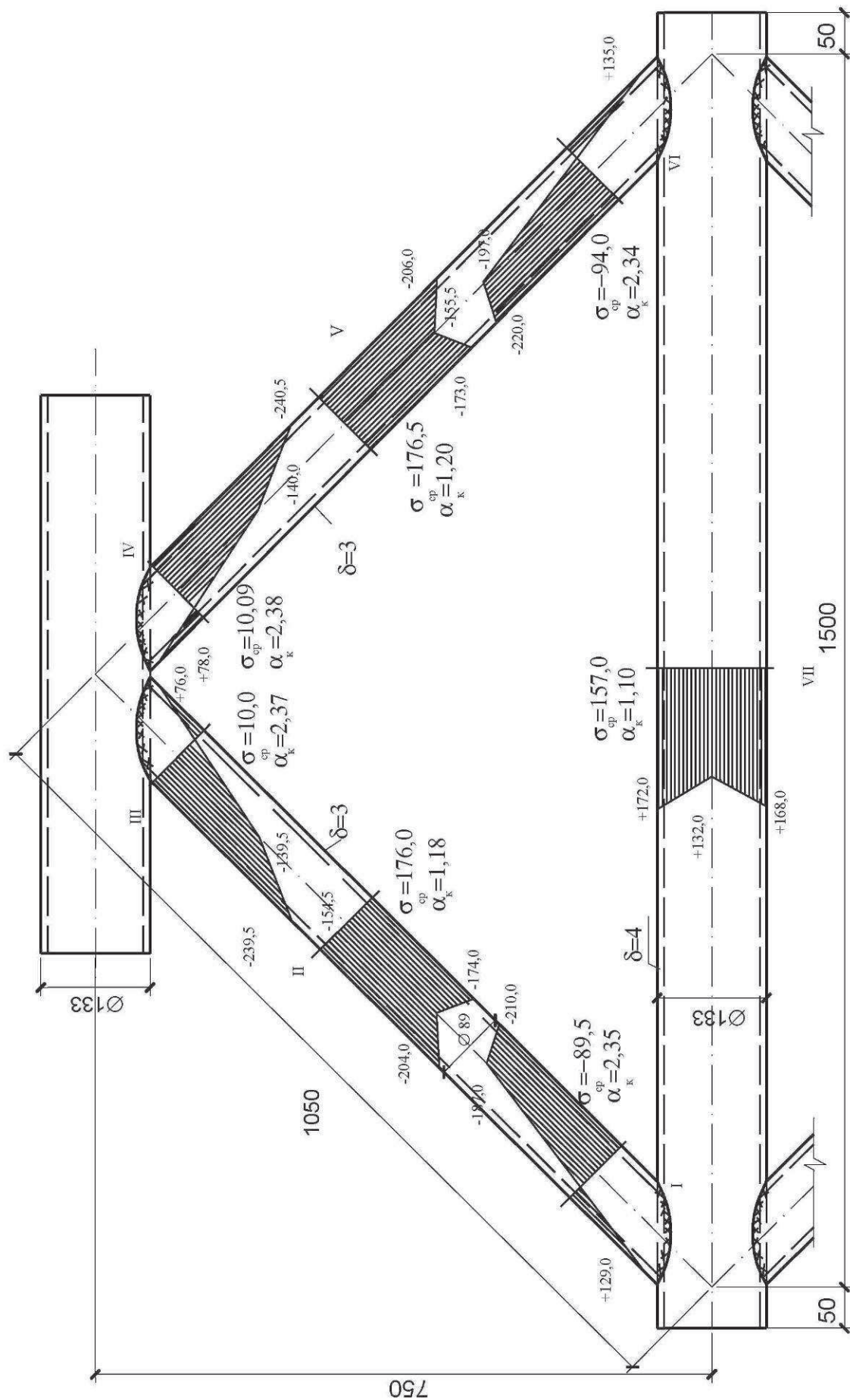


Рисунок 3 – Епюри напружень у перетинах зразка серії ФТК-10

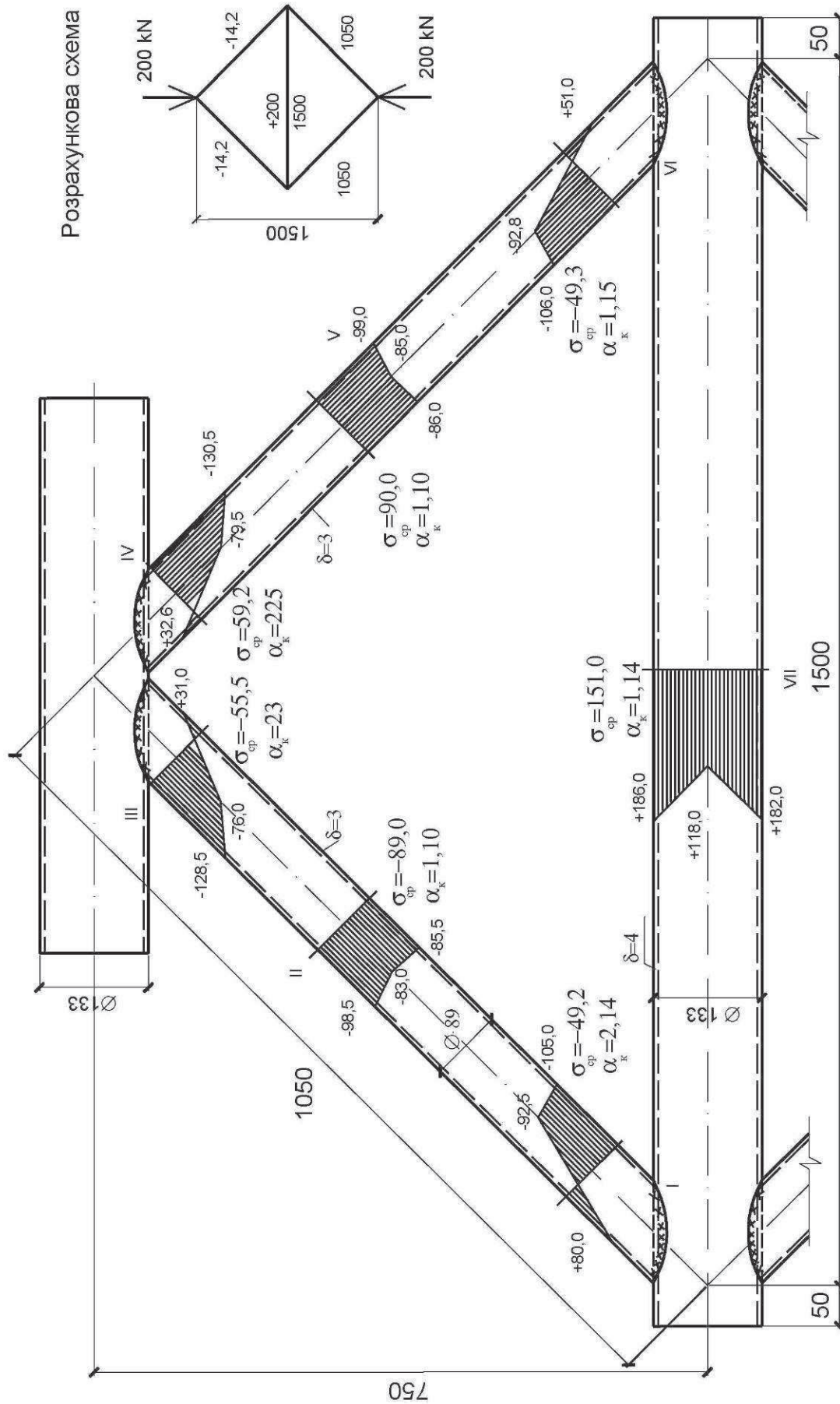


Рисунок 4 – Епюри напружень у перетинах зразка серії ФТБК-10

Особлива увага при проектуванні трубобетонних конструкцій повинна бути звернена на міцність, жорсткість та довговічність вузлів з'єднань елементів, що забезпечують надійну передачу зусиль. У запроєктованих конструкціях варто уникати можливості виникнення конструктивних недоліків на стадії виготовлення чи транспортування, також мають передбачатися заходи щодо захисту конструкцій від корозії.

Література

1. Пенц В.Ф. Розрахунок трубобетонних елементів при місцевій передачі навантаження на бетонне ядро / В.Ф. Пенц // Сталезалізобетонні конструкції: зб. – Кривий Ріг, 2002. – С. 61 – 66.
2. Стороженко Л.І. Трубобетонні конструкції промислових будівель / Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, С.Г. Коршун. – Полтава: ПолтНТУ, 2008. – 202 с.
3. Стороженко Л.І. Експериментальні дослідження згинальних трубобетонних елементів квадратного перерізу / Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, Л.М. Стовба // Коммунальное хозяйство городов: зб. – Харків: Техніка, 2009. – С. 12 – 19.
4. Стороженко Л.І. Рекомендації щодо проектування згинальних елементів із тонкостінних труб квадратного перетину, заповнених бетоном / Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, Л.М. Стовба // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – Львів, 2010. – № 664: Теорія і практика будівництва. – С. 255 – 261.
5. Lu Y. Probabilistic Drift Limits and Performance Evaluation of Reinforced Concrete Columns / Y. Lu, X. Gu, J. Guan // Journal of Structural Engineering. – 2005. – № 6. – P. 966 – 978.
6. Mursi M. Strength of Concrete Filled Steel Box Columns Incorporating Interaction Buckling / M. Mursi, B. Uy // Journal of Structural Engineering. – 2003. – № 5. – P. 626 – 639.

Л.І. Стороженко, д.т.н., професор

В.Ф. Пенц, к.т.н., доцент

Г.В. Головка, к.т.н., доцент

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ТРУБОБЕТОННЫЕ НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ОДНОЭТАЖНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЙ

Изложены основы проектирования трубобетонных конструкций одноэтажных промышленных зданий. Приведены типы современных трубобетонных конструкций, которые применяются в строительстве. Раскрывается сущность трубобетонных конструкций.

Ключевые слова: трубобетонные конструкции, одноэтажные производственные здания.

L.I. Storozhenko, Doctor of Science, Professor

V.F. Pents, Ph. D., Associate Prof.

G.V. Golovko, Ph. D., Associate Prof.

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

CONCRETE FILLED STEEL TUBE BEARING CONSTRUCTIONS IN ONE-STOREY INDUSTRIAL BUILDINGS

The foundations of the design of concrete filled steel tube constructions in industrial one-storey buildings are presented. The types of modern concrete filled steel tube constructions used in construction are given. The essence of concrete filled steel tube construction is described.

Keywords: concrete filled steel tube constructions, one-storey industrial building.

Надійшла до редакції 21.10.2014

© Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, Г.В. Головка