

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра промислового та цивільного будівництва

Кваліфікаційна робота/проект

другий магістерський рівень

(рівень вищої освіти)

на тему: **ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ З
ВЕРТИКАЛЬНИМИ НЕСУЧИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ ІЗ
ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ**

Виконав: студент II курсу, групи 8.1922-пцб-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

(код і назва спеціальності)

освітньої
програми

промислове і цивільне будівництво

(код і назва освітньої програми)

Гусак Костянтин Олександрович

(прізвище та ініціали)

Керівник

Доцент каф. ПЦБ, к.т.н., Самченко Р.В.

(посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали)

Рецензент

Доцент каф. ПЦБ, к.т.н., Полтавець М.О.

(посада, вчене звання, науковий ступень, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ІМ. Ю.М. ПОТЕБНІ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра Промислового та цивільного будівництва
Рівень вищої освіти другий магістерський рівень
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр та назва)
Освітньо-професійна програма «Промислове і цивільне будівництво»
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПЦБ
проф. Арутюнян І.А.
« » 20 року

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Гусак Костянтин Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Технологія зведення каркасних будівель з вертикальними несучими конструкціями із трубобетонних елементів

Керівник роботи Самченко Роман Васильович, к.т.н.,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «09» жовтня 2023 року №1584-с




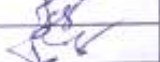

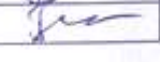


2 Строк подання студентом роботи 28.11.2023 р.

3 Вихідні дані до роботи Актуальність обраного напрямку досліджень, значимість у сучасному житті, можливості розв'язання проблематики, перспективи впровадження майбутніх досягнень, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз сучасного житлового будівництва. 2. Експериментальні дослідження трубобетонних елементів. 3. Оцінка методики розрахунку трубобетонних елементів. 4. Удосконалена технологія зведення каркасних будинків з колонами із трубобетону

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Від восьми графічних аркушів із результатами аналітичних обґрунтувань наукового напрямку досліджень, результатами експериментальних досліджень, доказами оптимальності запропонованих методик, результатами чисельних розрахунків із застосуванням сучасних інформаційних методів досліджень

6 Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|----------|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1 | Самченко Р.В., доц. |  |  |
| Розділ 2 | Самченко Р.В., доц. |  |  |
| Розділ 3 | Самченко Р.В., доц. |  |  |
| Розділ 4 | Самченко Р.В., доц. |  |  |

7 Дата видачі завдання 19.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|-------------------------------|----------|
| 1 | АНАЛІЗ СУЧАСНОГО ЖИТЛОВОГО БУДІВНИЦТВА | 14 вересня | |
| 2 | ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ | 10 жовтня | |
| 3 | ОЦІНКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ | 1 листопада | |
| 4 | УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНИХ БУДИНКІВ З КОЛОНАМИ ІЗ ТРУБОБЕТОНУ | 23 листопада | |

Студент


(підпис)

К.О. Гусак

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи


(підпис)

Р.В. Самченко

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено


(підпис)

Н.О. Данкевич

(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Гусак Костянтин Олександрович. Технологія зведення каркасних будівель з вертикальними несучими конструкціями із трубобетонних елементів

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Р.В. Самченко. Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут, кафедра промислово та цивільного будівництва, 2023.

У даній роботі розглядаються світовий досвід конструювання, будівництва та експлуатації об'ємно-планувальних і конструктивних рішень найбільш відомих цивільних будівель в тому числі і побудованих в Україні. Були проведені дослідження більшості сучасних об'ємно планувальних і конструктивних рішень, у тому числі і колон з трубобетону щодо ефективності прийнятих проектно-кошторисних рішень по наступним критеріям: функціональність, технологічність, конструктивна простота. Так само був виконаний аналіз більшості конструктивних рішень громадських і житлових будівель в тому числі побудованих в Україні та Європі. Техніко-економічні показники даних досліджень дозволяють вибрати конструктивні рішення для подальших проектування і будівництва висотних будівель і споруд з урахуванням технологічності, функціональності та простоти архітектурно-конструктивних рішень, у тому числі для зведення в Україні.

Отримані результати досліджень дозволяють мати підсумковий досвід проектування і будівництва висотних будівель на каркасах з трубобетону

Ключові слова: ТРУБОБЕТОННІ КОЛОНИ, ВУЗОЛ З'ЄДНАННЯ ТРУБОБЕТОНУ, ТРУБОБЕТОННІ ЕЛЕМЕНТИ, КАРКАСНІ БУДИНКИ

Список публікацій магістранта:

Гусак К.О., Самченко Р.В. Технологія зведення каркасних будівель з вертикальними несучими конструкціями із трубобетонних елементів. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю

МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (17-20 жовтня 2023 р., м. Запоріжжя). Запоріжжя: ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ, 2023. С. 398-399.

ABSTRACT

Kostyantyn Oleksandrovych Husak.. The technology of the construction of frame buildings with vertical bearing structures made of concrete elements.

Qualifying graduation thesis for obtaining a master's degree of higher education in the specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor R.V. Samchenko. Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Industrial and Civil Engineering, 2023.

In this paper we consider the world experience in the design, construction and operation of bulk-planning and design solutions for the most famous civil buildings, including those built in Ukraine. Were carried out research of most modern volumetric planning and design solutions, including columns from the pipeline on the effectiveness of the adopted design estimates for the following criteria: functionality, processability, structural simplicity. Similarly, an analysis of most of the constructive decisions of public and residential buildings, including those built in Ukraine and Europe, was performed. The technical and economic indicators of these studies allow us to design constructive solutions for the further design and construction of high-rise buildings, taking into account the technological, functional and ease of architectural and design solutions, including for the construction in Ukraine.

The obtained research results allow to have the final experience of designing and building high-rise buildings on concrete frames

Keywords: PIPELINE COLONIES, PIPE CONCRETE CONNECTOR,
PIPELINE ELEMENTS, CARBON HOUSES

List of publications of the master's student:

Husak K.O., Samchenko R.V. The technology of erecting frame buildings with vertical load-bearing structures from tubular concrete elements. Materials of the III All-Ukrainian scientific and practical conference with the participation of young scientists "Current issues of sustainable scientific, technical and socio-economic development of the regions of Ukraine" (October 17-20, 2023, Zaporizhzhia). Zaporizhzhia: INNI named after Yu.M. Potebni ZNU, 2023. C. 398-399.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| 1 ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ | 13 |
| 1.1 Аналіз сучасного житлового будівництва із застосуванням трубобетонних конструкцій..... | 13 |
| 1.2 Вітчизняний і зарубіжний досвід застосування трубобетонних конструкцій при зведенні каркасних будинків..... | 15 |
| 1.3 Способи підвищення ефективності трубобетонних елементів..... | 30 |
| Висновки по 1-му розділу..... | 36 |
| 2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ..... | 38 |
| 2.1. Методика експериментальних досліджень..... | 38 |
| 2.2. Методика випробування і вимірювальні прилади..... | 47 |
| 2.3. Результати експериментальних досліджень..... | 52 |
| 2.4. Міцність і деформативність трубобетонних зразків..... | 56 |
| Висновки по 2 главі..... | 76 |
| 3 ОЦІНКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНИХ БУДИНКІВ..... | 78 |
| 3.1. Порівняльний аналіз методик розрахунку несучої здатності центрально та позацентрово стиснутих трубобетонних елементів..... | 78 |
| 3.2. Порівняння будівельно-технологічних характеристик каркаса будівлі при заміні залізобетонних колон на трубобетонні..... | 79 |
| Висновки по 3 главі..... | 82 |
| 4. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНИХ БУДИНКІВ З КОЛОНАМИ ІЗ ТРУБОБЕТОНУ | 86 |
| 4.1. Конструктивно-технологічне рішення стику трубобетонних колон у | |

| | |
|--|-----------|
| каркасних будівлях..... | 87 |
| 4.2. Організаційно-технологічна модель зведення багатоповерхового каркаса із трубобетонних колон..... | 88 |
| 4.3. Порівняльний аналіз технологій зведення каркасного будинку із залізобетонними і трубобетонними колонами..... | 91 |
| Загальні висновки..... | 93 |
| Список використаної літератури | 95 |

ВСТУП

Будівництво багатоповерхових і будівель підвищеної поверховості із застосуванням монолітного залізобетону, є одним з основних напрямків соціально-економічного розвитку країни. Зведення таких об'єктів тягне за собою розробку нових об'ємно-планувальних і конструктивних рішень, а також більш ефективних технологій, що забезпечують підвищення інтенсивності зведення будівель, їх експлуатаційної надійності і довговічності.

Цим вимогам відповідають будівлі каркасної і каркасно-ствольної конструктивних схем з вертикальними несучими конструкціями із трубобетонних елементів, що дозволяє не тільки скоротити тривалість будівництва, а й зменшити витрати сталі, бетону і перетину вертикальних несучих елементів. Трубобетонні конструкції, які є основними несучими елементами будівель, створюють умови, що знижують явище прогресуючого обвалення при техногенних та інших впливах.

Більш ніж піввікова практика застосування трубобетонних конструкцій в області будівництва показала досить високу конструктивно-технологічну ефективність при зведенні будівель і споруд різного технічного призначення. Активні наукові дослідження і практичний досвід зведення малоповерхових і висотних будівель мають місце в США, Німеччині, Японії, Великобританії, Австралії, КНР та ін. країнах.

В Україні також ведуться розробки, спрямовані на використання трубобетонних конструкцій в масовому будівництві. Однак існує ряд факторів, що стримують широке застосування трубобетонних, таких як: слабка нормативна база, відсутність ефективної методики розрахунку, недолік наукових досліджень, а також технологій зведення каркасів будівель.

Використання трубобетонних елементів в якості вертикальних несучих конструкцій каркасів будівель забезпечує одночасно зі зниженням матеріаломісткості та трудомісткості підвищення гнучкості архітектурно-

планувальних рішень.

Головними моментами при зведенні таких будівель є: забезпечення спільної роботи бетонного ядра і сталеві оболонки, а також пристрій стикових з'єднань колон по висоті і перекриттів, що вимагає розробки принципово нових конструктивно-технологічних рішень.

Об'єктом даного дослідження є комплексно-експериментальна робота по оцінці деформативно-міцносних характеристик трубобетону з подальшою розробкою технології зведення каркасних будинків з трубобетонними колонами.

Метод дослідження - експериментально-аналітичний. Експериментальні дослідження проведені в лабораторних умовах з метою визначення будівельно-технологічних характеристик трубобетону, оцінки ступеня впливу В / Ц на інтенсивність набору міцності бетонного ядра і оцінки конструктивно-технологічних рішень вузлів сполучення трубобетонних колон по висоті та перекриття.

Наукова новизна полягає в наступному:

- проведено комплекс аналітичних і експериментальних досліджень з оцінки несучої здатності центрально та позацентрово стиснутих трубобетонних конструкцій з ядром із модифікованих високоміцних бетонів, що включає визначення характеру деформацій та руйнувань трубобетонних елементів на різній стадії твердіння;

- встановлено визначальний вплив фактора водоцементного відношення на інтенсивність набору міцності бетонним ядром, що дозволяє оптимізувати склади бетонних сумішей і призначати технологічні режими зведення будівель;

- удосконалена конструкція стиків вертикальних трубобетонних елементів по висоті і перекриттям в багатоповерхових каркасних будівлях шляхом гільзового з'єднання, що забезпечує спільну роботу оболонки і бетонного ядра. При цьому досягається підвищення несучих характеристик каркаса та технологічності зведення;

- розроблена одноциклічна технологія бетонування вертикальних і горизонтальних несучих конструкцій, що забезпечує зниження тривалості зведення каркаса будівель.

Метою магістерської роботи є розробка організаційно-технологічної моделі зведення каркасів будівель з колонами з трубобетонних елементів, що дозволяє підвищити інтенсивність зведення будівель з урахуванням різних кліматичних умов.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано і вирішено наступний ряд аналітичних і практичних завдань:

- розроблена одноциклічна технологія бетонування вертикальних і горизонтальних конструкцій, що забезпечує зниження тривалості зведення каркаса будівель;

- запропонована і досліджена конструкція стику, що забезпечує індустріальну технологію монтажу оболонок і опалубних систем, а також спільну роботу бетонного ядра і сталеві оболонки;

- встановлено вплив фактора водоцементного відношення на інтенсивність набору міцності бетонним ядром, що дозволяє оптимізувати склади бетонних сумішей за умови їх подачі і укладання з використанням бетононасосного транспорту;

- проведено комплекс експериментальних досліджень з оцінки конструктивно-технологічних рішень стиків вертикальних і горизонтальних конструкцій;

- оцінена методика розрахунку несучої здатності центрально та позацентрово стиснутих трубобетонних елементів з урахуванням спільної роботи бетонного ядра і сталеві оболонки;

- проведено аналіз сучасних методів теплової обробки бетону і розроблено організаційно-технологічні рішення, що забезпечують підвищення інтенсивності виконання робіт по зведенню каркасів будівель в різних кліматичних умовах.

Практична значимість роботи

Удосконалено технологію зведення каркасів будівель і вузлів сполучень вертикальних і горизонтальних конструкцій, що забезпечують спільну роботу бетонного ядра і сталеві оболонки з можливістю сприйняття технологічного навантаження від перекриття і сприяє підвищенню інтенсивності зведення будівель на 25-30%, зниження витрат матеріалів на вертикальні конструкції: металу в 2,3, бетону в 2,1 рази.

1 ОГЛЯД ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАРУБІЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

1.1 Аналіз сучасного житлового будівництва із застосуванням трубобетонних конструкцій

Масове будівництво типових цивільних будівель на території України та країн СНД привело до мінімізації архітектурно-планувального рішення. Сформована містобудівна ситуація спальних районів великих міст призвело до цілого ряду проблем, пов'язаних з транспортними потоками, паркуванням автотранспорту, підвищеної концентрації і щільності міської забудови, нестачею площ прилеглих дворових територій до житлових будинків. Це негативно впливає на соціальну, екологічну та економічну системи.

З ростом населення в великих містах, підвищується вартість земельних ділянок і житлоплощі, що призводить до збільшення поверховості житлових і громадських будівель.

Намічена тенденція будівництва житлових будинків за індивідуальними проектами архітектурно-планувального рішення із забезпеченням не тільки комфортних умов перебування або проживання, а й виключення однотипності забудови. Одночасно з підвищенням індивідуальності, необхідно забезпечувати зниження вартості на стадіях зведення таких будівель і подальших витрат в період їх експлуатації.

Знизити собівартість будівництва і подальші експлуатаційні витрати цивільних і громадських будівель з одночасним поліпшенням комфортних умов, можливо за умови застосування нових конструктивно-технологічних рішень. Дані рішення мають забезпечувати надійність і довговічність будівель, зниження матеріаломісткості, захист від прогресуючого обвалення, екологічні вимоги і необхідну вогнестійкість. У цьому випадку доцільно застосовувати каркасну конструктивну схему будівлі, що дозволяє знизити

відсоток насиченості вертикальними несучими елементами. Організація вільної внутрішнього планування приміщень спрощується, зведення несучих перегородок здійснюється в будь-якому необхідному місці згідно з діючими нормами.

Очевидно, що при збільшенні висоти будівлі неодноразово зростає навантаження на несучий каркас, тим самим виникає необхідність розвитку поперечних перерізів конструктивних елементів, а, отже, за рахунок цього відбувається втрата корисної площі. При використанні багатоярусної системи колон зі зниженням поперечного перерізу в міру збільшення поверховості дозволяє скоротити ці втрати, але ефективність цього методу невелика.

В даний час все побудовані і будуються сучасні багатоповерхові і висотні будівлі мають домінуючий напрям конструктивних елементів з монолітного залізобетону. Причому дані елементи мають на увазі використання високоміцних бетонів, литих і самоуплотнюючих сумішей і є густоармованих, що ускладнює процес укладання бетонної суміші в тіло конструкції і збільшує витрати на бетонування, знижуючи їх технологічність.

Більш раціональними є будівлі з каркасними або каркасноствольними конструктивними схемами, що зводяться із застосуванням в якості вертикальних несучих конструкцій трубобетонних елементів. Сталева оболонка, заповнена бетоном, створює обтиснення бетонного ядра і служить одночасно поздовжнім і поперечним армуванням. В процесі навантаження трубобетонного елемента реактивний бічний тиск, що діє з боку сталевої оболонки на бетонне ядро, створює для бетону сприятливі умови роботи - об'ємне стиснення і в такому стані витримує напругу, що істотно перевищує його призмову міцність. В результаті міцність бетону при стисненні зростає приблизно в 1,8-2,7 рази [48].

Значний внесок у розвиток технології трубобетонних і розрахунку конструкцій внесли вітчизняні вчені: А.А. Довженка [33, 34, 35], А.І. Кикин [38], Р.С. Санжаровский [75], Л.І. Стороженко [83, 84, 85 86], А.Л. Кришан [76,47, 48], М.Я. Бікбаєв [8, 9], В.О. Алмазов [2], В.А. Катаєв [37] та ін.

Останніми розробками М.Я. Бікбаєв показана технологічна і економічна ефективність зведення малоповерхових будівель з несучими конструкціями із труботону. Встановлено переваги труботону при зведенні житлових і громадських будівель підвищеної поверховості.

У розвиток висотного житлового будівництва істотний внесок внесли роботи С.В. Миколаєва, Ю.Г. Граника, В.І. Травушем, А.І. Карпенко, В.А. Харитонова та ін.

В Європі, США, Японії, Китаї та інших розвинених країнах багатоповерхові будівлі переважно зводять по каркасно-ствольній конструктивною схемою з використанням сучасних ефективних несучих елементів у вигляді труботонних колон і технологій. Також активно використовуються при комбінуванні з залізобетонними конструкціями, наприклад в каркасно-ствольній системі ядро жорсткості (ствол) виконується з монолітного залізобетону з розташованими по периферії несучого контуру з труботонних колон з облаштуванням аутригерних поверхів. За подібною системою збудовано багато будівель в США, Німеччині, Японії, Великобританії, Австрії та Китаї, який є одним з лідерів в цій області.

На сьогоднішній день слабка нормативна база з проектування і відсутність технологій зведення каркасів будівель з труботонними елементами перешкоджають їх широкому застосуванню в масовому будівництві на території України.

1.2. Вітчизняний і зарубіжний досвід застосування труботонних конструкцій при зведенні каркасних будинків

У перших спорудах з використанням труботону застосовувалося багатотрубне армування, при якому несучим елементом був пакет з труботонних стержнів малого діаметра (міст в передмісті Парижа 1931р.,

Міст через річку Неву в Санкт-Петербурзі). Далі в 40-х роках з появою монотрубною системи, вважається розвитком трубобетонних конструкцій, до яких відносяться різні конструкції мостів, ферми, опори ЛЕП і т.д. [38].

Побудована виробнича будівля на Семілуцьком заводі вогнетривів із застосуванням стійок рам з трубобетонних стержнів діаметром 114мм і товщиною стінки 4 мм наочно демонструє економічний ефект. Маса окремої несучої стійки знизилася більш ніж в 6 разів, їх вартість в 3,5 рази, а витрати металу скоротилися в 1,5 рази [35].

Під керівництвом професора Л.І. Стороженко проводилося широке впровадження трубобетонних конструкцій при будівництві будівель і споруд Криворізьким гірничорудних інститутом. Застосовані трубобетонні колони на будівництві громадських, цивільних і промислових будівель, опор інженерних споруд та ін. [83].

НДІЗБ проводив реконструкцію покрівель цехів промислових будівель без зупинки виробництва. Під керівництвом професора І.Г. Людковського спроектовані висячі залізобетонні (із зовнішнім листовим армуванням) конструкції для заміни відслуживших термін експлуатації залізобетонних, дерев'яних і комбінованих для промислових підприємств, а також для нових споруджуваних будинків з укрупненим кроком колон до 36х36м. В якості опорного контуру для висячих покриттів використані трубобетонні елементи [71].

У Санкт-Петербурзі закінчується будівництво адміністративної будівлі ВАТ «Банк Санкт-Петербург» (рис. 1.1). В якості вертикальних несучих елементів висотної частини будівлі прийняті трубобетонні колони з внутрішнім армуванням просторовими каркасами. Через прийняті вузли поєднання трубобетонних елементів з перекриттями (рис. 1.16), сталева оболонка не виступає в ролі обійми, будучи лише незмінною опалубкою, а укладене всередині залізобетонне ядро - традиційна залізобетонна циліндрична колона. За кордоном трубобетонні конструкції застосовують в

якості опор ЛЕГТ, будівництві житлових і адміністративних будівель та інженерних споруд.

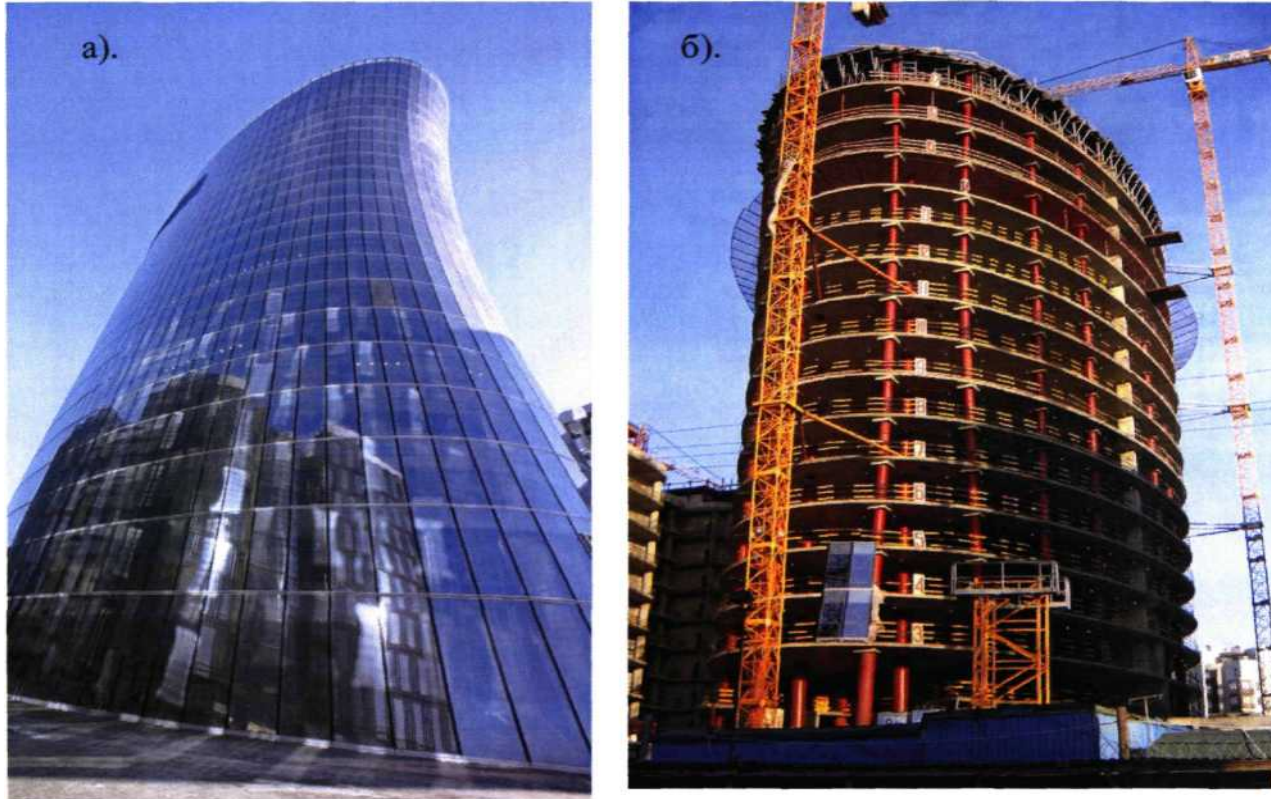


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд адміністративної будівлі ВАТ «Банк Санкт-Петербург» а - загальний вигляд; б - процес зведення каркаса будівлі

Відомий приклад зведення будівлі в Бельгії із застосуванням трубобетонних ферм, що скоротили витрати сталі на 40%. У Франції, м Ольне трубобетонні колони циліндричного і прямокутного перетину, застосовані при будівництві лабораторії НДІ. Економія сталі в порівнянні з металевим каркасом так само склала 40% [40].

КНР вперше трубобетонних знайшов своє застосування в якості колон при будівництві станцій Пекінського метрополітену [100] [98]. В даний час широко використовується при зведенні каркаса висотних будівель. Трубобетонні колони з ядром з переважно високоміцних бетонів набули масового застосування у висотних будівлях великих міст [99, 94].

У місті Гуанчжоу в 1995р. побудовано 33-х поверховий будинок торговоадміністративного центру «Peace World Plaza» висотою 116,3м. (Рис. 1.2) з колонами нижніх п'яти поверхів (в тому числі три підземних) з трубобетону. Завдяки технічній особливості трубобетону, пристрій фундаменту і підземної частини будівлі здійснювалося методом зворотного ходу (без улаштування відкритого глибокого котловану).

У 1995р. в м Тяньцзінь було побудовано 38 поверхова адміністративна будівля «Tianjin Evening News» висотою 137м (рис. 1.3). Основними вертикальними несучими конструкціями були центральний залізобетонний стовбур і 16 трубобетонних колон змінного перерізу від 1020мм до 630мм по висоті будівлі.

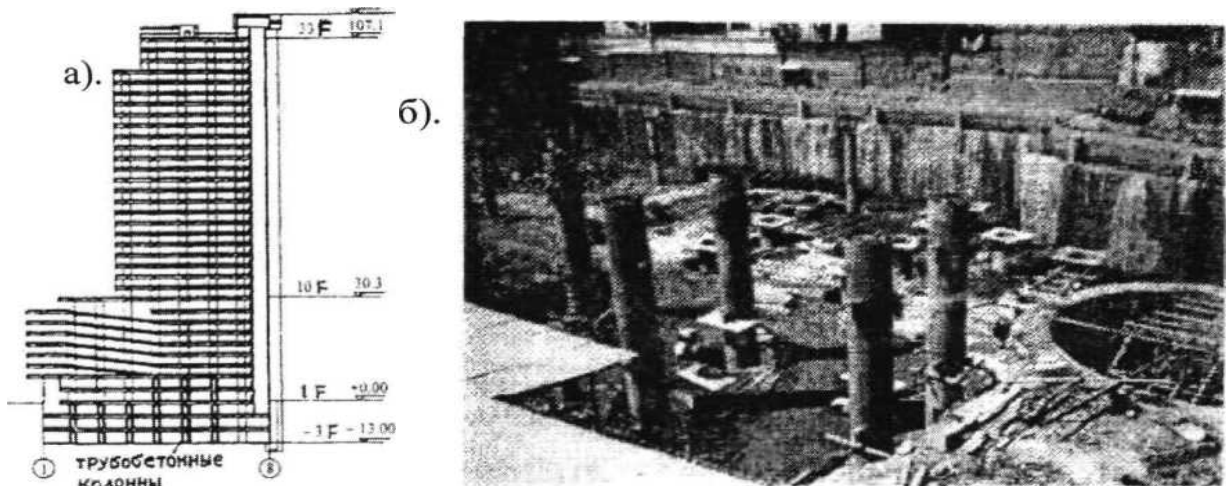


Рисунок 1.2 – Будівля «Peace World Plaza» м Гуанчжоу а - розріз; б - процес зведення підземної частини з застосуванням трубобетонних колон

У 1999р. в м Шінцієн побудовано 72 поверховий торговоадміністративний будинок «SEG Plaza» висотою 291,6м (рис. 1.4). основними вертикальними несучими конструкціями для головної вежі є 16 потужних трубобетонних колон, розміщених по контуру вежі і 28 малодіаметрових трубобетонних колон, що утворюють центральний стовбур. Дана будівля на сьогоднішній день вважається найвищим із застосуванням трубобетону.

У 2010 році в Гуанчжоу побудовано одне з найвищих споруд світу, це телевежа «Canton Tower» висотою 600м (рис. 1.5А), що має унікальну

архітектурну форму конічного силуету. Монолітний залізобетонний стовбур замкнений оболонкою з трикутної решітки, що складається з трубобетонних елементів (рис. 1.56, в). Дана конструкція дозволяє вітровим потокам прохо-



Рисунок 1.3 – Процес зведення будівлі «Tianjing Evening News»



Рисунок 1.4 – Зведення 72 поверхового торгово-адміністративного будівлі SEG Plaza (м Шінцієн)

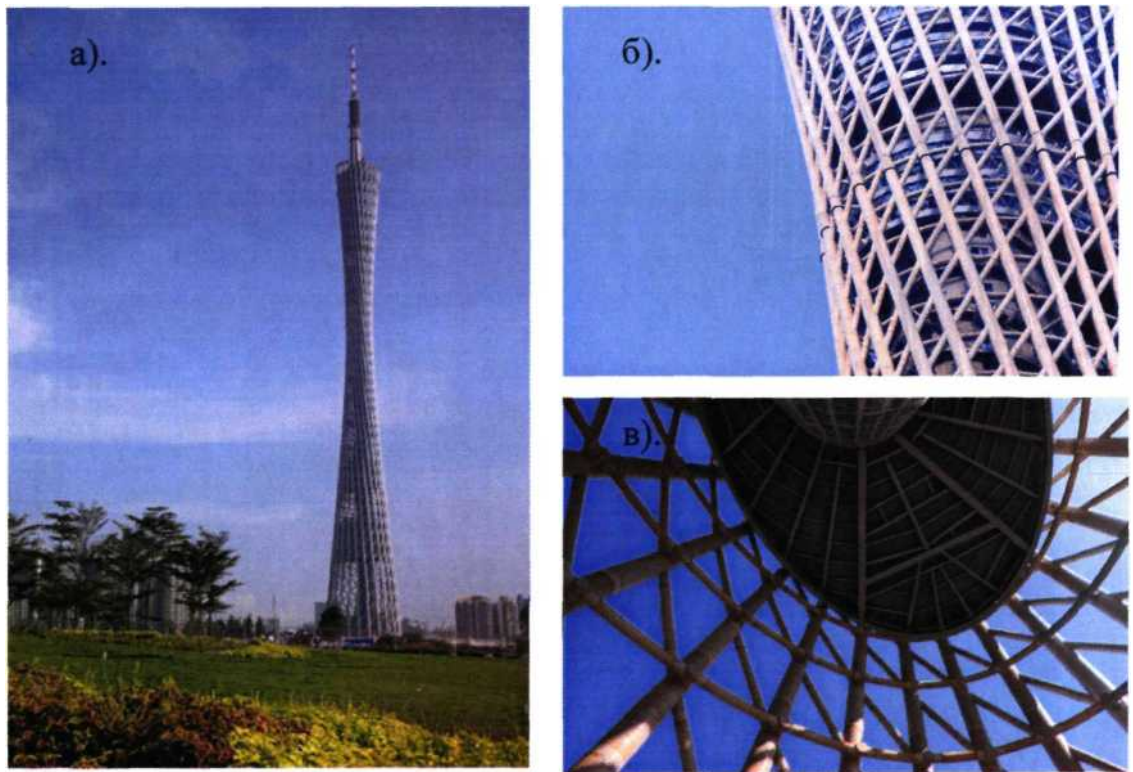


Рисунок 1.5 – Телевежа «Canton Tower» висотою 600м
 а - загальний вигляд вежі; б, в - оболонка з трубобетонних елементів

дити крізь конструкцію без освіти завихрень, що гарантує стійкість башти при утворенні тайфунів [101].

Американська фірма «Skilling Word Magnusson Berkshire Inc.» в 1970-х роках розробила нову конструктивну схему «SWMB» для зведення висотних будівель. Особливістю системи є застосування трубобетонних конструкцій в якості колон з свехвисокопрочного бетону [62]. З цієї конструктивної схемою в США побудовано більше десятка висотних будівель підкреслюють ефективність трубобетонних елементів.

Одним з перших будівель системи «SWMB» є 58 поверхова адміністративна будівля «Two Union Square» висотою 230,7м, побудоване в 1988 р. в м Сіетл, США (рис. 1.6) [63, 65]. У цьому будинку вертикальними несучими конструкціями є чотири масивних колони зі сталевих труб, заповнених високоміцним бетоном, що утворюють центральне ядро, а по

периферії будівлі вздовж зовнішніх стін розташовуються 14 трубобетонних колон діаметром від 910мм до 1360мм нижній частині і до 410мм в верхній частині висотки. Спільна робота трубобетонного стовбура і зовнішніх стін забезпечена сталевими діагональними зв'язками в рівнях 35-38 поверхів, а також сталежелезобетонними конструкціями балок і плит міжповерхових перекриттів. У цій будівлі вдалося знизити витрати на будівництво висотки подібної поверховості із залізобетонних колон на 30%, зокрема, витрати сталі у склали 58кг на 1м площі проти 122кг витрачаємих зазвичай для будівель такої поверховості. Застосування трубобетону дозволило здійснювати бетонування каркасу висотної будівлі зі швидкістю 4 поверху в тиждень [65].

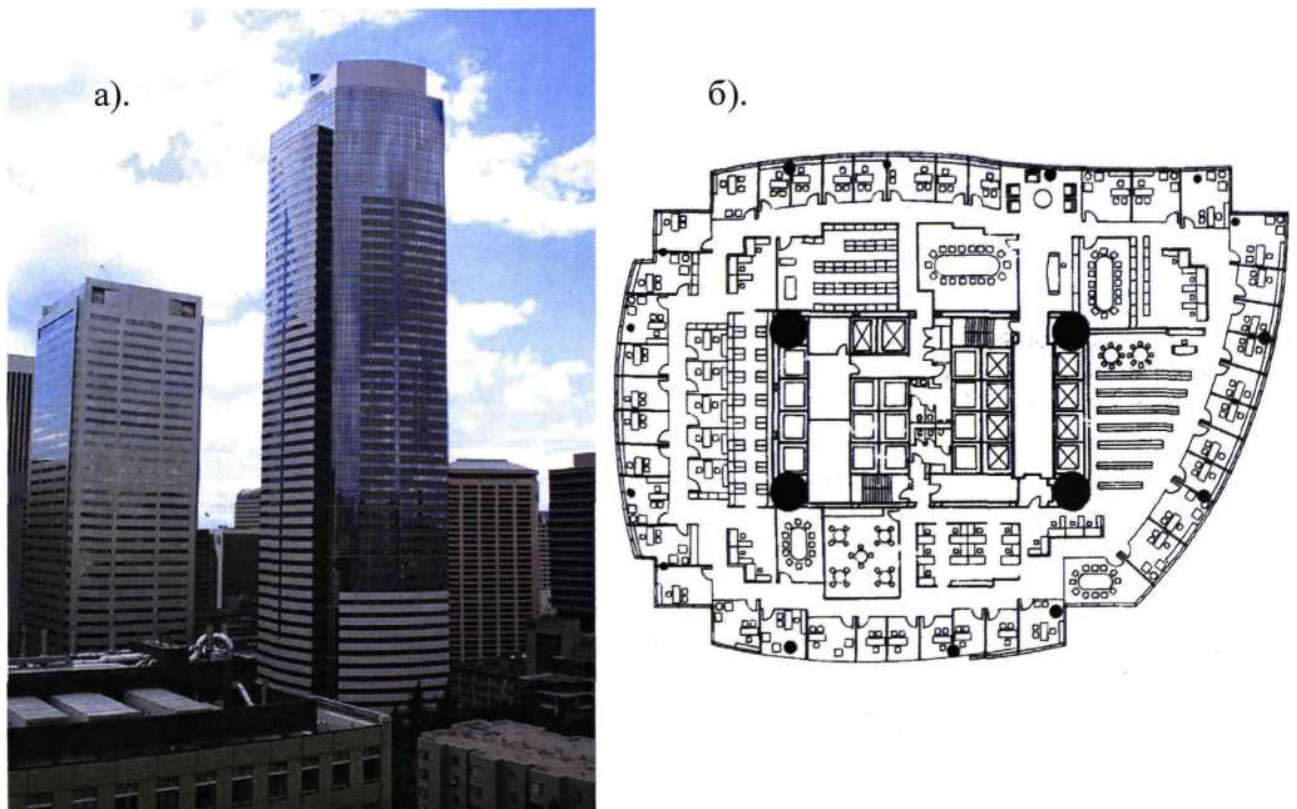


Рисунок 1.6 – 58-ми поверхова будівля «Two Union Square» з несучими конструкціями з трубобетонних: а - загальний вигляд будівлі; б - план типового поверху

Пустотілі сталеві оболонки заповнювалися високоміцним бетоном, міцність на стиск якого в 56 діб твердіння склала 133МПа, а модуль

пружності 5,04-104МПа. Такі характеристики досягнуті завдяки оптимальному підбору складу бетону і застосування високоякісних складових для бетонної суміші. Значного збільшення міцності бетону сприяє дуже низьке водоцементне відношення, рівне 0,22, застосування високомарочного цементу і ретельно фракціонованих заповнювачів розміром до 10мм, а також введення добавки суперпластифікатора і тонко дисперсного кремнезему в кількості 10% від маси цементу, що підвищує міцність бетону на 25%. При досягнутому низькому В / Ц осідання конусу бетонної суміші становила 25см, що дозволило подавати її за допомогою бетононасосів. Бетонування вироблялося напірним методом знизу-вгору через спеціальні технологічні отвори в трубчастій оболонці без вібрації.

За системою «SWMB» в США побудовано більше 10 висотних будівель, включаючи такі відомі як: 44-х поверховий будинок «Pacific First Centre» (рис.1.7) побудоване в 1989 р. і 62-х поверховий адміністративний будинок «AT & T / Gateway Tower» перейменоване з 2004р в «Key Bank Tower» (рис.1.8) побудоване в 1990 р.

Так само в місті Сіетл, США побудований унікальний різновисотний комплекс, розташований в зоні високої сейсмічності. У цьому комплексі розташовані висотне 42 поверхова будівля висотою 164,5м «Washington Mutual Bank» (WAMU) і 16 поверхова будівля музею мистецтв «Seattle Art Muséum» (SAM) висотою 73м (рис. 1.9а). Ядро жорсткості висотної будівлі з'єднане з музеєм за допомогою структурної системи з трубобетонних колон (рис. 1.9б), пов'язаних деформаційними скобами в легкій системі аутригерів. Дана конструкція працює як «сейсмічний запобіжник» (рис. 1.10)



Рисунок 1.7 – 44-х поверховый будинок «Pacific First Centre»



Рисунок 1.8 – 62-х поверховий адміністративний будинок «Key Bank Tower»

під час виникнення землетрусу, що запобігає пошкодженням конструкцій дотичних будівель, а також збільшує ефективну площу музею. Зовні комплекс виглядає як одна будівля, але насправді це два різних і працюють вони окремо [102].

В Австралії, м Мельбурні в 1990 р. був побудований перший 46-поверховий житловий будинок з застосуванням колон з трубобетонних елементів. Ядро будівлі утворено прямокутними сталобетон центральними шахтами, що складаються з ліфтових інженерних відсіків, а також сходового простору. По периферії будівлі розташовані 24 трубобетонних колони на два

поверхи загальною довжиною 8м (рис. 1.11). Бетонування порожнистих металевих

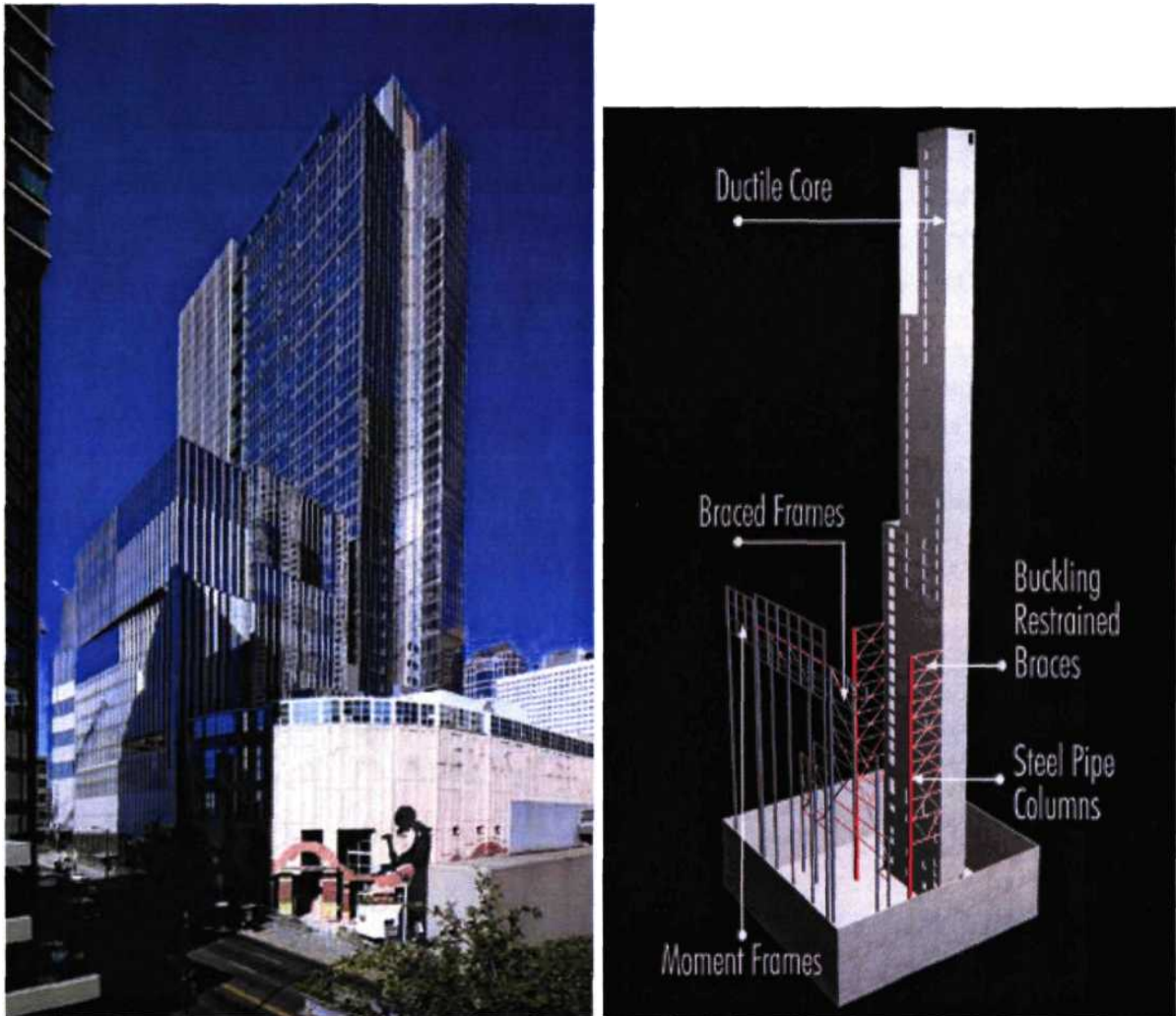


Рисунок 1.9 – 42-х поверхового \ VAMU і 16 поверхового 8AM
а загальний вигляд будівель; б - розрахункова модель



Рисунок 1.10 – «Сейсмічний запобіжник» з трубобетонних елементів

труб проводилося за допомогою бетононасоса відразу на 4 поверху самоуплотняючої бетонної сумішшю без організації вібрації [68].

Японія теж проявляє інтерес до зведення висотних житлових будинків з трубобетонних колонами. В м Кавагучі побудовано 57-поверховий житловий будинок висотою 185,8м, який вміщає в себе 650 індивідуальних квартир (рис. 1.12). За конструктивною схемою будівля є каркасним з колонами з трубобетонних елементів. По висоті будівлі колони діляться на три наступних ярусу щодо поперечного перерізу і класу бетону: 1-й ярус - розмір оболонки 812,8х (22-40мм), бетон 60МПа; 2-й ярус - 711,2х (12-18мм), 54МПа; 3-й ярус 609,6х

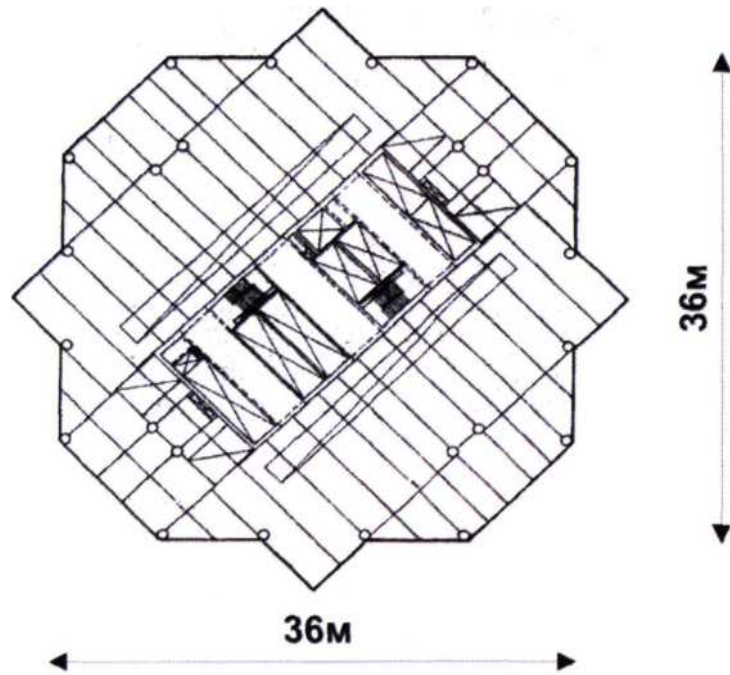


Рисунок 1.11 – План житлового будинку з трубобетонних колонами в м Мельбурн, Австралія

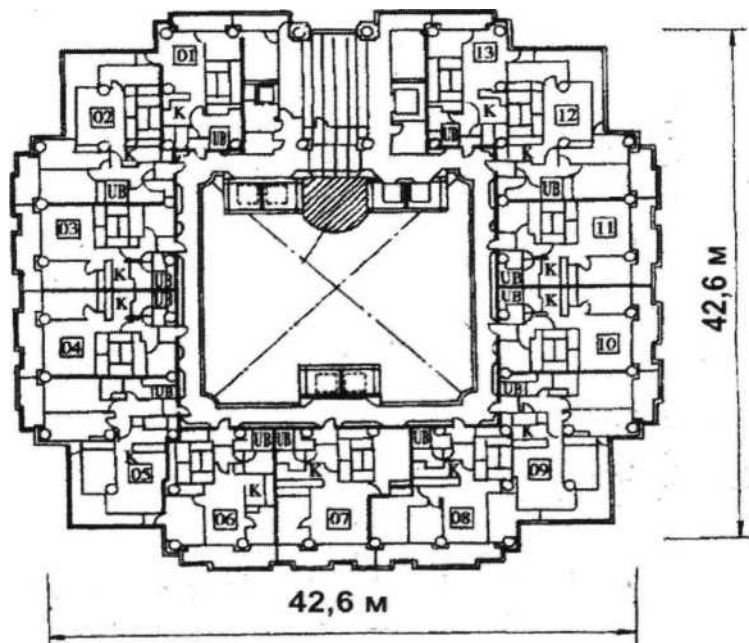


Рисунок 1.12 – План висотного житлового будинку з трубобетонних колонамим Кавагучі, Японія

(12-22), 48МПа. Бетонування здійснювалося вільним скиданням бетонної суміші з верхніх частин труб. Загальна тривалість будівництва будівлі склала 15місяцев [68].

Японськими фахівцями фірми «Симідзу» [70] на початку 90-х років розроблено нове конструктивне рішення трубобетонних колон, в яких відсутнє зчеплення між бетоном та сталеву трубочастою обоймою за допомогою попереднього змащування внутрішньої поверхні сталевої труби запатентованим складом, що сприяє ковзанню бетону щодо стінок обойми в процесі деформування конструкції. При цьому навантаження, прикладене до колони, передається тільки на бетонне ядро за допомогою розподільної плити, що входить всередину металевої труби, тим самим сталева оболонка не втягується в роботу на стиск, а відчуває лише розтягуючі зусилля в кільцевому напрямку. Таким чином, виникають найбільш сприятливі умови для оптимального використання міцнісних властивостей двох матеріалів: високої міцності бетону на стиск, і сталі на розтягування. Результати експериментальних досліджень і порівняльний техніко-економічний аналіз показали, що розроблена трубобетонна конструкція для колон 50-поверхового будинку дозволить знизити їх вартість на 20-40% в порівнянні з залізобетонними колонами і знизити площу поперечного перерізу трубобетонних колон у два рази.

У будівлі мерії Wuppertal (Німеччина) застосовані здвоєні трубобетонні колони, при цьому зазор між зовнішніми і внутрішніми трубами склав 150мм, а їх розміри 558x12,5 і 406,4x17,5 відповідно. Таким чином, німецькі інженери домоглися ненормованої межі вогнестійкості колон і навіть в разі сильної пожежі, яке-небудь пов'язане із цим руйнування або ослаблення виключено [68].

В даний час закінчується будівництво мега-моста «Manaus- Iranduba» через річку Амазонка довжиною 3,5км з нижніми опорами з масивних трубобетонних стійок. Даний міст зв'яже великі міста Північної / Північно східної Амазонки з районом Південної Амазонки (рис. 1.13, 1.14).

У житловому районі Казахстану, що належать до сейсмоактивної зони зі шкалою «9 балів», на площі забудови 228га зводяться будівлі від 12 до 25 поверхів і вище з колонами з трубобетонну.

На Україні ведеться проектування і будівництво 17-поверхових житлових будинків із застосуванням в металевому каркасі з трубобетонних стійок (рис. 1.15). Застосування даної технології дозволило практично уникнути сезонності в будівництві, а також значно скоротити трудові та енергетичні витрати в процесі зведення. Встановлено, що ця технологія на 15% дешевше, ніж застосування традиційних конструкцій.



Рисунок 1.13 – Загальний вигляд мосту «Manaus-Iranduba» через р. Амазонка



Рисунок 1.14 – Трубобетонні мега-опори моста «Manaus-Iranduba»



Рисунок 1.15 – Житлові 17 поверхові будинки на Україні з застосуванням в металевому каркасі трубобетонних стійок

1.3. Способи підвищення ефективності трубобетонних елементів

Однією із задач при використанні трубобетонних елементів, є створення певних умов, при яких забезпечується спільна робота сталеві оболонки та бетонного ядра.

У світовій практиці відомі наступні шляхи рішень:

1. У Китаї при будівництві будівлі SEG Plaza щоб уникнути відриву трубних оболонок колон діаметром понад 1 м, на рівні верхньої полиці консолі всередині труби приварюються металева кільцева діафрагма. Самі балки перекриттів кріпилися монтажними болтами до консолей, привареним на заводі з зовнішньої сторони до трубобетонних колон [94];

2. При зведенні конструкції каркасу 46-поверхового житлового будинку в Австралії м. Мельбурні, на двох кінцях сталевих труб в кожній секції на внутрішній поверхні прикріплені кільця, які створюють опір зрізу [65];

3. У конструктивній системі «SWMB» до внутрішніх поверхонь трубчастих оболонок приварюються сталеві анкерні стержні з кроком 30 см [70].

Крім перерахованих вище відомих способів, присутні безліч науково-експериментальних досліджень в цій області. Далі розглянемо найбільш відомі.

Японськими фахівцями [105] встановлена залежність в необхідності посилення зчеплення бетонного ядра з оболонкою в зонах примикання перекриттів, яка визначається виразом (1.1). З якого випливає, що потреба в додаткових заходах по збільшенню зчеплення виникає при неоднорідності розподілу напружень в бетонному ядрі між центральними точками верхньої та нижньої частини колон (рис. 1.16а)

$$\Delta_c N_i \leq \Psi \cdot L_s \cdot f_a \quad (1.1.)$$

де:

$\Delta_c N_i$ - осьове зусилля в колоні, що виникає від балок перекриттів і-го поверху;

Ψ - розрахункова довжина;

L_s - відстань між центральними точками верхньої і нижньої колон;

f_a - допустима напруга в сталевій трубі.

У разі незадоволення (1.1), потрібно облаштувати механічні пристрої (рис. 1.16б) на внутрішній поверхні труби в зоні примикання балок перекриттів.

Так само японськими вченими фірми «Симідзу» ведуться роботи по вдосконаленню розробленого ними рішення виключає зчеплення бетонного ядра і сталевій обійми за рахунок мастила внутрішньої поверхні труби полімерним складом.

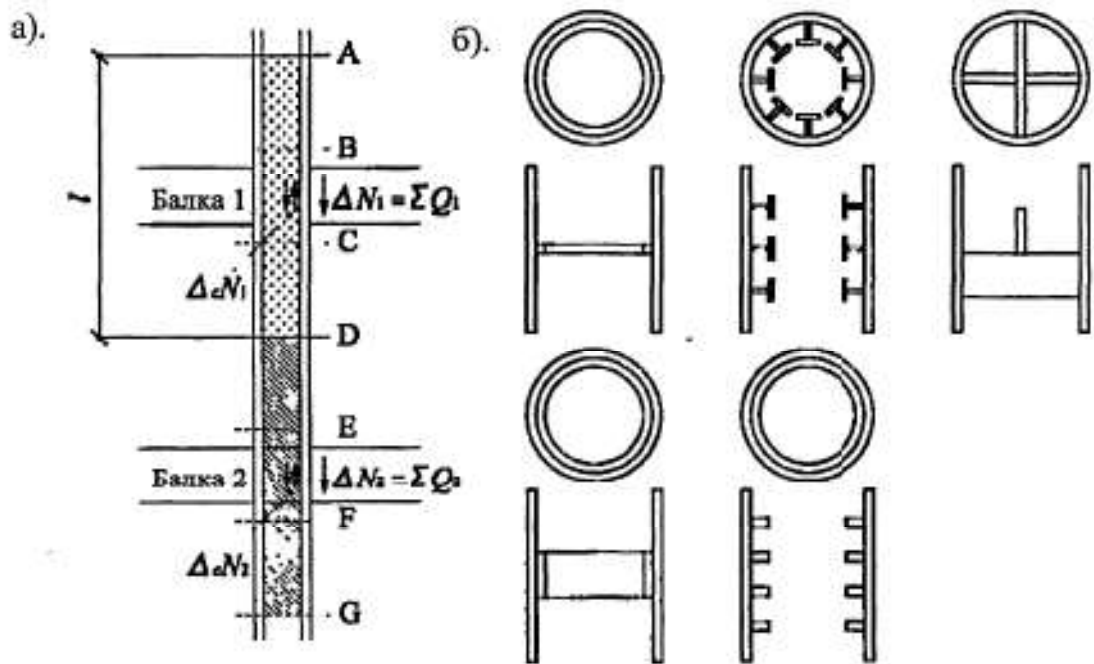


Рисунок 1.16 – Схема передачі навантаження (а) і механічні пристрої розміщені всередині металевої труби (б)

Схожі експерименти проводилися радянськими вченими. У 1955р. У ЦНДІЗ В.А. Росновскім і А.Ф. Ліпатова були поставлені досліди з трубобетонними зразками, в яких труба перед бетонуванням змащувалася машинним маслом. Результати випробувань показали, що зразки зі змащеними і незмащеними внутрішніми поверхнями виявилися рівнопрочними [96]. Подібні дослідження були проведені Л.І. Стороженко [83]. У своїх дослідах він також використовував машинне масло для змащення внутрішніх поверхонь труб і отримав той же результат, який був в дослідах ЦНДІЗ. У 1988 р. під керівництвом В.В. Дегтярьова проведені випробування трубобетонних елементів на відцентровий стиск, але замість машинного масла використовувалася поліетиленова плівка з передачею навантаження від плити преса безпосередньо на бетонне ядро. Напряга бетону під плитою преса в 2,3 рази перевищувало кубкову міцність бетону. Руйнування колон відбувалося через сильний бічний тиску бетону, який

викликав випинання стінки в результаті досягнення металом границі текучості при розтягуванні [96].

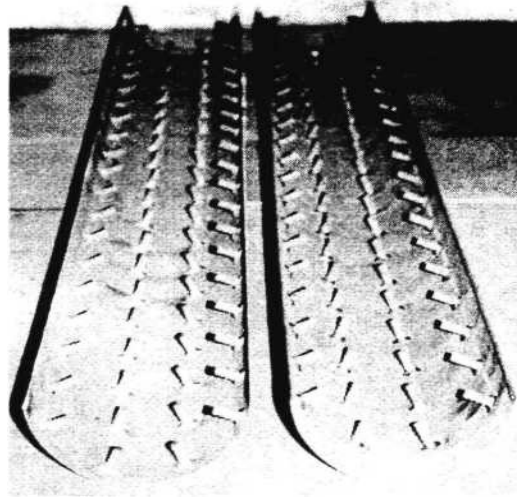


Рисунок 1.17 – Приварені анкери до внутрішньої поверхні розрізаних частин металевої труби

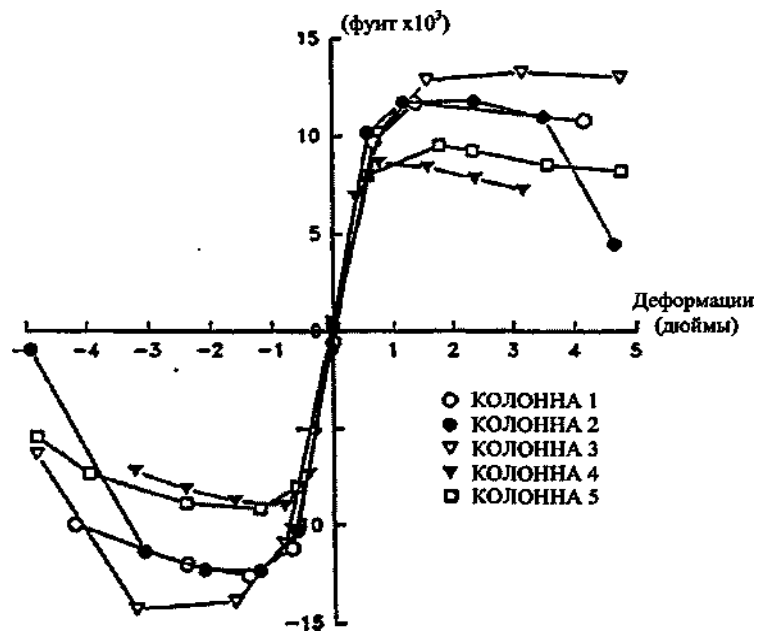


Рисунок 1.18 – Сумарна залежність «навантаження-деформація» (load-deflection) для звичайних трубобетонних зразків (column 1,2,4,5) і оснащених внутрішніми анкерами (column 3)

У 1995 році американськими вченими (Philip F. Boyd, William F. Cofer і David I. McLean) проведена серія експериментів зі звичайними трубобетонних зразками і оснащеними внутрішніми анкерами, що сприймають розтягуючі напруги на поверхні контакту матеріалів (рис. 1.17) [97]

Для влаштування анкерів на внутрішній поверхні труби, сталева оболонка розрізалась уздовж її поздовжньої осі на дві рівні половини, далі до них приварювалися металеві стрижні навколо їх кола. Після чого, отримані половини зварювалися суцільним швом. Для влаштування анкерів на внутрішній поверхні труби, сталева оболонка розрізалась уздовж її поздовжньої осі на дві рівні половини, далі до них приварювалися металеві стрижні навколо їх кола. Після чого, отримані половини зварювалися суцільним швом.

Результати випробувань показали, що зразок, забезпечений внутрішніми анкерами, в порівнянні з іншими має 5% перевищення несучої здатності, більш низьке зниження міцності і ослаблення (рис. 1.18). Пластичність всіх зразків була ідентична, за винятком більш раннього початку освіти смяття металеві труби (поява гофр) зразків оснащених внутрішніми анкерами.

Велика кількість робіт присвячена створенню різними способами попереднього обтиску бетонного ядра з метою забезпечення спільної роботи бетонного ядра і металеві оболонки.

В. А. Росновській розглядав створення попереднього обтиску за рахунок розширення металеві труби шляхом її нагрівання під час бетонування і початку твердіння бетону [72]. Передбачалося, що після набору певної міцності бетоном, остигає оболонка буде зменшуватися і тим самим обжимати бетонне ядро, але після 7 годинного витримування конструкції температура центру бетонного ядра практично дорівнювала температурі оболонки, а міцність самих стійок знижувалася.

На підставі результатів проведених в НІЖБ, Г.М. Мартиросов і А.І. Шахворостов запропонували забезпечувати спільну роботу бетонного ядра і сталевій обойми шляхом попереднього напруження сталевій труби за рахунок енергії розширення бетону на напружуючому цементі [58]. Випробування показали збільшення діапазону пружної роботи таких елементів в середньому на 30%, підвищення несучої здатності на 5-10% в порівнянні з аналогами з бетону на портландцементі.

В Ульяновському державному технічному університеті У.А. Ямлеєв, А.Н. Нікашин, Р.Е. Камалтдінов запропонували підвищити стійкість позациентрово стиснутих трубобетонних елементів при одночасному підвищенні несучої здатності і зниженні металоємності за рахунок розміщення всередині бетонного ядра сердечника [88]. Даний сердечник являє собою високоміцні арматурні стержні періодичного профілю, що розходяться віялом від середини до кінців оболонки і жорстко закріплені в її отворах зварюванням. Крім того, бетонне ядро виконано на цементі.

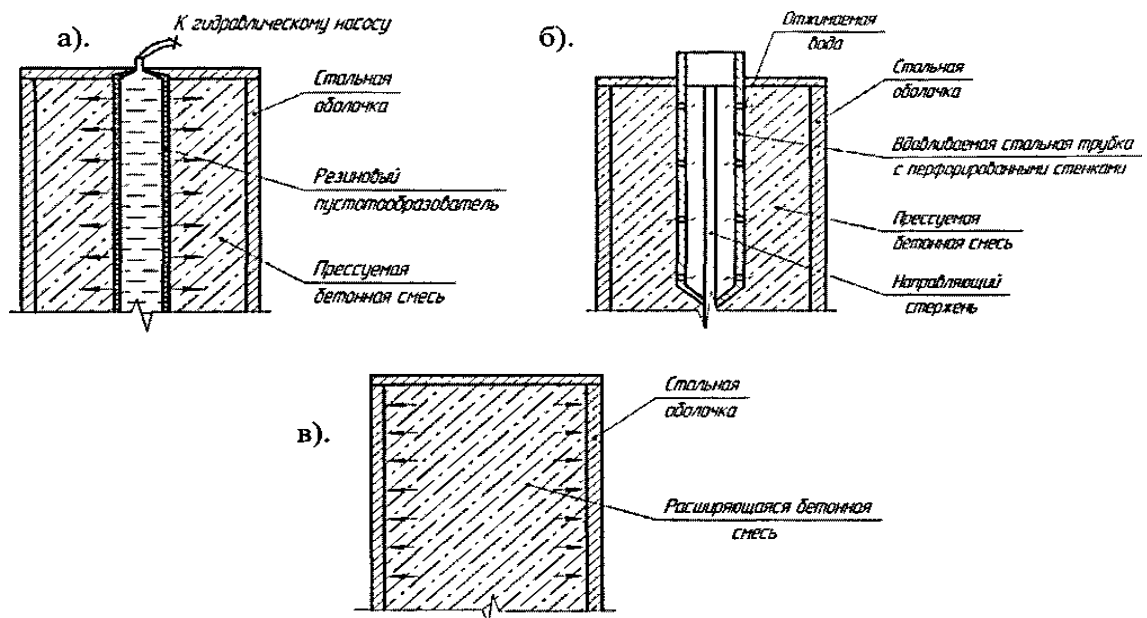


Рисунок 1.19 – Принципові схеми попереднього обтиску трубобетонних елементів: а - тривалий пресування бетонної суміші за допомогою пустотоутворюючів;
б - пресування суміші шляхом послідовного вдавнення направляючого стрижня; в - використання властивості розширюється цементу

У Магнітогорському державному технічному університеті А.Л. Крішаном, М.Ш. Гареева, А.І. Сагадатовим, М.Ш. Матвеевим, В.Г. Матвеевим, І.В. Аткишкіним та ін. запропоновано виготовляти трубобетонні колони з попередньо обтиснутим бетонним ядром. Основною особливістю їх формування є застосування тривалого пресування бетонної суміші тиском 1,5 ... 3 МПа. Пресуючий тиск через бетонну суміш передається на внутрішню поверхню труби-оболонки і створює в ній попередні напруження розтягу [44, 45, 46]. Тривале пресування бетонної суміші в трубобетонних елементах здійснюється одним з наступних способів (рис. 1.19):

- за допомогою спеціальної конструкції пустотоутворювачей [76];
- послідовним вдавненням в бетонну суміш направляючого стрижня, розташованого коаксиально зовнішній обіймі [87];
- за допомогою використання в якості в'язучого реопластичного розширюючого цементу, що швидкоотужавіє.

Висновки по розділу 1

1. Проведений аналіз сучасного житлового будівництва вказує на певний ряд факторів, що стримують широке застосування трубобетонних конструкцій при будівництві будівель різного технологічного призначення, а саме: слабка нормативна база, відсутність ефективної методики розрахунку і технології зведення таких конструкцій.

2. Намічена тенденція будівництва будівель та споруд, що мають індивідуальне архітектурно-планувальне рішення, із забезпеченням зниження вартості зведення, матеріаломісткості і трудомісткості, а також трансформації внутрішнього планування протягом терміну експлуатації з мінімальними витратами, вимагає розробки нових конструктивно-технологічних рішень і елементів несучих конструкцій будівель і споруд.

3. Широкий зарубіжний і радянський досвід застосування трубобетонних конструкцій в області будівництва показує високу конструктивно-технологічна ефективність зведення різних житлових і цивільних будівель, а також інженерних споруд.

4. Проведений огляд способів підвищення ефективності трубобетонних елементів вказує на активні розробки в РФ і за кордоном щодо їх використання в якості вертикальних несучих конструкцій будівель.

5. Відсутні рішення вузлів сполучення трубобетонних елементів по висоті і перекриття в багатоповерхових каркасах, що забезпечують спільну роботу сталеві оболонки та бетонного ядра, що також є стримуючим фактом широкого використання таких конструкцій при будівництві будівель і споруд.

6. Лідером технології зведення будівель і споруд із застосуванням трубобетонних елементів на даний момент є КНР, де створений цілий науково-дослідний інститут трубобетонних і розроблена нормативна база з проектування та зведення таких конструкцій.

2 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Основними цілями експериментальних досліджень були:

- визначити ефект від улаштування внутрішніх анкерних систем і їх вплив на деформативно-міцнісні характеристики труобетонних елементів при центральному і внецентровому стисненні з різними варіантами прикладання навантажень (повністю на весь переріз і тільки на сталеву оболонку);
- встановити ступінь впливу фактора водоцементного відношення і модифікуючих добавок на інтенсивність набору міцності бетону і їх вплив на рівень технологічності зведення вертикальних і горизонтальних конструкцій;
- оцінити ефективність розробленого конструктивно-технологічного рішення вузлів з'єднання труобетонних колон по висоті та перекриттям;

2.1. Методика експериментальних досліджень

Для досягнення поставлених цілей досліджень були виготовлені XIII серій дослідних зразків (таб. 2.1), що відрізнялися між собою класом бетону і конструкцією (з пристроєм анкерних систем і без). На рис. 2.1 показані загальні види експериментальних зразків. Зразки серій II, III, IV, V мали різний крок анкерів по висоті і глибину анкерування (таб. 2.2)

Відомо [33], що результати експериментів, пов'язані з випробуваннями трубобетонних зразків, вважаються достовірними при співвідношенні $H / D >$

3. Внаслідок чого, для експериментальних досліджень прийняті зразки, висотою в п'ять діаметрів труби.

Таблиця 2. 1 – Геометричні характеристики зразків

| Серії | Розміри оболонки, мм | | | Анкерна система | | H/D | Ø мм | As см ² | Ab | % |
|------------------------|----------------------|-----|-----|-----------------|--------------------|-----|--------|--------------------|------|------|
| | Ø | H | t | вид | місце | | | | | |
| 1, У1, VIII, XII, XIII | 102 | 510 | 2,5 | «-» | «-» | 5 | 0,0245 | 7,81 | 73,9 | 10,6 |
| VII, IX | | | | анкери | с кроком по висоті | | | | | |
| VII, IX | | | | анкери | у зоні оголовка | | | | | |
| X | 108 | 540 | 3,5 | «-» | «-» | | 0,0324 | 11,49 | 80,1 | 14,4 |
| XI | | | | вітгини | у зоні оголовка | | | | | |

Геометричні розміри дослідних трубобетонних зразків прийняті відповідно до теорії подібності [39].

Таблиця 2. 2 – Ступінь анкерування зразків П-У серій

| Серії | Кількість анкерних шт. | Глибина анкерівки по діаметру труби | Крок анкерівки, |
|-------|------------------------|-------------------------------------|-----------------|
| II | 3 | 1/4 0* | 170 |
| III | 7 | 1/4 0* | 70 |
| IV | 3 | 1/3 0* | 170 |
| V | 7 | 1/3 0* | 70 |

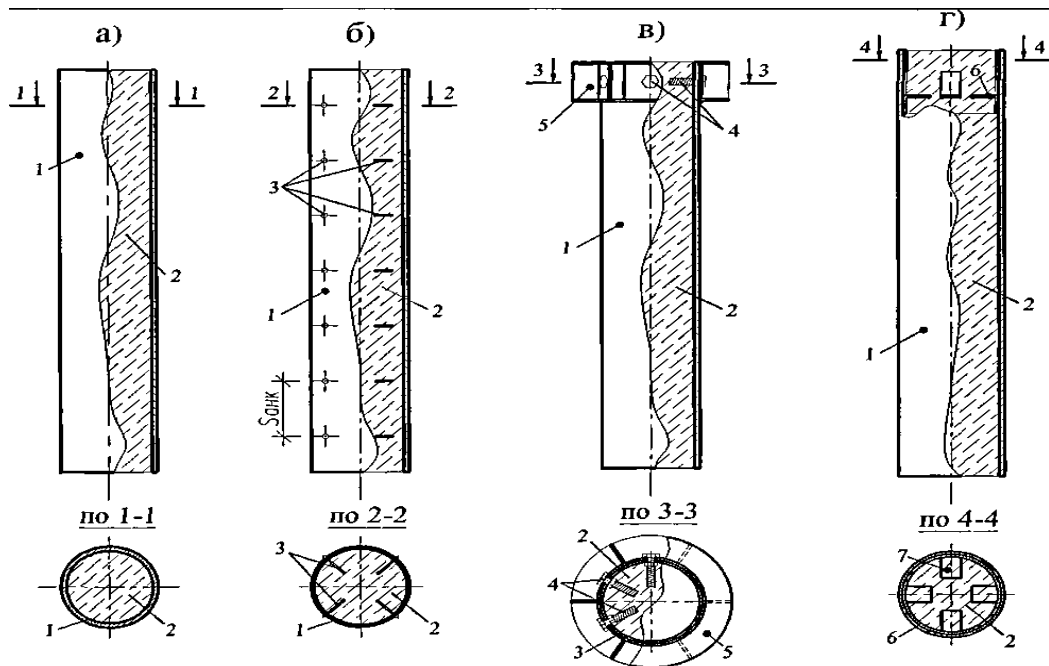


Рисунок 2.1 – Варіанти конструктивного рішення трубобетонних дослідних зразків: а - трубобетонний зразок; б-то ж з розміщенням анкерних систем з кроками $B = 70$ і 170 мм; в - те ж з розміщенням анкерних систем у оголовку; г - те ж з імітацією пристрою сполучної гільзи оснащеної анкерами у вигляді пелюстків. 1 - металева труба; 2 - бетон; 3 - внутрішні анкери; 4 - анкери оголовочної частини; 5 оголовок; б - сполучна гільза з пелюстками (7)

У якості обойми використовувалися труби сталеві електрозварні прямошовні по ДБН В.2.6-198:2014 [16] 0102×3 мм і $0108 \times 3,5$ мм тимчасовий опір 41 кгс / мм, відносно подовження 37% . З труб однієї партії нарізалися відрізки довжиною 600 мм за допомогою автогену, після чого відторцювалися на токарному верстаті до необхідних довжин, а саме 510 і 540 мм.

В якості моделі анкерної системи, що розташовується з кроком по висоті трубобетонних елемента, використовувалися гвинти діаметром 3 мм, довжиною 25 мм і 35 мм з метричної різьбою, що відповідає ГОСТ 17473-80 і ГОСТ 17475-80 * [17, 18]. На мал. 2.2 представлений загальний вид досліджуваних трубобетонних зразків 1-У серій оснащених анкерними системами до заповнення бетонною сумішшю.

Для імітації вузла сполучення перекриття з трубобетонною колоною, оголовочная частина якої оснащена анкерної системою, в трубобетонних зразках VII серії застосовувалися сталеві болти $M8$, $B = 35$ мм по [21] з класом

міцності 8.8 (мал. 2.3). Для трубобетонних зразків XI серії були виготовлені спеціальні перехідні гільзи, що мають внутрішні відгини у вигляді «пелюсток», які служать анкерною системою (мал.2.4). Перехідні гільзи виготовлялися з тих же сталевих труб, що і трубобетонні зразки по,5мм.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд зразків 1-У серій: а - I серія; б - II серія; в - III серія; г - IV серія; д - V серія

Для порівняння несучої здатності дослідних трубобетонних елементів, були виготовлені залізобетонні зразки, армовані окремими стрижнями 08 А-500 з рівноцінними площами поперечного перерізу металу і бетону (мал. 2.5). В якості опалубки використовувалися полімерні труби діаметром 100мм з

товщиною стінки 0,5 мм, які демонтувались на третю добу витримання механічним способом шляхом поздовжнього розрізання. Залізобетонні елементи виготовлялися для дослідних серій 1-У і У1-УП з тих же замісів бетону.

Дослідні зразки заповнювалися бетоном трьох класів (таб. 2.3). Підбір та приготування бетонних сумішей проводилося відповідно до ДСТУ [22] в бетономішалках примусової дії. Заповнення зразків кожної серії здійснювалося бетонною сумішшю з одного замісу.

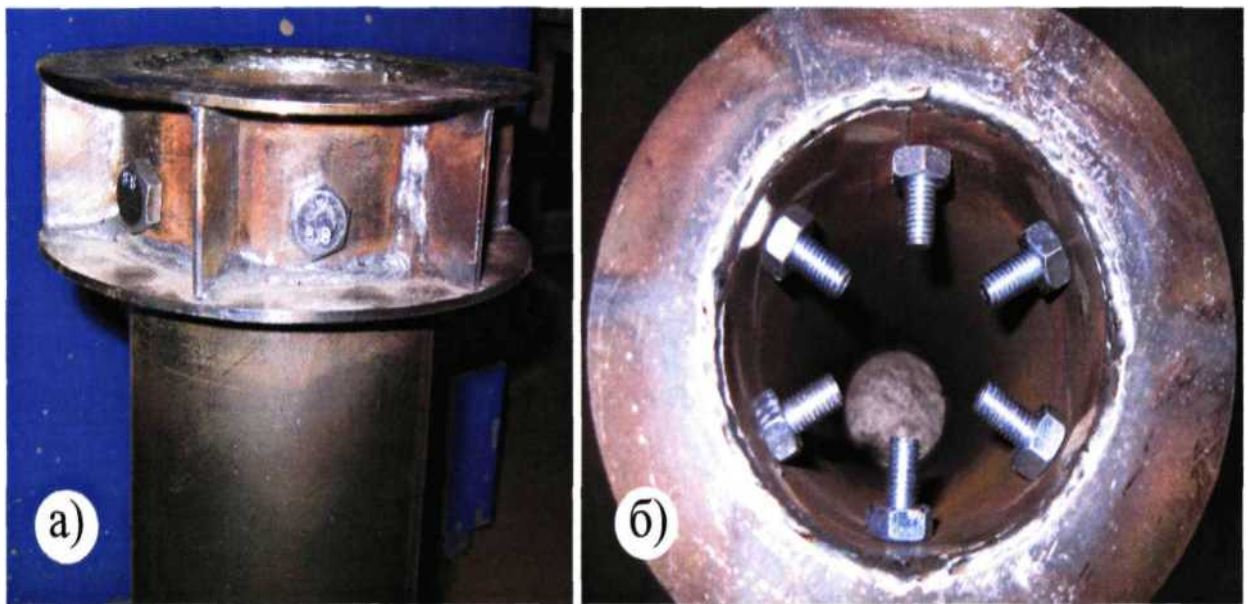


Рисунок 2.3 – Вузол спірання оснащений анкерною системою, серії VII, IX: а - загальний вигляд; б - вид зверху

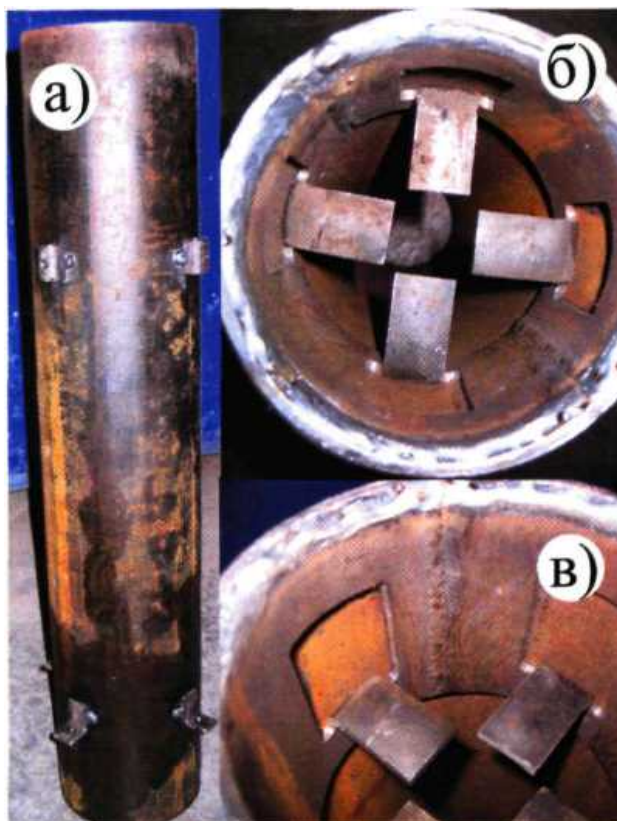


Рисунок 2.4 – Оснащення зразків ІХ серії сполучними муфтами: а - загальний вигляд; б – вид зверху; в - вид збоку



Рисунок 2.5 – Конструкція залізобетонного зразка: а - опалубка і армокаркас; б - загальний вигляд

Таблиця 2. 3 – Склади бетонних сумішей

| № партії | № Серії | Клас бетону | Витрати составляючих, кг/м ³ | | | | Добавка | | В/Ц | ОК, см | Повітря, % |
|----------|-------------|-------------|--|------|-----|--------|----------------------------|----------------------|------|-----------|------------|
| | | | Ц | Щ | П | О я | Вид | Об'єм від маси | | | |
| 1 | 1-У | B40 | 400 | 990 | 680 | 170 | С-3, СНВ | 0,9, 0,0003 | 0,42 | 25 | 2,9 |
| 2 | VI, VII | B40 | 400 | 1010 | 865 | 150 | Sika ViscoCrete 5-800 | 1,2 | 0,38 | 20 | 2,3 |
| 3 | VIII -XI | B55 | 400 | 1040 | 850 | 105 | Sika ViscoCrete 20 Gold | 5 | 0,26 | 24 | 1,1 |
| 4 | XII | B50 | 360 | 1070 | 980 | 125 | Sika ViscoCrete 20 Gold | 3 | 0,35 | 19 | 2,1 |
| 5 | XIII | B35 | 320 | 1020 | 920 | 145 | С-3 | 0,8 | 0,45 | 18 | 2,5 |

Характеристики складових бетонних сумішей:

Заповнювачі

У якості інертних сировинних матеріалів для приготування бетонних сумішей при проведенні досліджень застосовувалися наступні матеріали:

- пісок відповідає вимогам ГОСТ 8736-93, дійсна густина 2,64 г / см, насипна щільність 1,55 т/м, модуль крупності 2,4, вміст пилоподібних глинистих частинок 0,8%, вміст фракцій більш 5мм 0,6%;

- щебінь фракцій 5-10 відповідає вимогам ГОСТ 8270-93 [28], постачальник «Клєсовській кар'єр нерудних копалин» (Україна, Рівненська обл.), дійсна густина 2,68 г / см, насипна щільність 1,5 т / м, марка щебеню по міцності М1400, дані розсіювання (співвідношення фракцій): більш 10мм -2,9%, 10-5мм - 93,7%, менше 5 мм - 3,4%, вміст зерен пластинчастої та голчастої форми 22%, забрудненість пилюватими, глинистими, мулистими 0,9%;

В'язуча речовина

- цемент, який відповідає вимогам ДСТУ 31108-2003 [25] (ЦЕМ І 42,5 Н), завод постачальник ЗАТ «Осколцемент» (ЗАТ «ЄВРОЦЕМЕНТ трейд»); активність

цементу на стиск: у віці 2-х діб - 19,2 МПа, у віці 28-и - діб 48,6 МПа; дійсна густина 3,1 г/см³; насипна щільність 1,15 т/м³; терміни схоплювання: початок через 2 год. 40 хв., кінець через 4г. 20 хв.

Хімічні домішки

У якості пластифікуючих добавок для отримання високорухливих бетонних сумішей з високим ступенем гомогенності, використовувалися наступні добавки:

- суперпластифікатор «С-3»;
- суперпластифікатор «Sika ViscoCrete 5-800»;
- гіперпластифікатор «Sika ViscoCrete-20 GOLD».

Добавка серії «С-3» являє собою суміш натрієвих солей поліметіленнафталінсульфокіслот різної молекулярної маси, що відповідає вимогам ТУ 2481-001-04815236-97. Добавки серій «Зика ВіскоКріт» («Sika ViscoCrete») являють собою водні розчини модифікованих полікарбоксилатів і за показниками якості відповідають вимогам ТУ 2493-0020136113997-2007.



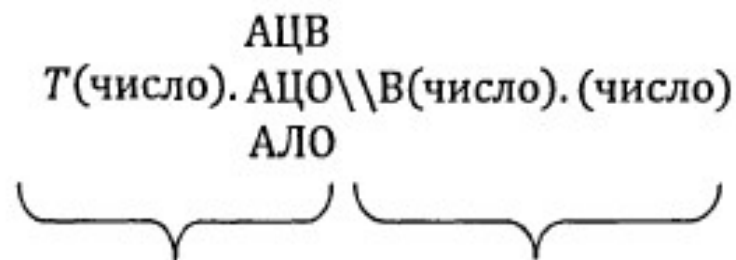
Рисунок 2.6 – Забетоновані зразки 1-У серій

Бетонування зразків проводилося в вертикальному положенні з пошаровим укладанням бетонної суміші при ущільненні за допомогою вібрації на віброплощині (мал. 2.6). Температура навколишнього повітря

коливалася в межах 22-24°C. При кожному бетонуванні серій зразків, із середньої частини замісу виготовлялися контрольні зразки-куби з ребром 10см (12шт) для визначення міцностних характеристик бетону.

Після бетонування, для виключення втрати вологи з дослідних зразків і зразків-кубів, їх відкриті поверхні покривалися поліетиленою плівкою. Через 24 години після виготовлення проводилася розпалубка форм зразків-кубів і разом з досліджуваними трубобетонними зразками переносилися в приміщення з підтриманням відносної вологості повітря не нижче 95% і температурою $20 \pm 2^\circ\text{C}$, де відбувалося твердіння бетону і догляд за ним.

Для зручності подальшого орієнтування між серіями дослідних зразків вводиться таке маркування



інформація про конструкцію

відомості про бетон дослідних зразків

де:

- Т (число) - зовнішній діаметр труби;
- АЦВ - постачання зразків циліндричними анкерами по висоті;
- АЦО - оснащення зразків циліндричними анкерами в оголовочной зоні;
- АЛО - оснащення зразків анкерами у вигляді відгинів в оголовочной зоні;
- В (число). (число) - клас бетону по міцності і водо-цементне відношення.

Для трубобетонних зразків П-У серій, які мають різну насиченість анкерів, вводяться додаткові відомості про глибину і кроки анкерів. АЦВ-0 / (число) .8 (число),

де:

- 0/(число) - вказує на глибину анкерування по відношенню до діаметру;

- Б (число) - крок анкерів по висоті зразка.

Наприклад, наведене нижче маркування слід читати так:

T102. АЦВ-0/4.8170\B40.0,42

Досліджуваний трубобетонний зразок із зовнішнім діаметром сталеві оболонки 102мм, товщиною стінки 2,5мм і висотою 510мм, забезпечений циліндричними анкерами по висоті, глибина яких становить 1/4 від зовнішнього діаметра труби з кроком по вертикалі рівним 170мм, заповнений бетонної сумішшю класу по міцності В40 має водо-цементне відношення 0,42.

2.2. Методика випробування і вимірювальні прилади

Дослідні зразки випробовувалися у віці 3, 7 і 28 діб на гідравлічному пресі 300т МТС-ГТМ, тип ІП-1000, ДСТУ 28840-90 [24] з центральним і позацентровим додатком руйнівних навантажень. Навантаження здійснювалося поступово, по 5т. (10% від теоретичної величини руйнівного навантаження) з витримкою конструкцій під навантаженням протягом 5-7 хвилин для стабілізації деформацій, після чого відбувалося зняття показань з приладів.

Для трубобетонних зразків за руйнівне навантаження приймалася таке, при постійному значенні якого, продовжували зростати деформації більше 7 хвилин. Залізобетонні зразки випробовувалися до повної втрати загальної стійкості.

Додаток навантажень з ексцентриситетом створювалося за допомогою ножового шарніра, що розміщується на оголовку дослідчених трубобетонних зразків (мал. 2.7). Для всіх серій 1 ... У ексцентриситет становив 40мм, для всіх інших (У1-Х1) 30мм.



Рисунок 2.7 – Ножовий шарнір

Передача зусиль на трубобетонні зразки проводилася за двома схемами (мал. 2.8). У першій, зусилля прикладається на весь переріз (на бетонне ядро і сталеву оболонку), а в другій тільки на оболонку.

Експериментальні дослідження за другою схемою передачі зусиль мають велике значення, так як імітують реальні вузли сполучення трубобетонних колон з перекриттям багатопверхових будівель. Додаток навантажень на оболонку здійснювалося на зразки з VI по XI серії. Для чого, зразки серій VI і VII (Т102\B40.0,38 і ТЮ2.АЦО\B40.0,38) оснащувалися опорним коміром з укладанням на нього прошарку у вигляді сталевого кільця, що забезпечувало зазор між бетонним ядром і плитою преса. Для досвідчених зразків з VIII по XI серії (Т102\B55.0,26; ТЮ2.АЦО\B55.0,26; Т108\B55.0,26; ТЮ8.АЛО\B55.0,26) було виточене спеціальне опорне кільце, що має посадочну фаску (мал. 2.9).

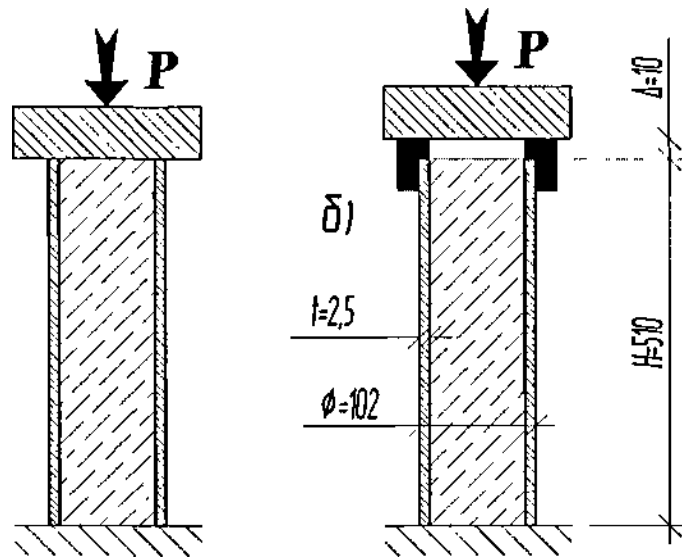


Рисунок 2.8 – Схеми випробувань трубобетонних зразків: а - передача зусиль на весь переріз (на сталеву оболонку і бетонне ядро); б - те ж на оболонку за допомогою опорного коміра або кільця

Перед проведенням випробувань, для рівномірної передачі навантаження на дослідні зразки від штампа преса, їх торцеві поверхні вирівнювалися шаром гіпсового розчину. Центрування вироблялося по вісях нижньої опорної плити. Нижня плита преса забезпечувала шарнірне обпирання. На мал. 2.10 показані колони серії VII (ТЮ2.АЦО\B40.0,38) у пресі, перед початком випробувань.

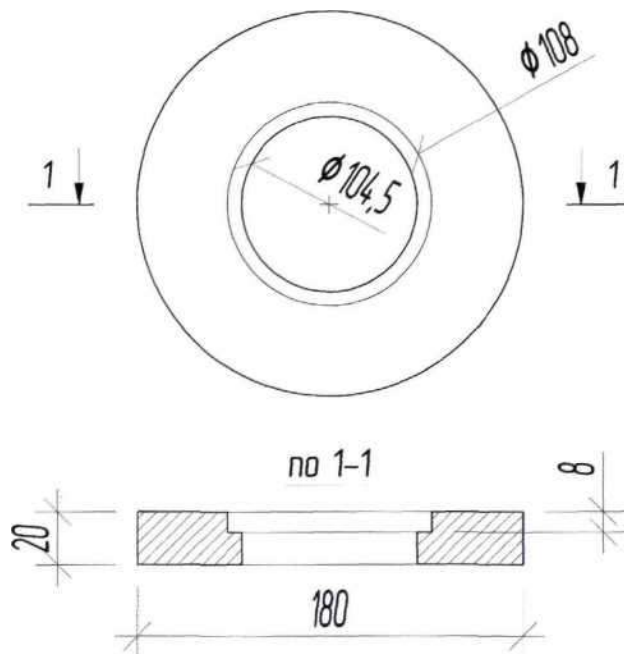


Рисунок 2.9 – Геометричні параметри опорного кільця

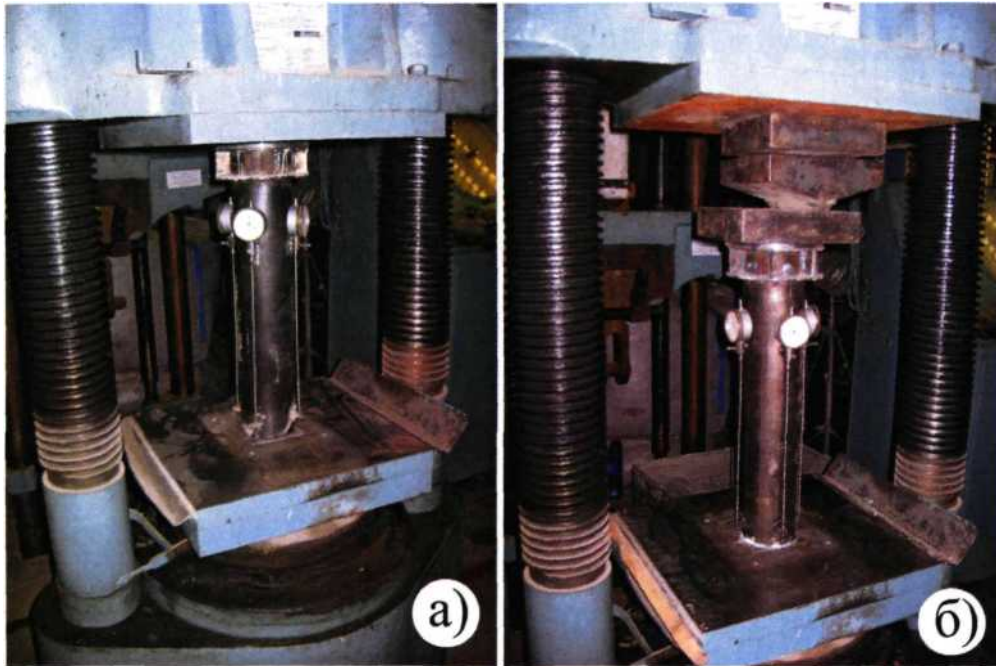


Рисунок 2.10 – Загальний вигляд трубобетонних зразків в пресі VII сери (ТЮ2.АЦО \ B40.0,38): а - при центральному стиску; б - при відцентровому стисканні

Інтенсивність набору міцності досвідчених трубобетонних зразків контролювалася шляхом відбору зразків-циліндрів з середніх частин. Для їх отримання сталеві оболонки розрізали в поздовжньому напрямку, витягувалося бетонне ядро, яке нарізали на циліндри зі співвідношенням розмірів діаметра і висоти 1: 1.

Контрольні зразки-куби і циліндри випробовувалися на гідравлічному пресі П-1, зусиллям до 100 т за ГОСТ 10180-90 [14] і ГОСТ 28570-90 [23]. Центрування кубів і циліндрів вироблялося по геометричному центру.

При випробуванні циліндрів, відібраних з конструкції трубобетонних елементів, їх торці вирівнювалися гіпсовим розчином, остаточне компенсування нерівностей досягалося підкладкою під руйнуються зразки-циліндри фанерних пластинок.

Поздовжні деформації в досвідчених трубобетонних зразках замірялися 4 індикаторами годинникового типу Кіровського заводу ЗАТ

«Червоний інструментальник» ІЧ-10.000ПС відповідні ГОСТ 577-68 [27] з ціною поділки 0,01 мм і класом точності 0 на базі 300мм. При центральному стисненні індикатори розташовувалися з рівномірним кроком по діаметру перетину, також при відцентровому, але із забезпеченням перпендикулярного положення вісі ексцентриситету по відношенню будь-яких двох індикаторів, розташованих в одній площині (мал. 2.11).

Так само в процесі проведення експериментів, був проведений експеримент, який дозволив визначити адгезію бетонного ядра з металевою обіймою трубобетонних зразків серій 1-У, який підтвердив обраний напрям досліджень.

РОЗГОРТКА

ЗАГАЛЬНИЙ ВИД

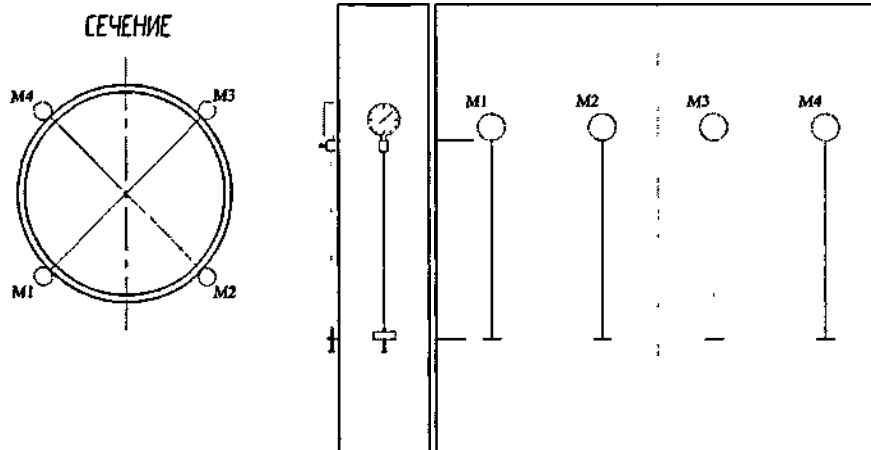


Рисунок 2.11 – Розташування вимірювальних приладів на трубобетонних зразках

Адгезія перевірялася прикладанням зовнішнього навантаження на сталеві оболонки досвідчених трубобетонних зразків 1-У серій зі зрізаними частинами металевих труб в опорних зонах (мал.2.12). Прикладання навантаження здійснювалося через опорне кільце до моменту прослизання оболонки по бетонному ядру на висоту кільця $B = 1$ см

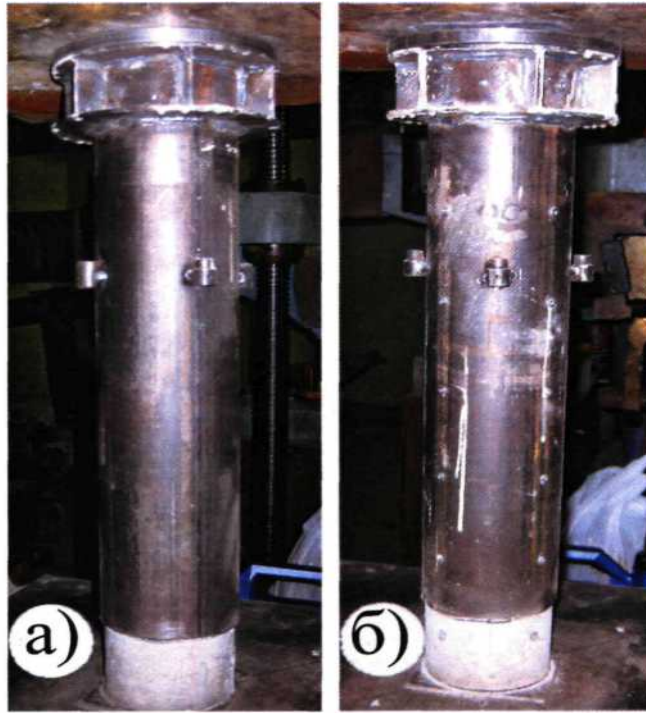


Рисунок 2.12 – Загальний вигляд трубобетонних зразків випробовуваних на адгезію: а - ТБЕ без анкерних систем I серії (ТІ 02 \\\ B40.0,42);
б - ТБЕ з анкерними системами V серії (ТІ02.АЦВ-0 / 3.870 \\\ B40.0, 42).

2.3 Результати експериментальних досліджень

Визначення кубикової міцності по контрольним зразкам-кубам та зразкам-циліндрам, відібраним з трубобетонних конструкцій, проводилося в серіях із трьох зразків за двома найбільшими по міцності відповідно до ГОСТ 10180-90 [14] і ГОСТ 28570-90 [23]. До кожного випробування складався звіт, що складається з протоколу відбору проб і результатів випробувань зразків.

Міцність бетону на стиск, обчислювалася з точністю до 0,1 МПа за такими формулами:

а) для контрольних зразків-кубів

$$R_{обр} = \frac{F}{A} \quad (2.1)$$

де: F - руйнівне навантаження; A - площа робочого перерізу зразка.

Для приведення міцності бетону в випробуваному зразку до міцності бетону в зразку базового розміру

$$R = R^{\text{обр}} \cdot \alpha \cdot 1 \quad (2.2)$$

де: α - масштабний коефіцієнт, що враховує форму і розміри поперечного перерізу випробуваних зразків, приймався за таб. 5 ГОСТ 2857090 [23] і дорівнює 1,0, так як діаметр циліндра більше 90мм; $R^{\text{обр}}$ - коефіцієнт, що враховує відношення висоти циліндра до його діаметру, приймався рівним 1,0 по таб. 2 ГОСТ 28570-90 [23], оскільки ставлення на знаходилося в діапазоні від 0,95 до 1,04.

б) для контрольних зразків-циліндрів

$$R = \alpha \cdot \frac{F}{A} \cdot K_{\text{в}} \quad (2.3)$$

Де: F та A - те саме, що і у (2.1); α - масштабний коефіцієнт для приведення міцності бетону до міцності бетону в зразках базових розміру і форм, приймався рівним 0,95 по таб. 5 ГОСТ 10180-90 [14]; $K_{\text{в}}$ - поправочний коефіцієнт для пористого бетону, що враховує вологість зразків в момент випробування, дорівнює одиниці відповідно до п. 6.3.

Далі відповідно до п. 6.7 ГОСТу 10180-90 [14] проводилася оцінка міцності бетону по ГОСТ 18105-86 [19].

Визначалися середні квадратичні відхилення міцності бетону, при числі одиничних значень в партії рівним трьом (2.4) і коефіцієнти варіації (2.5) за формулами:

$$S_m = \frac{W_m}{d} \quad (2.4)$$

$$V_m = \frac{S_m}{R_m} \cdot 100 \quad (2.5)$$

де W_m - розмах одиничних значень в контрольованій партії; d - коефіцієнт, що залежить від числа одиничних значень, приймався за т.1 ГОСТ 18105-86 [19] рівним 1,69; R_m - середнє значення міцності бетону партії.

Попередньо обчислені значення середніх квадратичних відхилень

міцності бетону і коефіцієнти варіацій для кожної партії наведені в таб. 2.4.

Таблиця 2. 4 – Значення середніх квадратичних відхилень і коефіцієнтів варіацій

| № партії | Клас бетону | Вид добавки | Розмах одиничних значень W_m , МПа | Середнє квадр. відхил. S_m | Коеф. варіації $V_m, \%$ |
|----------|-------------|---------------------------|---|---------------------------------|--------------------------------|
| 1 | B40 | C-3, СНВ | 3,83 | 2,3 | 4,72 |
| 2 | B40 | Sika ViscoCrete 5-800 | 1,13 | 0,70 | 1,39 |
| 3 | B55 | Sika ViscoCrete – 20 Gold | 2,82 | 1,70 | 2,31 |
| 4 | B50 | Sika ViscoCrete – 20 Gold | 3,47 | 2,05 | 3,00 |
| 5 | B35 | C-3 | 2,17 | 1,89 | 4,12 |

Таблиця 2. 5 – Середні міцності бетонів за контрольними зразкам-кубам

| Серії | Вік бетону | Розрушаюче навантаження | Щільність зразка | Міцність зразка | Міцність бетону |
|-------|---------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|--------------------|
| | t, сут. | F, кН | ρ , г/см ³ | $R^{обр}$, МПа | R, МПа |
| I | 3 | 353,0 | 2,40 | 35,42 | 33,64 |
| | 7 | 387,7 | 2,41 | 44,54 | 42,32 |
| | 28 | 415,3 | 2,38 | 51,34 | 48,77 |
| VI | 1 | 150,3 | 2,44 | 15,09 | 14,33 |
| | 3 | 275,7 | 2,45 | 27,85 | 26,45 |
| | 7 | 415,7 | 2,49 | 41,71 | 39,62 |
| | 28 | 509,3 | 2,36 | 50,43 | 47,91 |
| VIII | 3 | 449,7 | 2,47 | 44,38 | 42,16 |
| | 7 | 688,3 | 2,47 | 68,38 | 64,96 |
| | 28 | 752,0 | 2,54 | 75,97 | 72,17 |
| XII | 3 | 436,3 | 2,45 | 43,34 | 41,17 |
| | 7 | 530,3 | 2,49 | 53,21 | 50,55 |
| | 14 | 637,7 | 2,47 | 63,77 | 60,58 |
| | 28 | 664,7 | 2,45 | 66,25 | 62,94 |
| | 56 | 706,7 | 2,47 | 70,90 | 64,50 |
| XIII | 3 | 266,3 | 2,45 | 26,72 | 25,39 |
| | 7 | 382,3 | 2,39 | 38,11 | 36,20 |
| | 14 | 438,0 | 2,40 | 44,09 | 41,89 |
| | 28 | 460,7 | 2,33 | 44,87 | 42,63 |
| | 56 | 454,3 | 2,35 | 44,99 | 42,74 |

Про результати випробувань контрольних зразків-кубів і зразків-циліндрів, відібраних з труобетонних конструкцій на стиск, наведені в таблицях 2.5 і 2.6.

Таблиця 2. 6 – Середні міцнісні характеристики бетонів за зразками-циліндрами відібраних з труобетонних конструкцій

| Серії | Вік бетону | Щільність бетону у шарах труобетону | | | Міцність бетону ушара труобетону | | |
|-------|-----------------|-------------------------------------|----------|------|----------------------------------|----------|-------|
| | | верх | середина | низ | верх | середина | низ |
| | <i>t</i> , сут. | ρ, г/см ³ | | | R ^{ср} , МПа | | |
| I | 28 | 2,36 | 2,28 | 2,30 | 28,58 | 24,17 | 24,20 |
| | 3 | 2,35 | 2,37 | 2,39 | 25,59 | 23,91 | 25,16 |
| VI | 7 | 2,43 | 2,41 | 2,43 | 32,34 | 25,02 | 30,82 |
| | 28 | 2,40 | 2,38 | 2,39 | 42,85 | 34,56 | 34,56 |
| | 3 | 2,49 | 2,50 | 2,51 | 29,37 | 28,17 | 30,52 |
| VIII | 7 | 2,48 | 2,52 | 2,57 | 56,15 | 55,21 | 56,81 |
| | 28 | 2,50 | 2,49 | 2,49 | 70,03 | 66,74 | 70,64 |
| | 3 | 2,45 | 2,46 | 2,47 | 32,36 | 32,61 | 32,74 |
| XII | 7 | 2,45 | 2,44 | 2,49 | 45,86 | 45,10 | 42,50 |
| | 14 | 2,54 | 2,50 | 2,55 | 51,73 | 50,82 | 51,46 |
| | 28 | 2,59 | 2,69 | 2,69 | 57,30 | 57,36 | 58,19 |
| | 56 | 2,55 | 2,65 | 2,65 | 63,09 | 61,10 | 62,20 |
| | 3 | 2,42 | 2,41 | 2,41 | 23,16 | 22,12 | 24,38 |
| XIII | 7 | 2,38 | 2,37 | 2,37 | 27,97 | 27,08 | 28,63 |
| | 14 | 2,48 | 2,45 | 2,45 | 32,26 | 31,01 | 32,13 |
| | 28 | 2,51 | 2,49 | 2,43 | 34,60 | 33,52 | 34,33 |
| | 56 | 2,54 | 2,48 | 2,41 | 40,18 | 39,38 | 40,52 |

В процесі випробувань виявлено, що наростання міцності бетону, що твердіє в сталевій трубі, відбувається менш інтенсивно, ніж бетону контрольних зразків. Бетон, укладений в сталеву оболонку, має нерівномірну структуру по висоті елемента, його міцності вище в верхніх шарах конструкції (в зоні оголовка), де присутня міграція води близька до контрольних зразків. Загальне зниження міцності бетонного ядра в віці 28 діб в порівнянні з контрольними зразками-кубами склало: АЯ1=24% для дослідних зразків серій I (Т102\B40.0,42); Д112=19% для VI серій (Т102\B40.0,38); ДК3=7% для VIII серій (Т102\B55.0,26;). Статистична обробка результатів випробувань представлена на малюнках 2.13 динамікою набору міцності контрольних зразків-кубів і зразків-циліндрів відібраних з труобетонних елементів.

Найменша різниця міцнісних показників контрольних зразків-кубів і зразків-циліндрів, відібраних з труботетонних, досягнута при зниженні В/Ц до 0,26, що дозволяє отримати проектну міцність до 28 добовому витримуванню, що також дозволяє підвищити однорідність структури бетону.

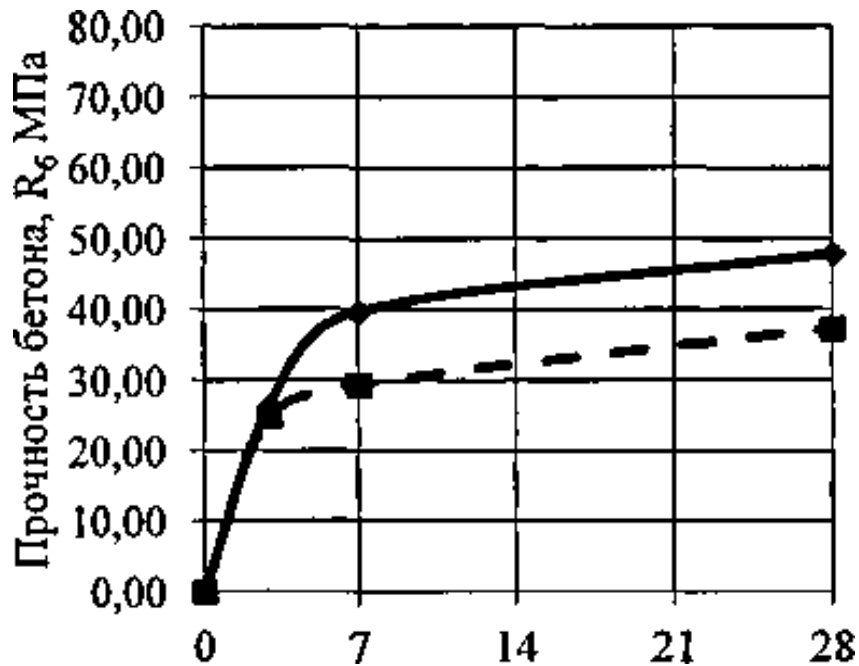


Рисунок. 2.13. Динаміка набору міцності контрольних зразків-кубів і зразків-циліндрів, відібраних з труботетонних елементів, для серій 1-У (Т102 \B40.0,42)

2.4. Міцність і деформативність труботетонних зразків

Додаткові дослідження, пов'язані з виявленням характеру набору міцності бетонного ядра, укладеного в сталеву оболонку, в залежності від класу бетону і В/Ц були проведені в XII і XIII серіях. При класі бетону В35 з В/Ц = 0,45 відхилення міцності бетонного ядра в 28 добовому віці складає 23%, для бетону В50 з В/Ц = 0,35 - 7%, а при їх витримці 56 діб досягає міцності контрольних зразків-кубів з коефіцієнтом варіації в межах нормативних вимог (мал. 2.16-2.17).

Спочатку виконано зіставлення несучих здібностей досліджуваних трубобетонних зразків із залізобетонними циліндричної форми, які мають рівні площі поперечного перерізу металу і бетону. Результати випробувань показали перевищення руйнівного навантаження для трубобетонних зразків більш ніж в 2 ... 2,2 рази (мал. 2.14).

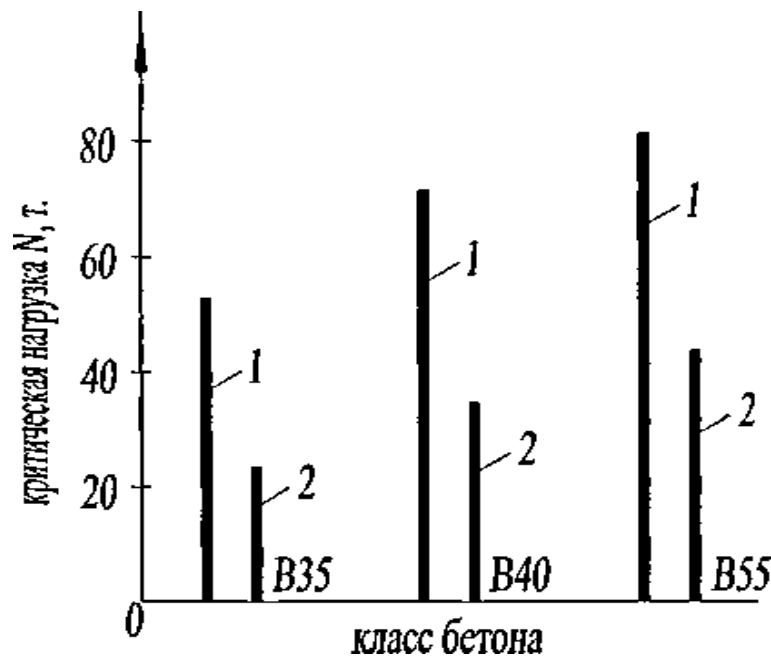


Рисунок 2.14 – Несуча здатність досліджуваних трубобетонних і залізобетонних зразків: 1 - дослідні зразки з трубобетону; 2 - те ж залізобетону

В процесі проведення серій експериментів виконані випробування пустотілих металевих труб і бетонних циліндрів. Результати дослідів наочно демонструють ефективність трубобетонних елементів. Несуча здатність трубобетонних зразків перевершує сумарну порожніх труб та бетонних циліндрів в 1,4-1,5 разів.

Робота центрально навантажених зразків всіх серій відбувалася в 4х наступних стадіях:

1. Стадія пружної роботи. На якій поздовжні деформації росли прямо пропорційно зовнішнього стискаючого навантаження до досягнення

величини порядку 40 ... 50'10'3мм (досягнення осьовими напруженнями в оболонці умовної межі текучості);

2. Упругопластична стадія роботи. При якій на поверхні оболонки з'являлися лінії Чорного-Людерса;

3. Стадія пластичної роботи. Різко збільшувалися деформації без можливості зняття звіту з вимірювальних приладів при постійному показанні прикладеного навантаження;

4. Стадія руйнування. Характеризувалася появою гофр в оголовочній частині та складок, а із збільшенням навантаження підвищувалася швидкість поздовжніх деформацій нелінійного розвитку.

Робота позацентрове навантажених зразків всіх серій відбувалася в 2х стадіях:

1. Стадія пружною роботи. Де поздовжні деформації зроста прямо пропорційно зовнішньому стискаючому навантаженню;

2. Стадія руйнування. При якій відбувалося різке викривлення зразків щодо вертикальної осі і змінання опорної зони з боку прикладання ексцентриситету. Подібні результати були отримані в [31].

У таб.2.7 та 2.8 наведені основні чисельні показники експериментальних досліджень центрально і позацентрово стиснених трубобетонних зразків при прикладанні руйнівних навантажень на сталеву оболонку і весь перетин (комплексно). В даних таблицях представлені експериментально визначені значення навантажень, відповідні:

- межі пружної роботи при комплексному додатку зовнішньої сили $N_{el,ком}$;
- те ж саме при оболонковому прикладанні зовнішньої сили $N_{el,об}$;
- максимальне навантаження при комплексному прикладанні $N_{max,ком}$;
- те ж саме при оболонковому прикладанні $N_{max,об}$;

Для наочної і кількісної оцінки ефективності роботи трубобетонних елементів, оснащені анкерними системами в зоні оголовка, визначені два відносини:

- відношення навантажень, відповідні межі пружної роботи зразків при оболонковому і комплексному їх застосуванні - $N_{el,об} / N_{el,ком}$;

- відношення максимального оболонкового навантаження до максимального комплексного $N_{max,об} / N_{max,ком}$;

Примітки до таб.2.7 і 2.8:

1. Зразки серій №1-У не випробовувалися на центральне і позацентрове стиснення із оболонковим додатком навантаження;

Таблиця 2. 7 – Основні чисельні показники експериментальних досліджень при центральному стиску

| № серії | Позначення серії | $\sigma_{1,КО}$ М, Т. | $\sigma_{e,об}$, т. М | $\sigma_{4щ,ко}$ Т. | $\sigma_{14ю,ах}$, об Т. | $N_{06} / N_{61,ком}$ | $N_{103\%,о}$ б $X_{T,ах,ком}$ |
|----------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| I | T102\B40.0,42 | 30 | - | 71,5 | - | - | - |
| II | T102.АЦВ- 0/4.8170\B40.0,42 | 25 | - | 71 | - | - | - |
| III | T102.АЦВ- 0/4.870\B40.0,42 | 35 | - | 72 | - | - | - |
| IV | T102. АЦВ- 0/3.8170\B40.0,42 | 35 | - | 72,1 | - | - | - |
| V | T102. АЦВ- 0/3.870\B40.0,42 | 35 | - | 70,3 | - | - | - |
| VI | T102\B40.0,38 | 45 | 25 | 73,2 | 4,12 | 0,56 | 0,56 |
| VII | T102. АЦО\B40.0,3 8 | 45 | 45 | 71,2 | 63,7 | 1,00 | 0,89 |
| VII I | T102\B55.0,26 | 50 | 27 | 82,4 | 41,2 | 0,54 | 0,50 |
| IX | TЮ2.АЦО\B55.0,26 | 50 | 45 | 83,7 | 78,9 | 0,90 | 0,94 |
| X | T108\B55.0,26 | 50 | 20 | 81,2 | 45,6 | 0,40 | 0,56 |
| XI | T108. АЛО\B55.0,26 | 50 | 50 | 81,5 | 73,8 | 1,00 | 0,91 |

Таблиця 2. 8 – Основні чисельні показники експериментальних досліджень при відцентровому стисканні

| № сер | Обозначение серии | N _{max} .К ОМ Т. | N _{max} , об Т. | N _{max} ,об / N _{max} .КО М |
|-------|--------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|--|
| 1 | 2 | 5 | 6 | 8 |
| I | T102\B40.0,42 | 21,5 | - | - |
| II | TIO2.AU,B-0/4.S170\B40.O,42 | 26,3 | - | - |
| III | TIO2.AU,B-0/4.S70\B40.O,42 | 21,8 | - | - |
| IV | T1 02. АЦВ-0/3 .S 170\B40.0,42 | 21,0 | - | - |
| V | TIO2.AIB-0/3.S70\B40.O,42 | 26,0 | - | - |
| VI | T102\B40.0,38 | 55,2 | 25,7 | 0,47 |
| VII | TЮ2.АЦО\B40.0,38 | 54,7 | 45,8 | 0,84 |
| VIII | T102\B55.0,26 | 53,7 | 25,4 | 0,47 |
| IX | TЮ2.АЦО\B55.0,26 | 53,4 | 50,3 | 0,94 |
| X | T108\B55.0,26 | 57,6 | 30,1 | 0,52 |
| XI | TЮ8.АЛО\B55.0,26 | 57,1 | 45,5 | 0,80 |

2. У маркуванні серій прийняті наступні умовні позначення: T102 або 108 - зовнішній діаметр труби з товщиною стінки 2,5 і 3,5 відповідно; АЦВ - анкерівка циліндричними анкерами по всій висоті труби; 0/(число) - глибина анкерування по відношенню до діаметру; 8 (число) - крок анкерування; АЦО- анкерні циліндричні системи в оголовочній частині; АЛО- анкерні пелюсткові системи в оголовочній частині; \B (число ') . (Число>) - відомості про клас бетону і водоцементному відношенні.

Обробка експериментальних даних представлена епюрами поздовжніх деформацій сталевих оболонок (рис. 2.19-2.28, 2.33-2.37 і 2.40-2.48).

З графіків поздовжніх деформацій обидвома центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних елементів I-V серій (мал. 2.19-2.28) видно, що пристрій внутрішніх анкерних систем не робить істотного впливу на характеристики міцності трубобетонних елементів при комплексному додатку навантаження. Отримані результати протилежні опублікованими в 1995 році [97] американськими вченими Philip F. Boyd, William F. Cofer і David I Mclean, які провели експеримент із забезпечення спільної роботи

бетонного ядра і сталеві оболонки шляхом влаштування на внутрішній поверхні труби анкерів. Результати їх експериментів показали підвищення несучої здатності на 5%, що пояснюється великими розмірами анкерів і їх більш частого кроку розстановки по висоті трубобетонного елемента.

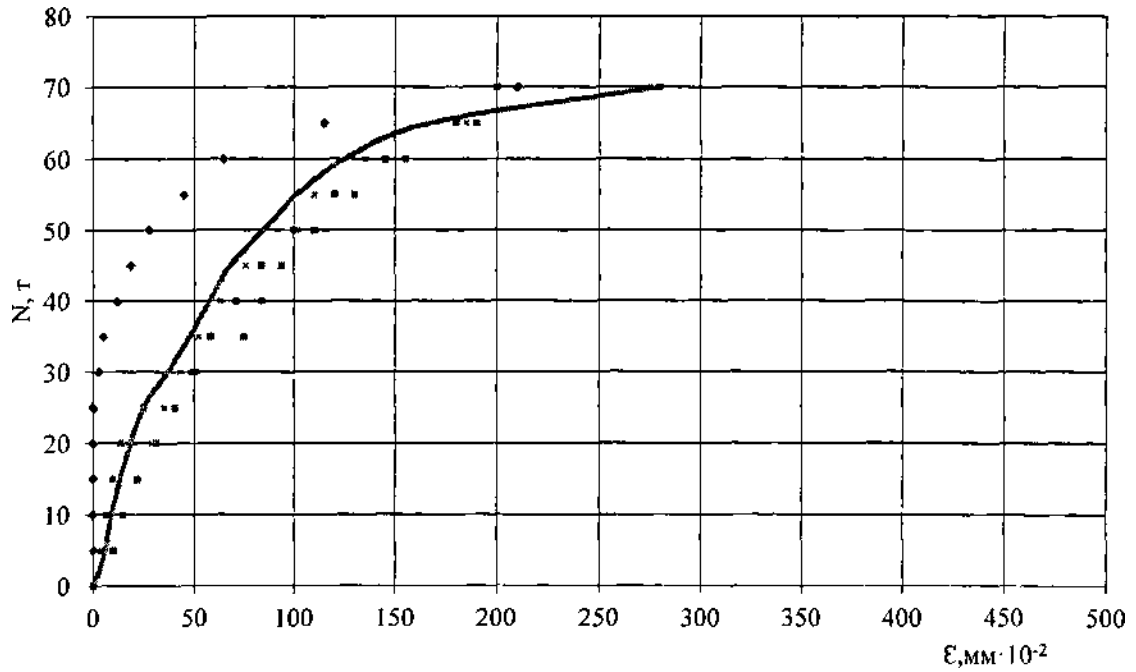


Рисунок 2.19 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕІ серії Т102 \ B40.0,42)

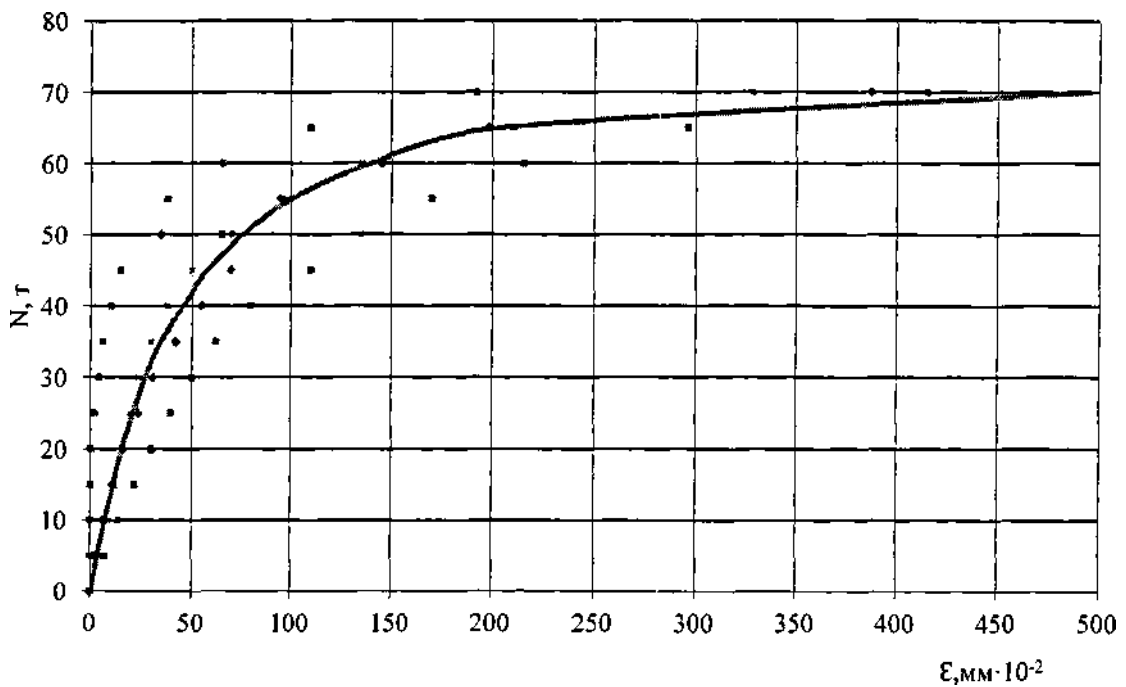


Рисунок 2.20 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ II серії (ТІ О2.АЦВ-0 / 4.6 170 \ B40.0,42)

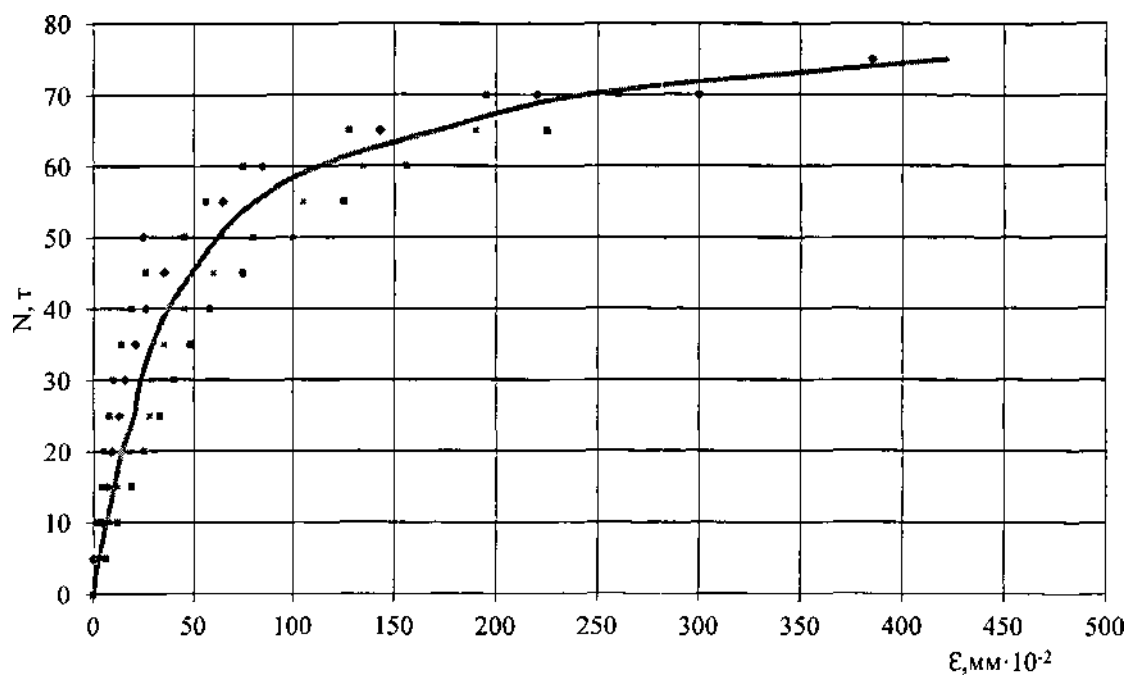


Рисунок 2.21 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ III серії (Т1О2.АЦВ-0 / 4.87О \ \ В4О.О, 42)

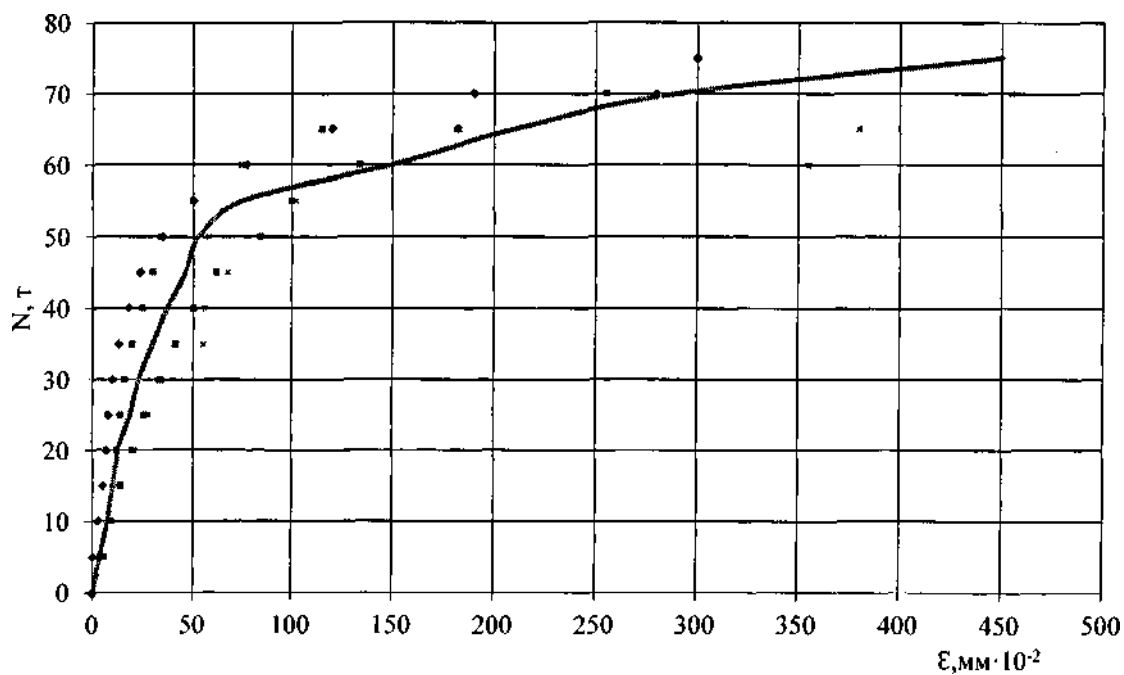


Рисунок 2.22 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ IV серії (Т1О2.АЦВ-0 / 3.817О \ \ В4О.О, 42)

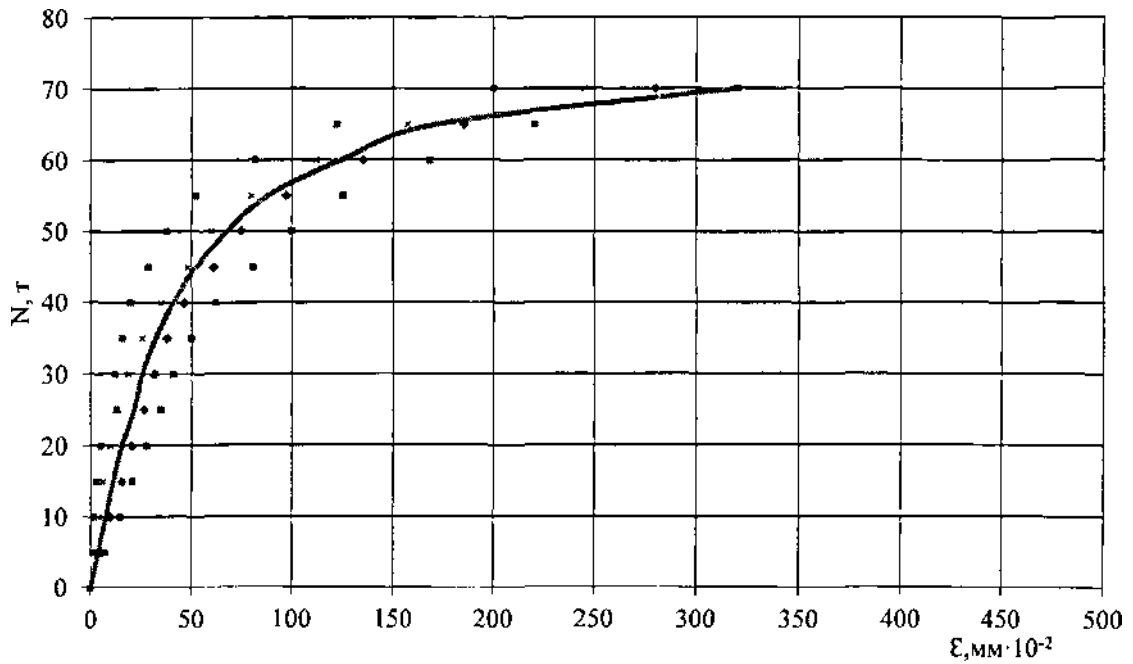


Рисунок 2.23 – Поздовжні деформації обійми у центрально стислому ТБЕ V серії (Т102.АЦВ-0 / 3.870 \ \ В40.0, 42)

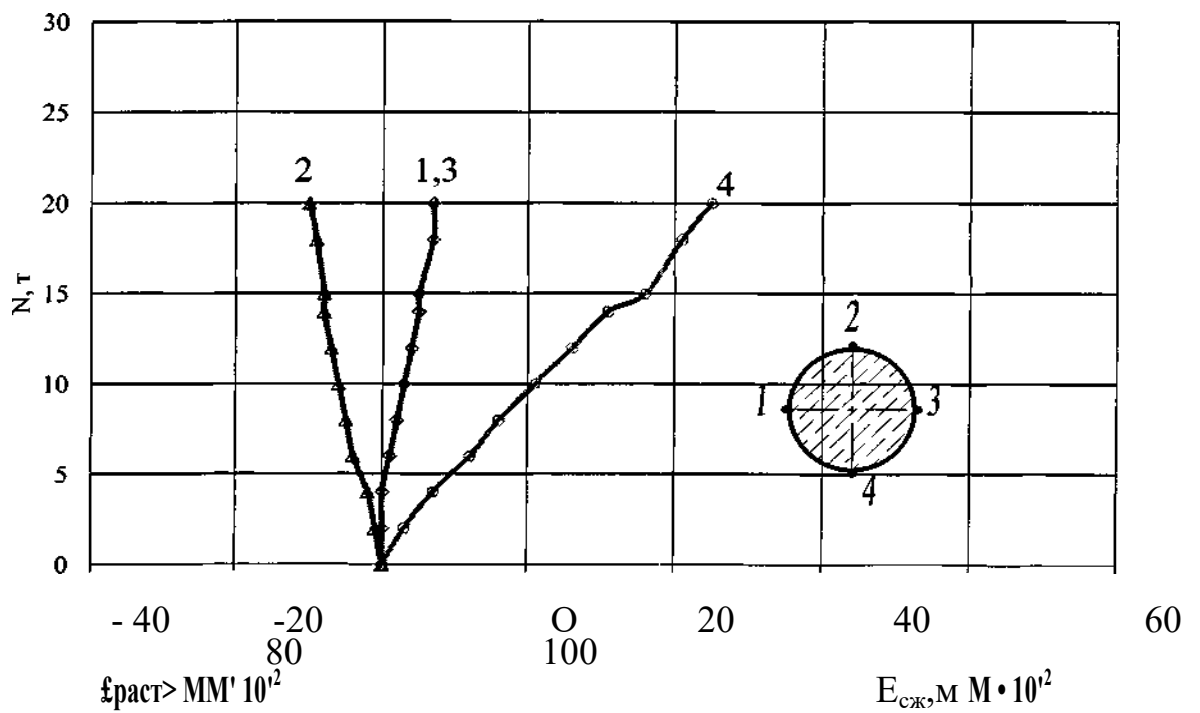


Рисунок 2.24 – Поздовжні деформації обійми у позацентрово стислому ТБЕ I серії (Т102 \ \ В40.0,42)

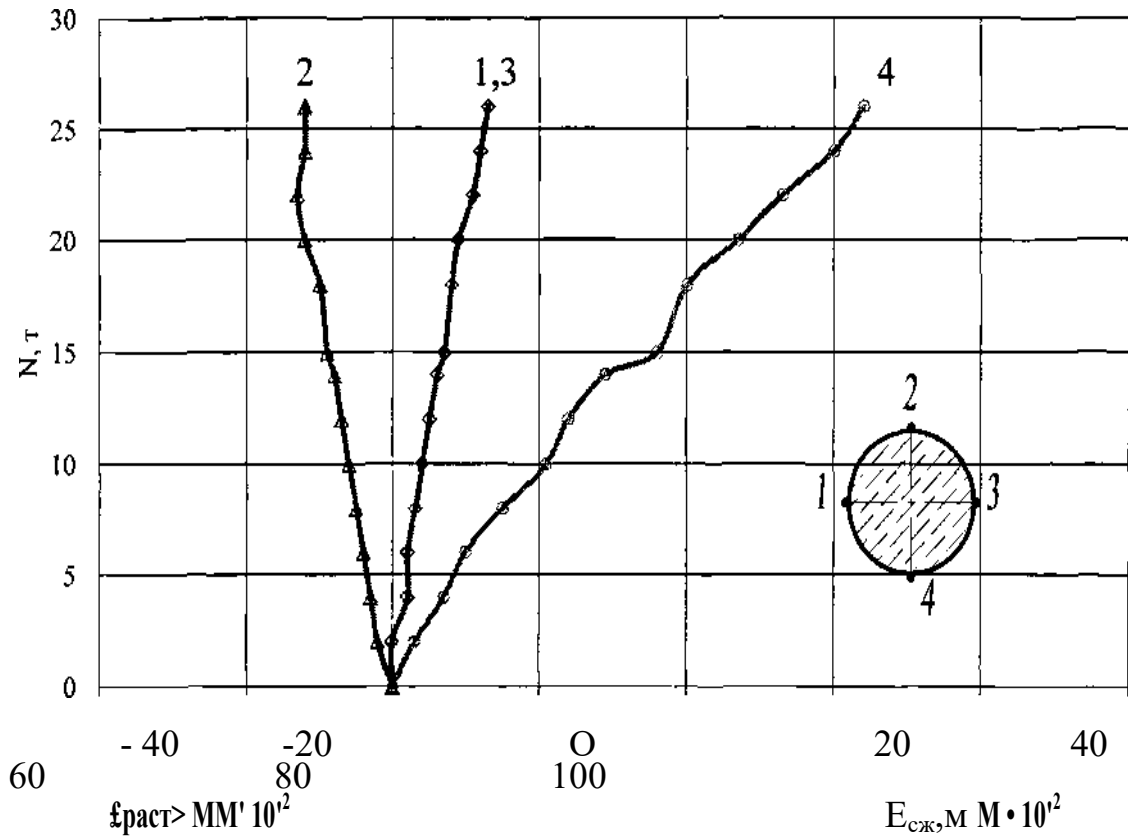


Рисунок 2.25 – Поздовжні деформації обойми у позацентрово стислому ТБЕ II серії (Т1О2.АЦВ-0 / 4.8170 \ \ В40.0,42)

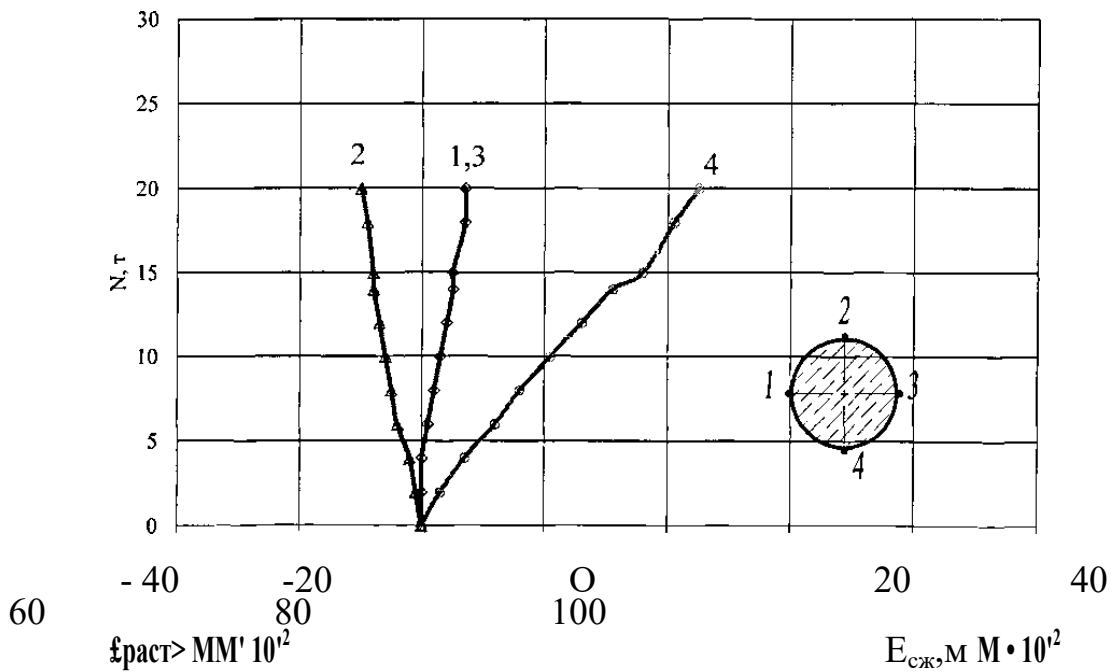


Рисунок 2.26 – Поздовжні деформації обойми у позацентрово стислому ТБЕ III серії (Т1О2.АЦВ-0 / 4.870 \ \ В40.0, 42)

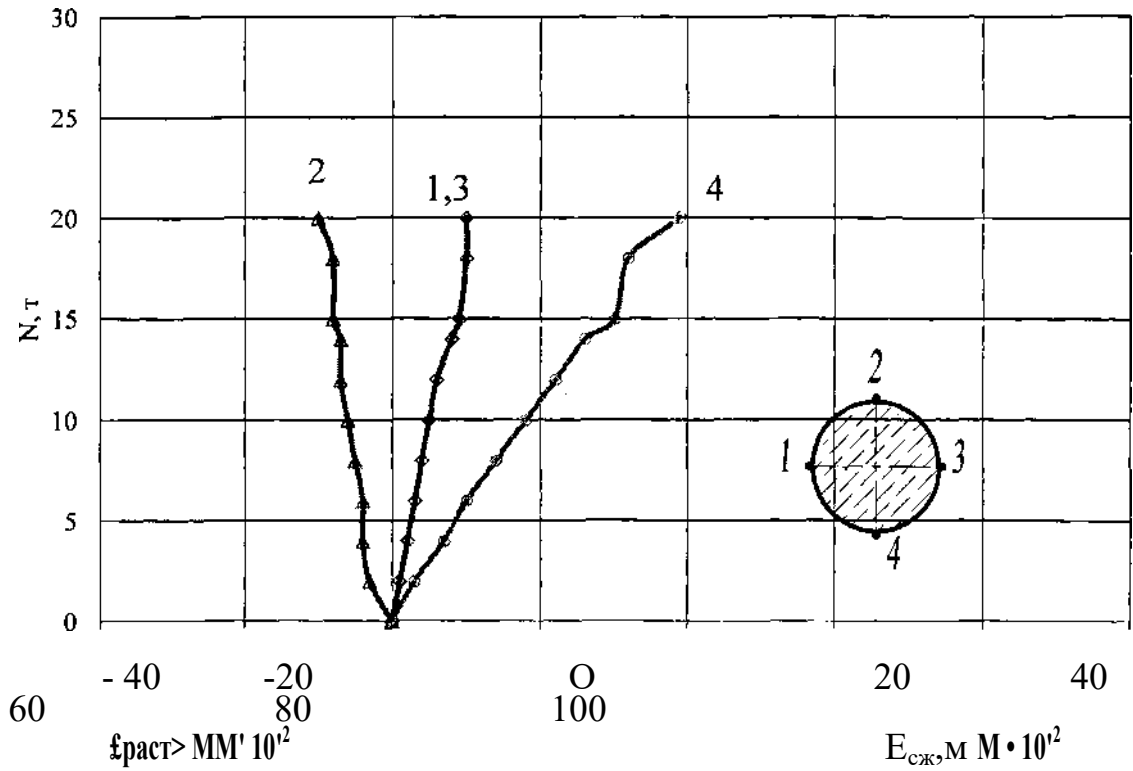


Рисунок 2.27 – Поздовжні деформації обойми у позацентрово стислому ТБЕ IV серії (Т102. АЦВ-0 / 3.8170 \ \ В40.0,42)

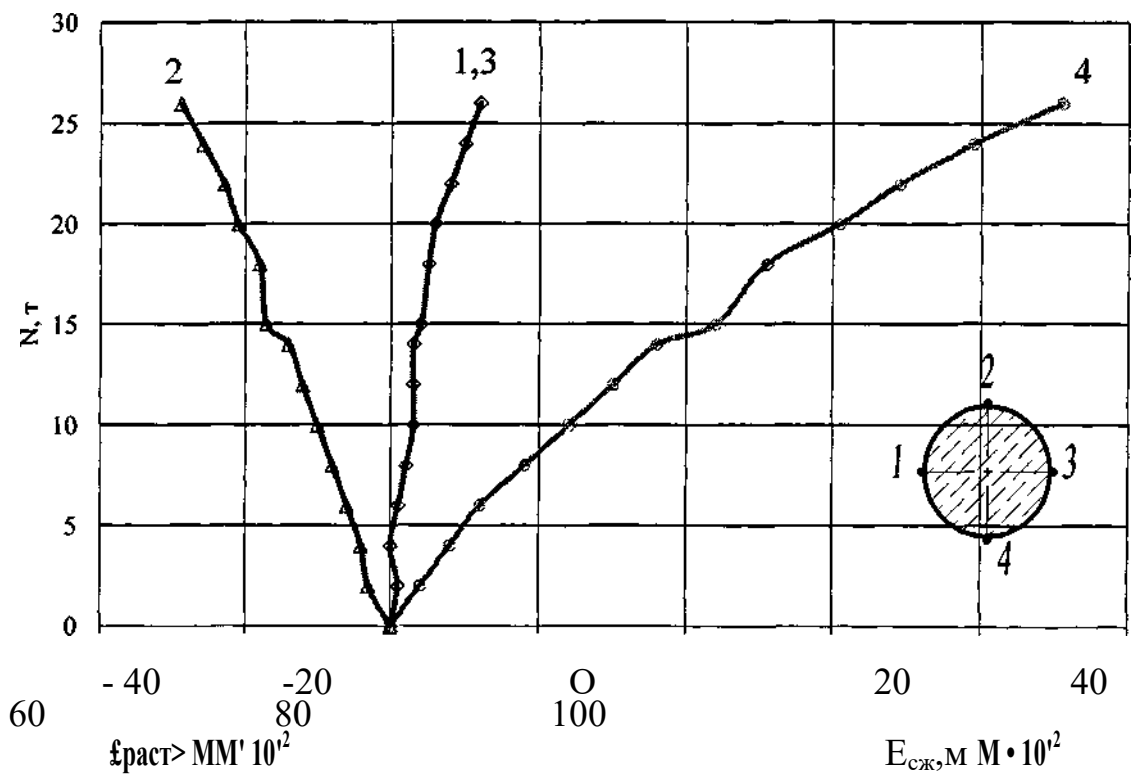


Рисунок 2.28 – Поздовжні деформації обойми у позацентрово стислому ТБЕ V серії (Т102.АЦВ-0 / 3.870 \ \ В40.0, 42)

Руйнування центрально стислих зразків I (T102\ B40.0,42) серії починалося з візуального розширення оголовочної частини з подальшим викривленням всього елемента щодо вертикальної осі. У зразках з II по V серії (T102.АЦВ\B40.0,42) візуальні деформації оголовочної частини здебільшого не виявлено, при втраті загальної несучої здатності, а також зафіксовано викривлення зразків уздовж вертикальної осі.

Характер деформування центрально стислих трубобетонних елементів 1-У (T102 T102.АЦВ\B40.0,42) серій проілюстрований на мал. 2.29 графіками зміни обсягу оболонки по висоті дослідних зразків після їх руйнування. З графіка випливає, що внутрішні анкери, а також їх крок і глибина впливають на розподіл концентрацій напружень з оголовочної частини елемента по всій його висоті.

Руйнування позацентрово стислих дослідних зразків починалося з випинання стінки металевої труби в зоні прикладання навантажень. При збільшенні навантажень до граничних, на оболонках починали з'являтися лінії Людерса-Чернова з боку прикладання ексцентриситетом.

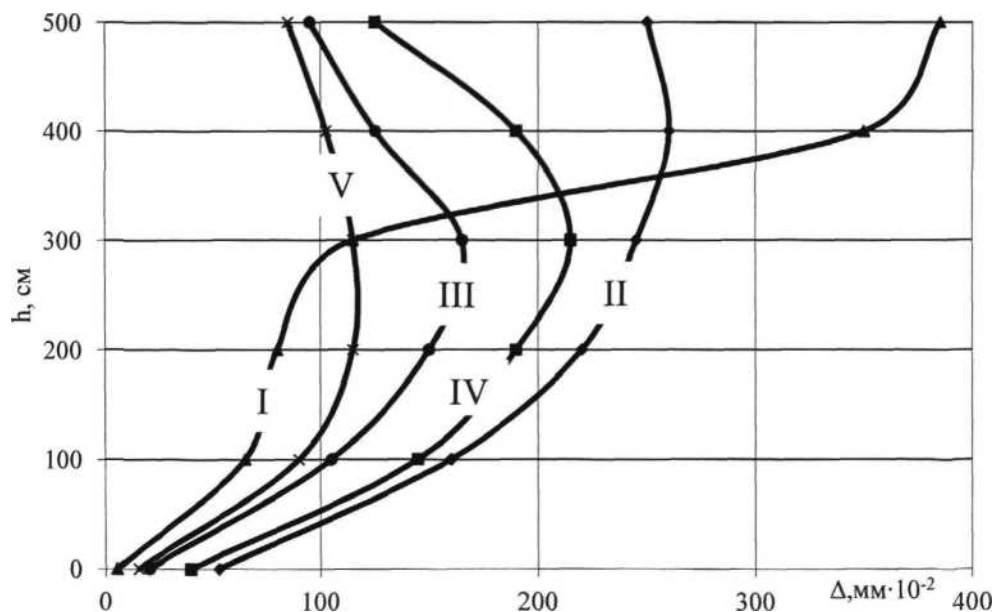


Рисунок 2.29 – Графік деформування центрально стислих ТБЕ 1-У серій

Вивчення деструктивних процесів деформування, а також адгезійних характеристик бетонного ядра з обіймою, здійснювалося після зняття з дослідних зразків сталевих оболонок. Для запобігання утворенню додаткових деформацій бетонного ядра, в ході його вилучення, було знято закріплення внутрішніх анкерів в металевих трубах за допомогою зрізу їх капелюшків.

У всіх зразках з I по V серії (Т102\B40.0,42; Т102.АДВ \B40.0,42), після зняття оболонок, бетонне ядро повторює форму деформованої труби (мал.2.30а), що свідчить про придбанні їм властивості пластичної течії, а роздроблення бетону зафіксовано тільки в місцях утворення гофр. Витягнуте ядро в зразках серій П-У (Т102.АЦВ\B40.0,42) мало відрив бетону в зонах розміщень анкерів (мал. 2.30б), а при глибині анкерів рівній 1/3 діаметра труби з максимальним числом рядів по висоті при знятті оболонки стався розкол бетонного ядра по вертикальній осі (мал.2.30в).

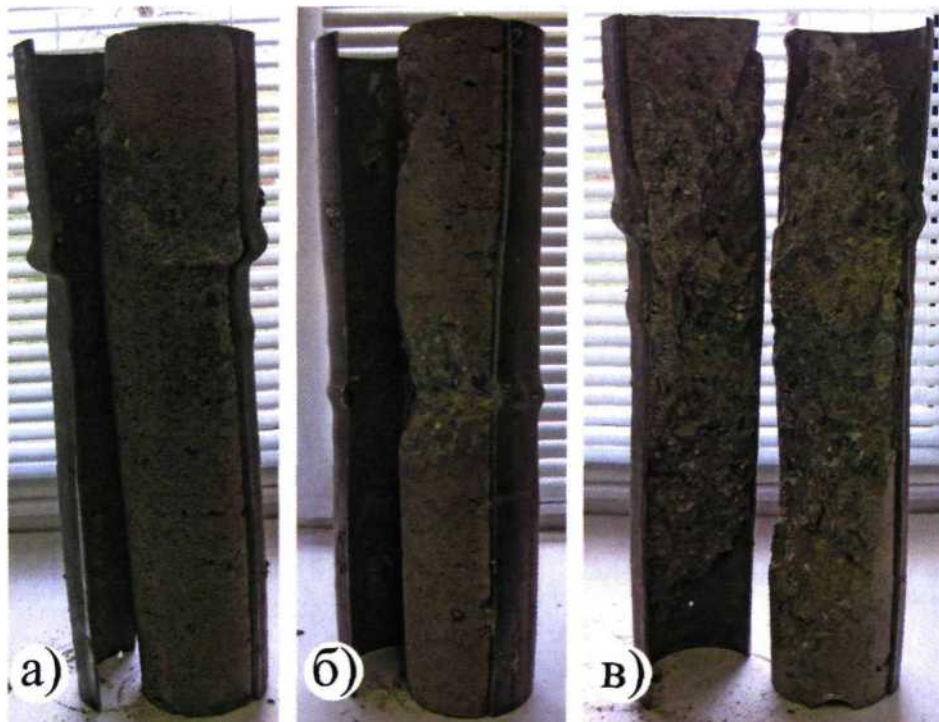


Рисунок 2.30 – Характер деформування досліджуваних трубобетонних зразків після зняття сталевих оболонок: а - трубобетонний елемент I серії (Т102 \B40.0,42); б - те ж II серії (Т102.АЦВ-0 / 4.8170 \B40.0,42); в - те ж V серії (Т102.АЦВ-0 / 3.870 \B40.0, 42)

Результати проведених серій експериментів по визначенню ступеня адгезії бетонного ядра з металевою оболонкою в трубобетонних зразках І (Т102\B40.0,42) і V (Т102.АЦВ-0/3.870\B40.0, 42) серій показали більш ніж дворазове перевищення навантаження в зразку V серії забезпеченого циліндричними анкерами діаметром 3мм, глибиною 35мм (1/3 діаметра труби) з кроком по висоті 70мм (мал.2.31, 2.32).

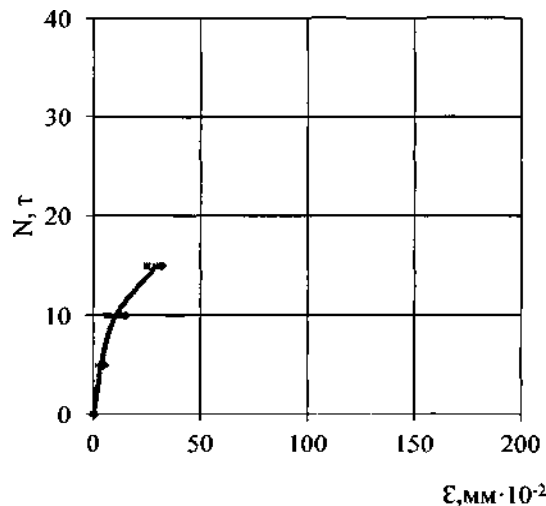


Рисунок 2.31 – Переміщення сталеві оболонки по бетонному ядру в ТБЕ І серії при випробуванні на адгезію (Т102 \ B40.0,42)

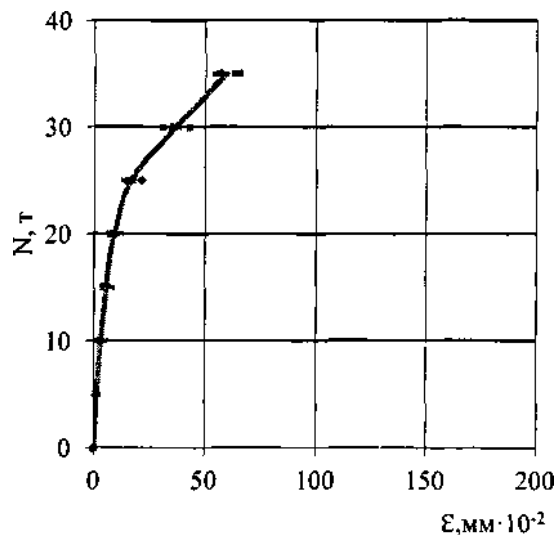


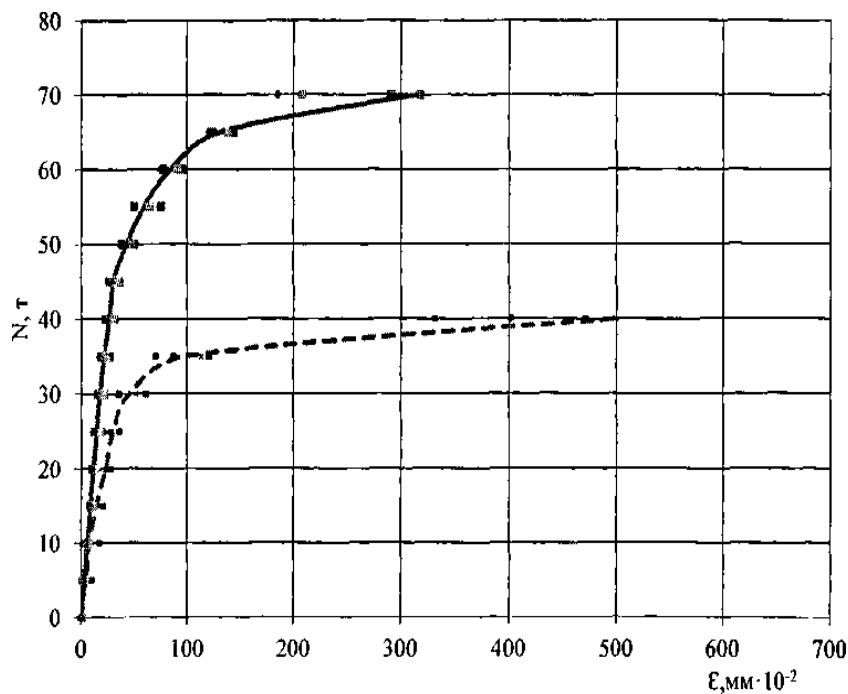
Рисунок 2.32 – Переміщення сталеві оболонки по бетонному ядру в ТБЕ V серії при випробуванні на адгезію (Т102.АЦВ-0 / 3.Б70 \ B40.0, 42)

Оскільки, внутрішня анкерівка трубобетонних елементів по всій висоті перетину, як показали результати експериментально-аналітичних

досліджень, не робить істотного впливу на підвищення міцності, а впливає на адгезію і деформативні властивості, подальші дослідження були спрямовані на підвищення ефективності конструктивно-технологічних рішень вузлів сполучення трубобетонних елементів по висоті та перекриття в багатоповерхових будинках і спорудах.

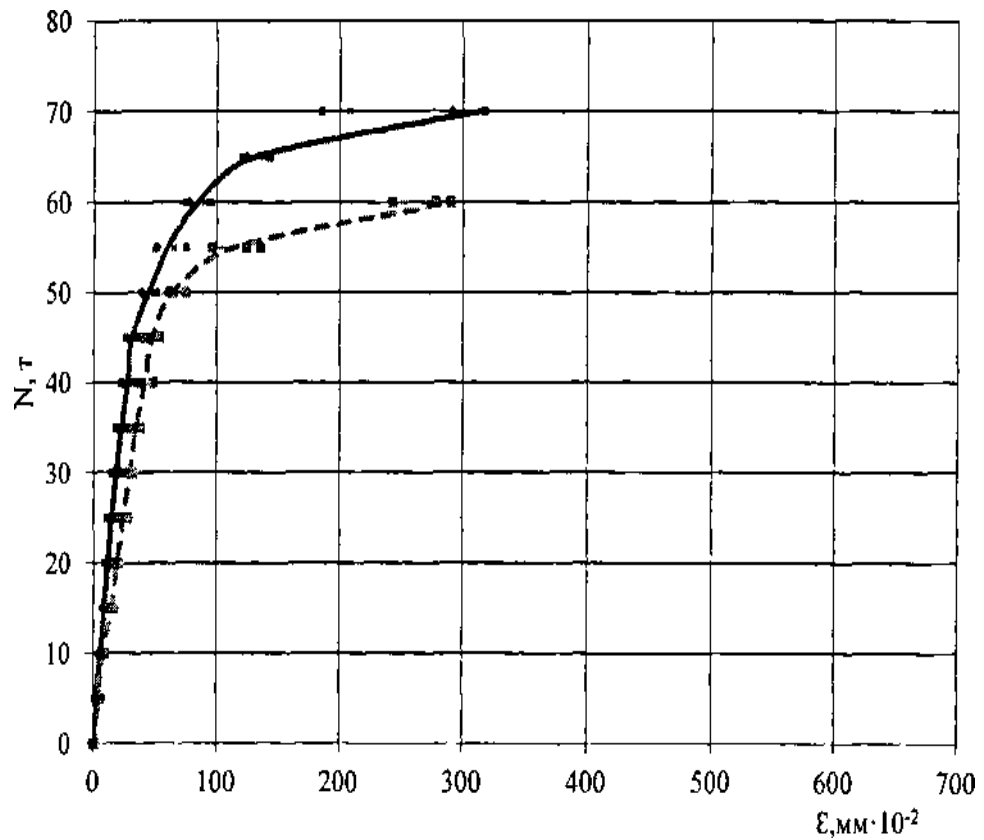
Для зразків VI і VII серій (Т102\B40.0,38 і ТЮ2.АЦО\B40.0,38) був виконаний порівняльний аналіз поведінки центрально і позacentрово навантажених трубобетонних зразків при комплексному і оболонковому додатку руйнівних навантажень. Статистична обробка експериментальних даних представлена на мал.2.33-2.37 графіками поздовжніх деформацій обойм.

Результати випробувань показали, що при передачі навантажень на оболонку, в зразках, які не мають анкерні системи (зразки VI серії - Т102\B40.0,38) виявляється ранній початок утворення деформацій і зниження несучої здатності до 45% в порівнянні з отриманими свідченнями при спільному додатку навантаження на бетонне ядро і оболонку.



комплексне навантаження - - - навантаження на оболонку

Рисунок 2.33 – Поздовжні деформації обойми в центрально стислому ТБЕ VI серії (Т102 \ B40.0,38)



комплєксне навантаження - - - навантаження на оболонку

Рисунок 2.34 – Поздовжні деформації обойми в центрально стислому ТБЕ VII серії (Т102. Ацо \ \ В40.0,38)

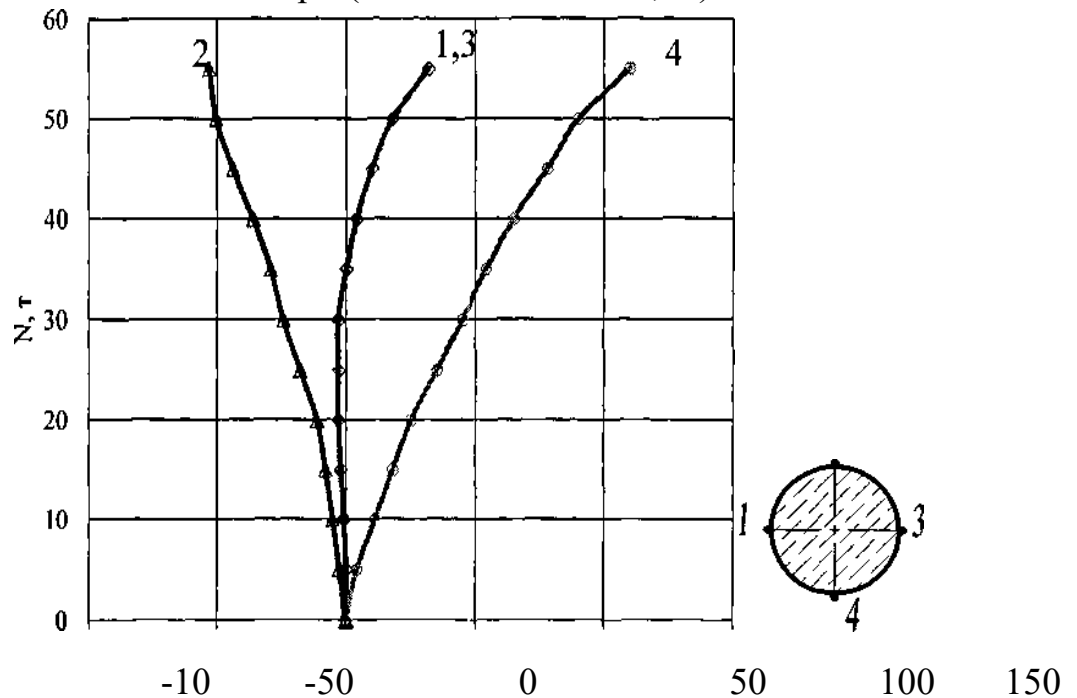


Рисунок 2.35 – Поздовжні деформації обойми в позацентрично стислому ТБЕ VI серії при комплексному додаванні навантаження (Т102 \ \ В40.0,38)

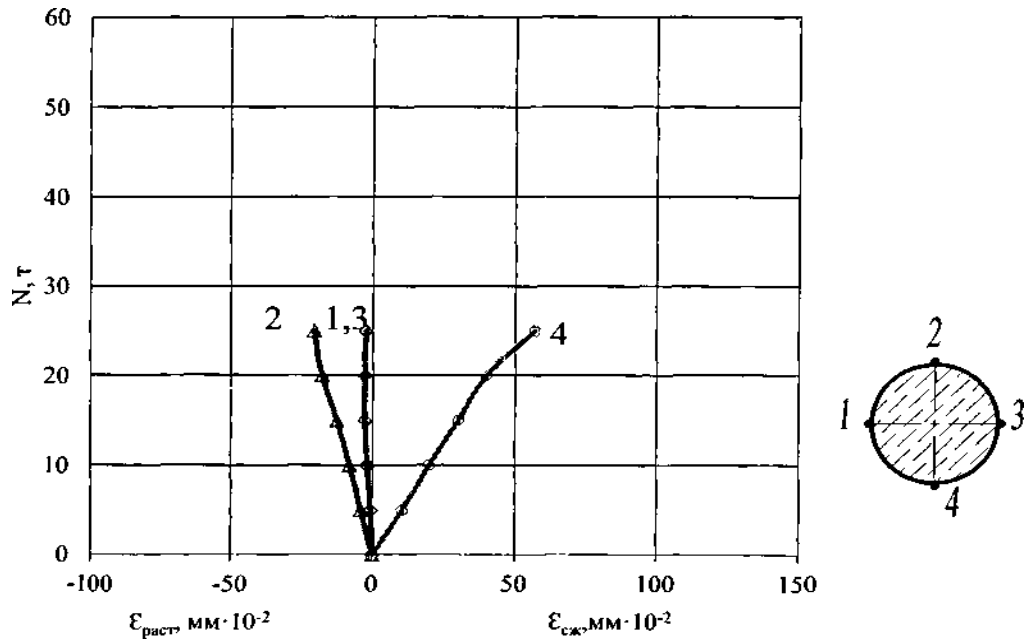


Рисунок 2.36 – Поздовжні деформації обойми в позацентренно стислому ТБЕ VI серії при додаванні навантаження на оболонку (Т102 \ \ В40.0,38)

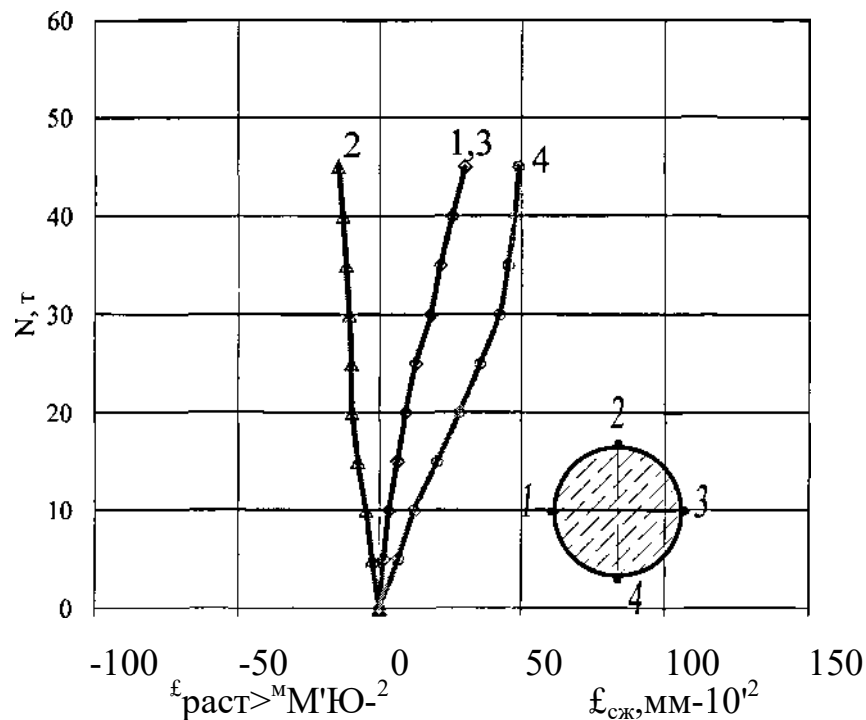


Рисунок 2.37 – Поздовжні деформації обойми в позацентренно стислому ТБЕ VII серії при додаванні навантаження на оболонку (Т102. Ацо \ \ В40.0,38)

З графіків (мал.2.33, 2,37) поздовжніх деформацій обойми при центральному і позацентровому стисканні досліджуваних трубобетонних елементів VII серії (Т102\ \ В40.0,38) свідчить, що влаштування анкерних систем в зоні передачі навантаження (наприклад, від міжповерхового

перекриття) дозволяє отримати несучі характеристики конструкцій близькі до отриманих при комплексному прикладанні навантажень. Таким чином досягається максимальний ефект трубобетонних з мінімальним зниженням коефіцієнта обойми при його використанні в якості вертикальних несучих конструкцій багатопверхових каркасних будівель і споруд.

Отримані дані експериментальних досліджень із зразками VI і VII серій (Т102\B40.0,38 і ТЮ2.АЦО\ B40.0,38) свідчать про ефективність пристрою анкерних систем в зоні передачі зовнішніх навантажень на оболонку, що забезпечує спільну роботу бетонного ядра і сталеві обойми.

Руйнування центрально стиснутих досліджуваних трубобетонних зразків VI і VII серій (Т102\B40.0,38 та Т102.АЦО\B40.0,38) при комплексному додаванні навантажень починалося з візуального утворення гофр в оголовочній частині (мал.2.38а) з подальшим випинанням стінки труби по висоті елемента. При позацентровому стисканні спочатку викривлялася оголовочна частина трубобетонного елемента в сторону прикладання ексцентриситету, далі утворювалися лінії Людерса-Чернова, після чого відбувалася загальна втрата несучої здатності.

При прикладанні руйнівних навантажень безпосередньо на оболонку, в трубобетонних зразках VI серії (Т102\ B40.0,38) не мають анкерних систем, руйнування починається з візуального випинання стінки сталеві обойми (мал.2.38б) при центральному стиску, а при позацентровому з її зминання та утворення гофр з боку прикладання ексцентриситету (мал.2.38в).

Руйнування трубобетонних зразків VII серії (ТЮ2.АЦО \B40.0,38), оснащених анкерними системами, при центральному стисканні з оболонковим способом прикладання навантаження представлено на малюнку 2.39. Під час втрати ними загальної несучої здатності, стався відкол верхнього шару бетонного ядра внаслідок виниклого моменту від внутрішніх анкерів за рахунок дії надлишкової сили. Далі відбулося прослизання сталеві оболонки по бетонному ядру на величину рівну висоті опорного кільця (1см). Зрізу ж самих внутрішніх анкерів не зафіксовано. При

позацентровому стисканні сталося зминання металевої труби в зоні ексцентриситету ідентично зразкам VI серії (Т102\B40.0,38).

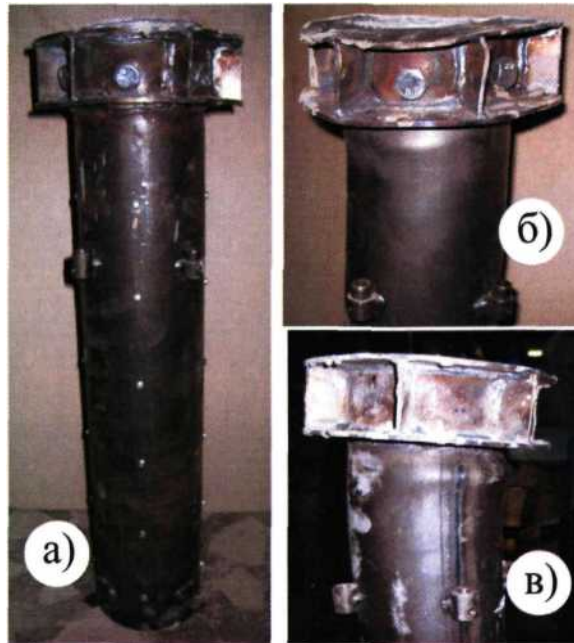


Рисунок 2.38 – Характер деформування досліджуваних трубобетонних зразків УІ-УІІ серій: а - центрально стислий елемент VII серії (ТЮ2.АЦО\B40.0,38) при комплексному додаванні навантаження; б - позацентренно стислий зразок VII серії (ТЮ2.АЦО\B40.0,38) прикладання навантаження на оболонку; в - те ж VI серії (Т102\B40.0,38)



Рисунок 2.39 – Відкол верхнього шару бетонного ядра в дослідних зразках VII серії (Т102.АЦО \ B40.0,38): а - після випробувань; б - характер руйнування

Експериментальні дослідження зразків УІІ-ХІ серій (Т102\B55.0,26; ТЮ2.АЦО\B55.0,26; Т108\B55.0,26; ТЮ8.АЛО\B55.0,26) зроблені аналогічно зразкам VI і VII серій, (Т102\B40.0,38 і Т102.АЦО\B40.0,38), результати яких представлені на мал.2.40-2.48 графіками поздовжніх деформацій обойми.

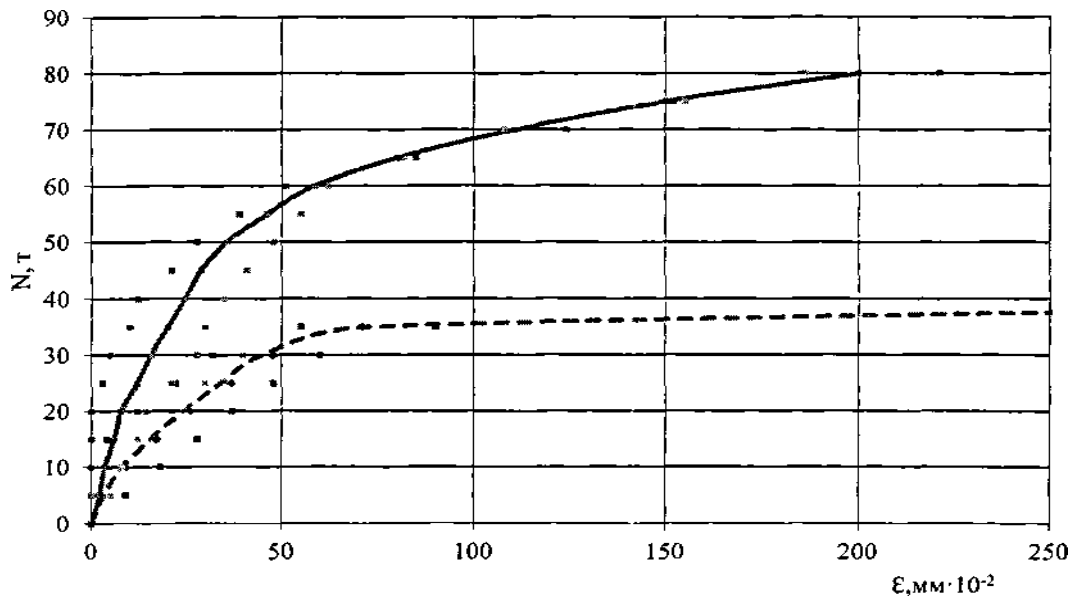


Рисунок 2.40 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ VIII серії (Т102\B55.0,26)

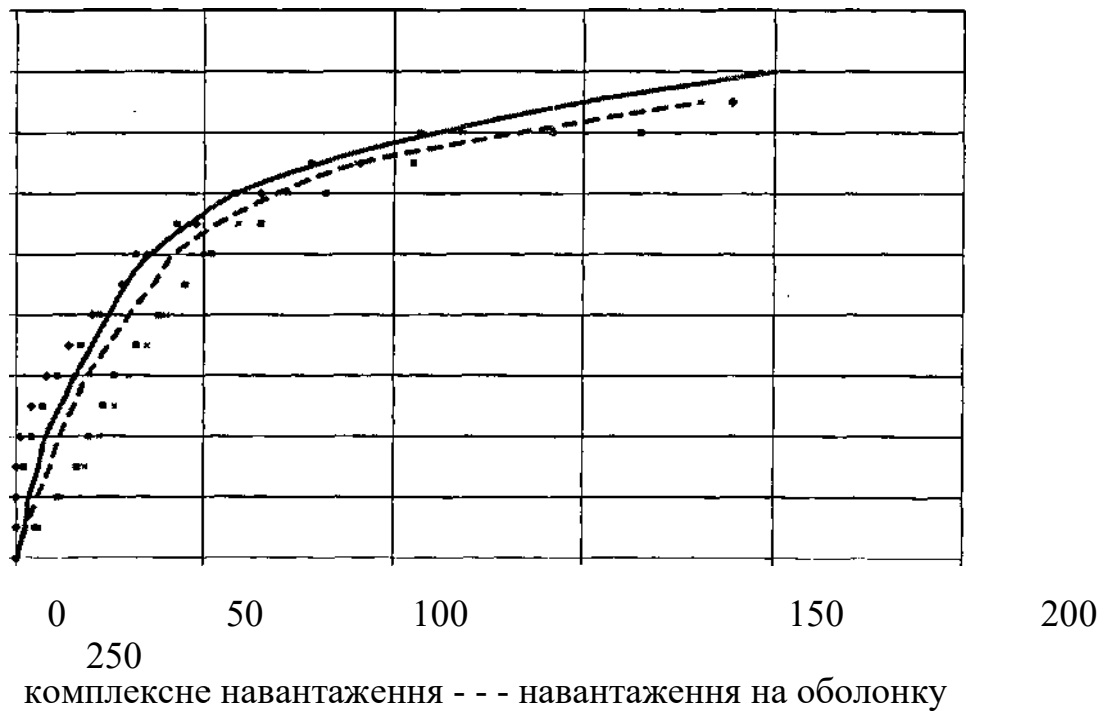
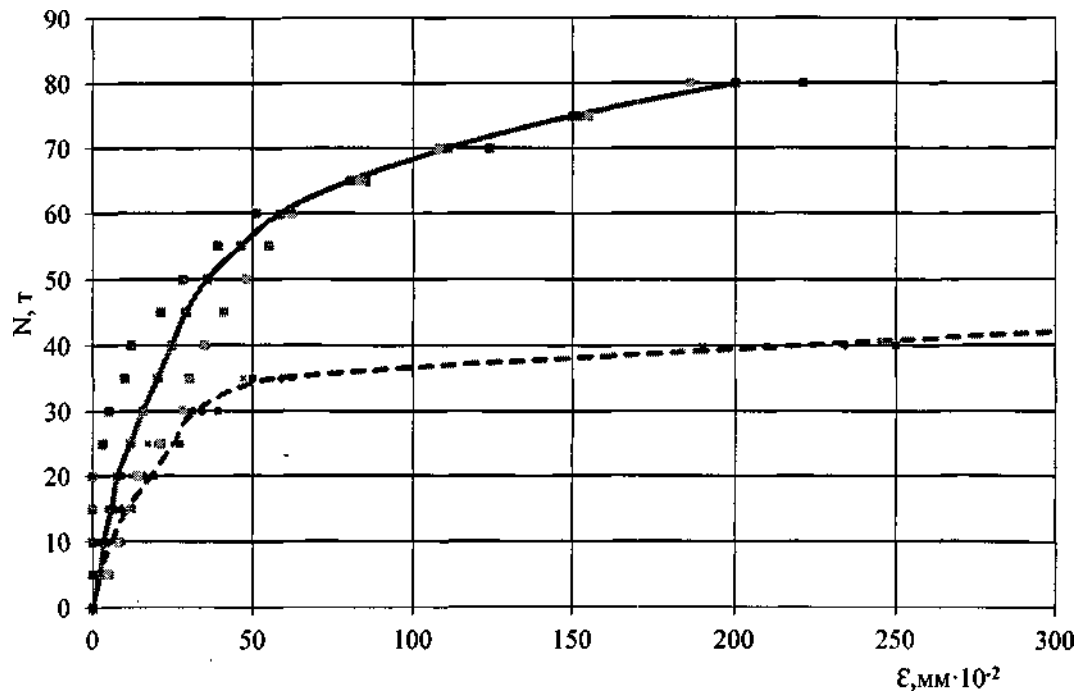
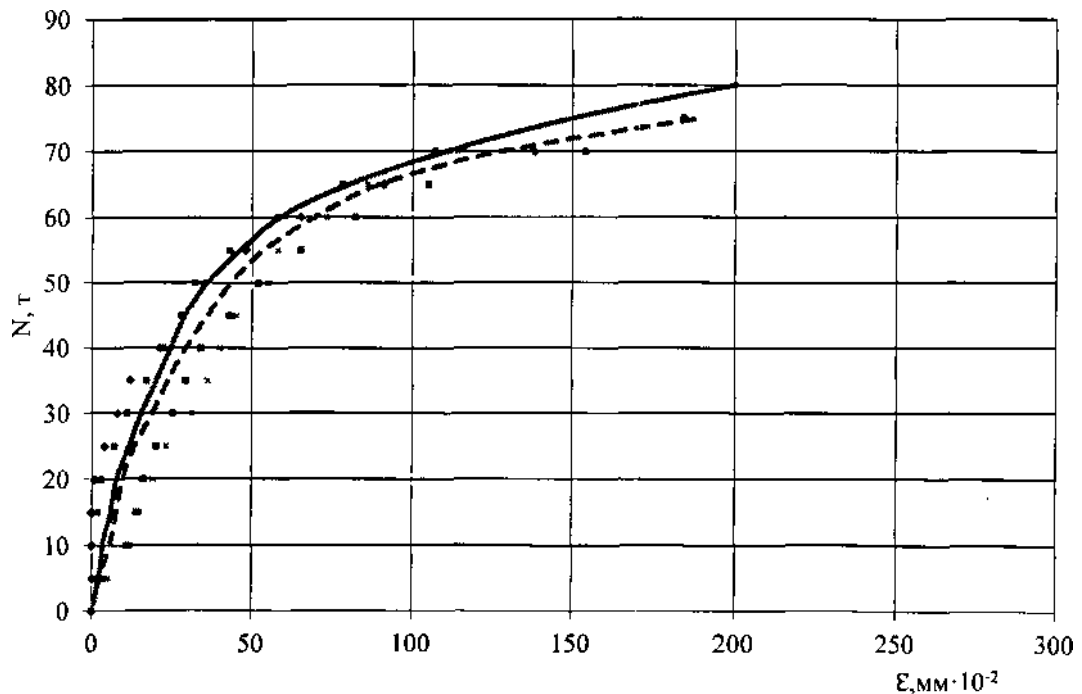


Рисунок 2.41 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ ІХ серії (ТЮ2.АЦО\B55.0,26)



комплексне навантаження - - - навантаження на оболонку

Рисунок 2.42 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ Х серії (Т108\B55.0,26)



комплексне навантаження - - - РядЗ

Рисунок 2.43 – Поздовжні деформації обойми у центрально стислому ТБЕ ХІ серії (ТЮ8.АЛО\B55.0,26)

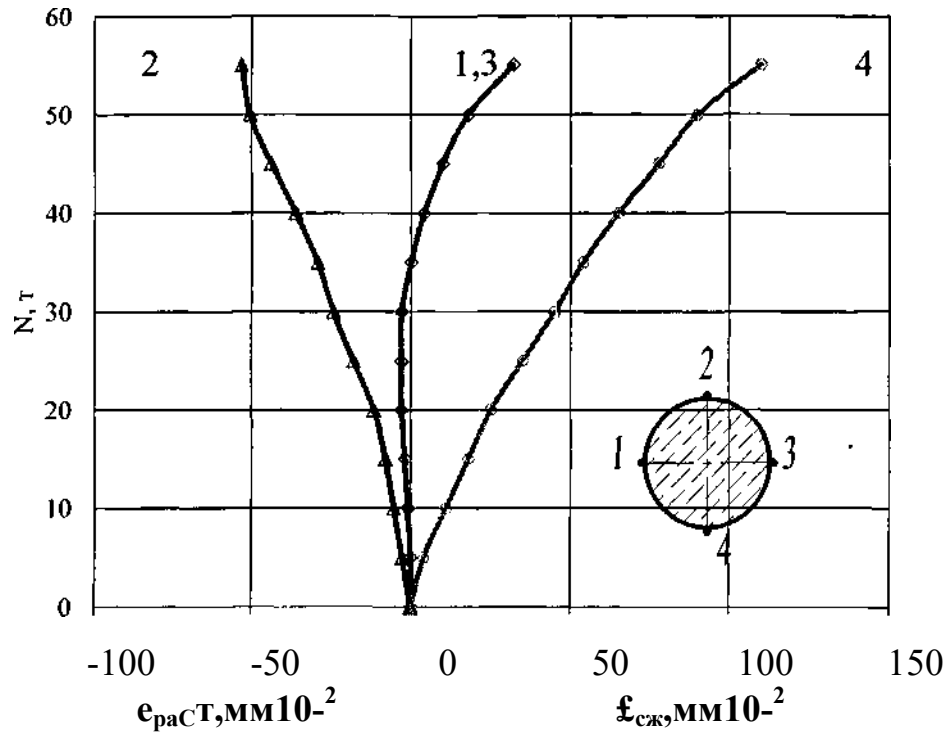
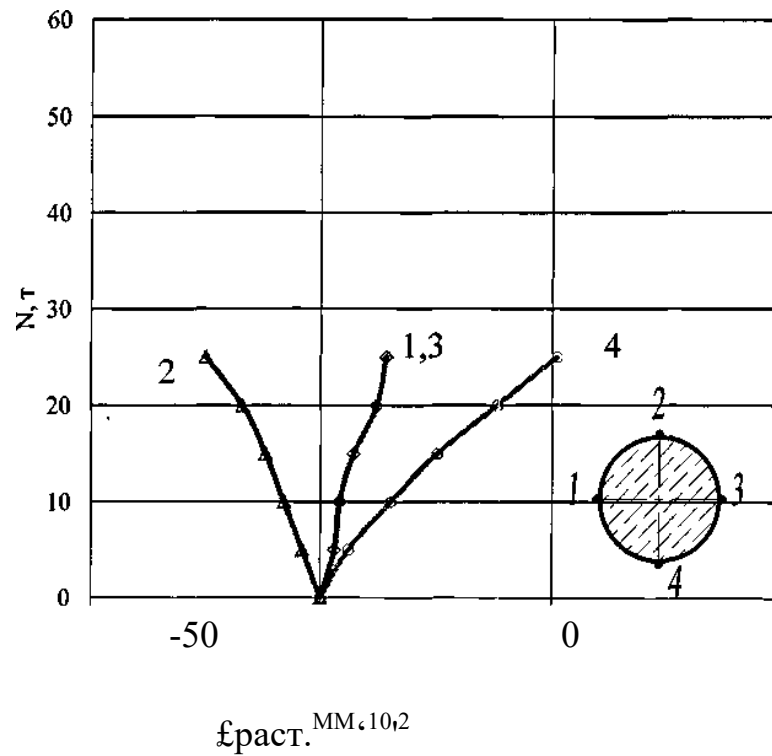


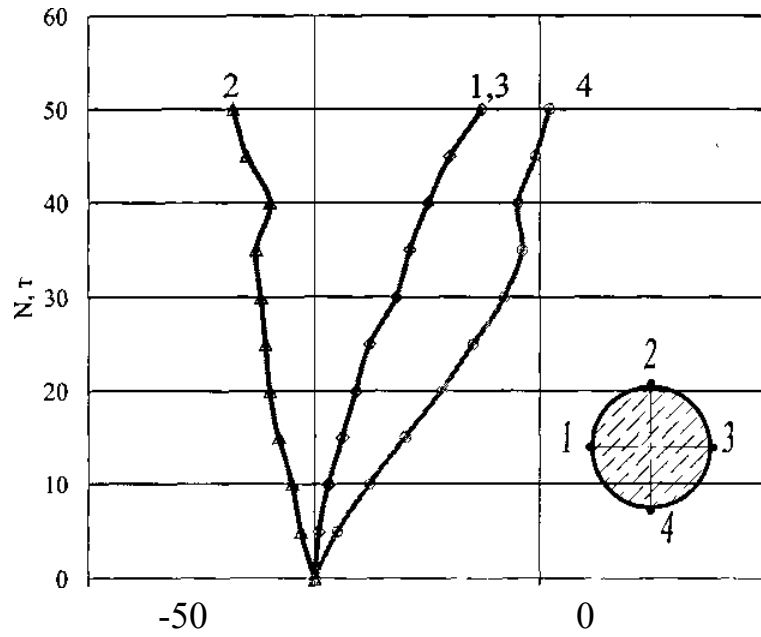
Рисунок 2.44 – Поздовжні деформації обойми у позacentренно стислому ТБЕ VIII серії при комплексному прикладанні руйнівного навантаження (Т102\B55.0,26)



100

50

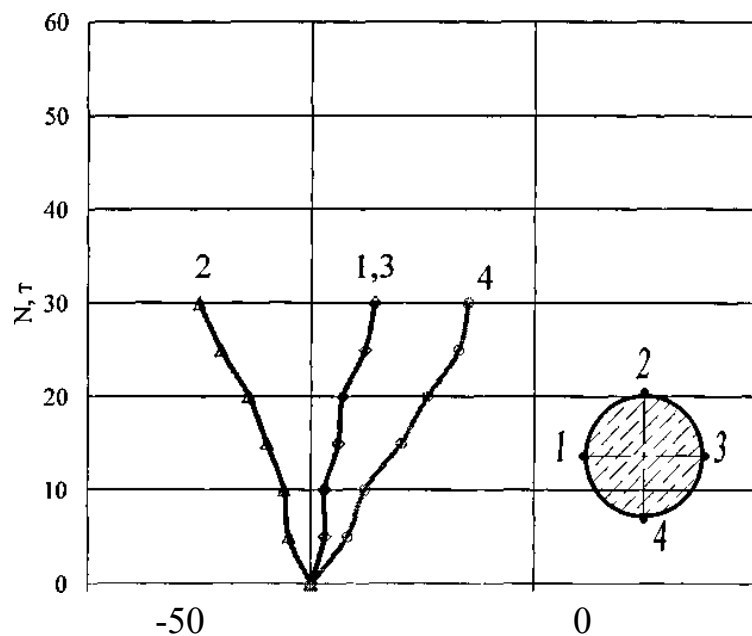
Рисунок 2.45 – Поздовжні деформації обойми у позacentренно стислому ТБЕ VIII серії при додаванні руйнівного навантаження на оболонку (Т102\B55.0,26)



100

 $\epsilon_{\text{раст}}, \text{мм} \cdot 10^{-2}$ $\epsilon_{\text{сж}}, \text{мм} \cdot 10^{-2}$

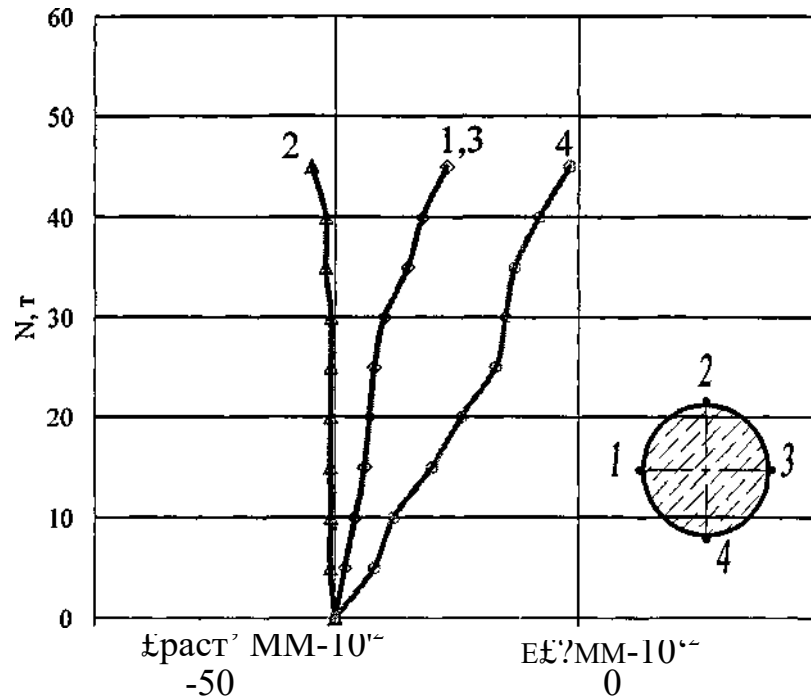
Рисунок 2.46 – Поздовжні деформації обойми у позacentренно стислому ТБЕ ІХ серії при прикладанні руйнівного навантаження на оболонку (ТЮ2.АЦО\B55.0,26)



100

 $\epsilon_{\text{раст}}, \text{мм} \cdot 10^{-2}$ $\epsilon_{\text{сж}}, \text{мм} \cdot 10^{-2}$

Рисунок 2.47 – Поздовжні деформації обойми у позacentренно стислому ТБЕ Х серії при прикладанні руйнівного навантаження на оболонку (Т108\B55.0,26)



100

50

Рисунок 2.48 – Поздовжні деформації обойми у позacentрено стислому ТБЕ XI серії при парикладанні руйнівного навантаження на оболонку (ТЮ8.АЛО\B55.0,26)

та XI серій циліндричними анкерами і сполучними гільзами відповідно, дозволяє отримати несучі характеристики конструкцій близькі до отриманих при прикладанні навантажень на бетонне ядро і оболонку.

Характер руйнування досліджуваних трубобетонних зразків УШ-XI серій (Т102\B55.0,26; ТЮ2.АЦО\B55.0,26; Т108\B55.0,26; ТЮ8.АЛО\B55.0,26) при центральному і позacentровому стисканні аналогічні зразкам VI і VII серій (Т102\B40.0,38 і ТЮ2.АЦО\B40.0,38), в зразках IX серії (ТЮ2.АЦО\B55.0,26), а також зафіксовано відкол верхнього шару бетонного ядра без зрізу циліндричних анкерів.

У центрально стиснутих зразках XI серії (Т102.АЦО\ B55.0,26) з додаванням навантаження на оболонку візуальні деформації з'являються при навантаженні 72-75т., що супроводжуються розширенням оголовочної частини. Подальше навантаження різко збільшує деформації стінки металевій труби в оголовочній зоні з переходом зразка в стадію упругопластических

деформацій і подальшою втратою загальної стійкості (мал. 2.49). При позацентровому стисканні втрата загальної несучої здатності супроводжувалася зминанням стінки металевої труби у верхній зоні з боку ексцентриситету в момент руйнування.



Рисунок 2.49 – Характер деформування досліджуваних трубобетонних зразків XI серії (ТЮ8.АЛО\ B55.0,26) після прикладання руйнівного навантаження на оболонку: а - загальний вигляд зразка; б - деформації оголовка

Висновки по 2 главі

1. За результатами експериментальних досліджень встановлено ступінь впливу фактора водоцементного відношення на інтенсивність набору міцності ізолюваного бетонного ядра. Встановлено, що при знаходженні його показника в межах 0,26-0,35 забезпечується набір проектної міцності до 28 добовому витримуванню при нормальних умовах. Отримані результати дозволяють оптимізувати склади бетонних сумішей за умови їх подачі і

укладання з використанням бетононасосного транспорту, а також впливають на темпи будівництва і технологію виконання робіт;

2. Загальна несуча здатність центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних зразків залежить від способу прикладання навантаження - на бетонне ядро і сталеву оболонку або тільки на оболонку;

3. Пристрій анкерних систем по висоті трубобетонних зразків не робить істотного впливу на несучу здатність конструкції в цілому, а підвищує такі характеристики: адгезію внутрішньої поверхні труби з бетонним ядром і деформативні властивості. Одночасно з цим, їх улаштування по всій висоті труби досить трудомісткий процес, що різко знижує технологічність конструкції;

4. Трубобетонні зразки з ядром з модифікованого бетону класу по міцності В55 знаходяться в перевищеному діапазоні пружної роботи в порівнянні із зразками заповненими бетоном В40, а також бетонне ядро, укладену в сталеву оболонку не володіє крихкістю, характерною для таких класів бетонів;

5. Проаналізовано дослідні дані нових конструктивно-технологічних рішень вузлів сполучення трубобетонних колон по висоті і перекриття за допомогою сполучної гільзи, що має внутрішню анкерну систему. Дане рішення забезпечує спільну роботу бетонного ядра і сталевій оболонки при використанні трубобетонних елементів в багатопверхових каркасах будівель.

3 ОЦІНКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ І ЇЇ ЗАСТОСУВАННЯ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ БАГАТОПОВЕРХОВИХ КАРКАСНИХ БУДИНКІВ

3.1 Порівняльний аналіз методик розрахунку несучої здатності центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних елементів

Незважаючи на те, що на початку 30-х років ХХ століття радянським вченим А.А. Гвоздьовим було вперше зроблено теоретичне обґрунтування роботи бетону в сталевій трубі при осьовому стисканні [11], в Україні до цих пір відсутня нормативна база з проектування та розрахунку таких конструкцій. Дана проблема привела до великої кількості різноманітних методик їх розрахунку, що базуються на різних експериментальних і теоретичних дослідженнях, які часто суперечливі.

Дослідженню трубобетонну присвячені роботи О.М. Алперіной [1], А.А. Гвоздьова [11], А.А. Довженка [33, 34, 35], В.В. Дегтярьова [31], А.І. Кікіна [38], С.А. Ковригі [40], А.Л. Крішана [46, 47, 48], Л.К. Лукші [54], Г.М. Мартіросова [57, 58], Г.П. Передерія [66], В.А. Росновського [72], Р.С. Санжаровської [75], Л.І. Стороженко [83, 84, 85, 86] В.М. Фонова [91], А.І. Шахворостова [95], S.-H. Cai [94, 99, 100], Philip F. Boyd [97], S. Morino [104, 105] та інших.

У даних роботах накопичено велику кількість теоретичних і експериментальних досліджень, в основному присвячених роботі центрально стиснутих трубобетонних елементів. Однак в питаннях розрахунку існують багато суперечливих уявлень про роботу трубобетонну під навантаженням. За граничний стан трубобетонних конструкції одні приймають момент досягнення сталевією трубою межі текучості, а інші досягнення елементом руйнівного навантаження.

Метою даної магістерської роботи не є розробка нової методики розрахунку або вдосконалення існуючих, а стоїть завдання в підвищенні

ефективності трубобетонних конструкцій. Отже, для оцінки несучих характеристик, необхідно обмежитися одним з найбільш відомих способів розрахунку, що дозволяє найбільш достовірно оцінювати напружено-деформований стан центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних елементів.

- Методика розрахунку центрально і позацентрово стиснених трубобетонних елементів, відповідно до виражень (3.6) і (3.15) А.І. Кікіна, Р.С. Санжаровської, В.А. Труллі, не дозволяє отримати дані про несучу здатність трубобетонних елементів, заповнених бетонною сумішшю з класом по міцності вище В45. Результати даного методу найбільш віддалені в порівнянні з іншими, отриманими в ході експерименту. Це пояснюється тим, що виявлена залежність [38], що показує зниження опору бетонного ядра при підвищенні кубикової міцності бетону, отримана на підставі статистичної обробки експериментальних даних середини минулого століття, а також існуючі в той час бетони і їх технології істотно відрізняються від сучасних.

- Метод розрахунку А.Л. Крішана, А.І. Заїкіна, і М.С. Купфера [47] визначає критичне навантаження на центрально стиснутий трубобетонний елемент, показав близькі значення результатів до експериментальних. Даний метод дозволяє визначати руйнівне навантаження і для товстостінних трубобетонних елементів $\delta / E)_{тр} < 0,025$.

- Так як метод розрахунку центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних колон Л.І. Стороженко і А.В. Семко [86] як для залізобетонних конструкцій з жорстким армуванням дає близькі результати до експериментальних значень і отриманим по Еіґособе 4 [103], даний спосіб буде використовуватися в подальших розрахунках.

3.2 Порівняння будівельно-технологічних арактеристик каркаса будівлі при заміні залізобетонних колон на трубобетонні

Для визначення ефективності застосування трубобетонних елементів

проведено порівняння будівельно-технологічних характеристик двох аналогічних варіантів каркаса висотного будинку. У першому варіанті вертикальні несучі конструкції виконані з традиційних залізобетонних елементів, які в другому варіанті замінюються трубобетонними конструкціями, згідно розрахунку.

Як об'єкт порівняння обраний 47-й поверховий адміністративноторговий висотний комплекс «Міракс-Плаза», висотою 192,5м (мал.3.1), каркасно-ствольної конструктивної схеми, що має такі основні характеристики:

- міжповерхові перекриття з монолітного залізобетону з класом по міцності В60;
- циліндричні периферійні колони і стіни ядра жорсткості з монолітного залізобетону з класом по міцності В80 і змінними діаметрами 1600, 1400, 1200 і 900мм відповідні I, II, III і IV ярусам. Колони армовані двома циліндричними каркасами зі стрижнів $\varnothing 40A500c$ (мал.3.2).

У цьому будинку проводиться заміна периферійно розташованих залізобетонних колон на трубобетонні. Передбачається, що трубобетонні колони оснащуються сполучними гільзами, мають анкерні системи на рівні сполучення перекриття із колонами, що дозволяє забезпечити спільну роботу сталеві оболонки та бетонного ядра.

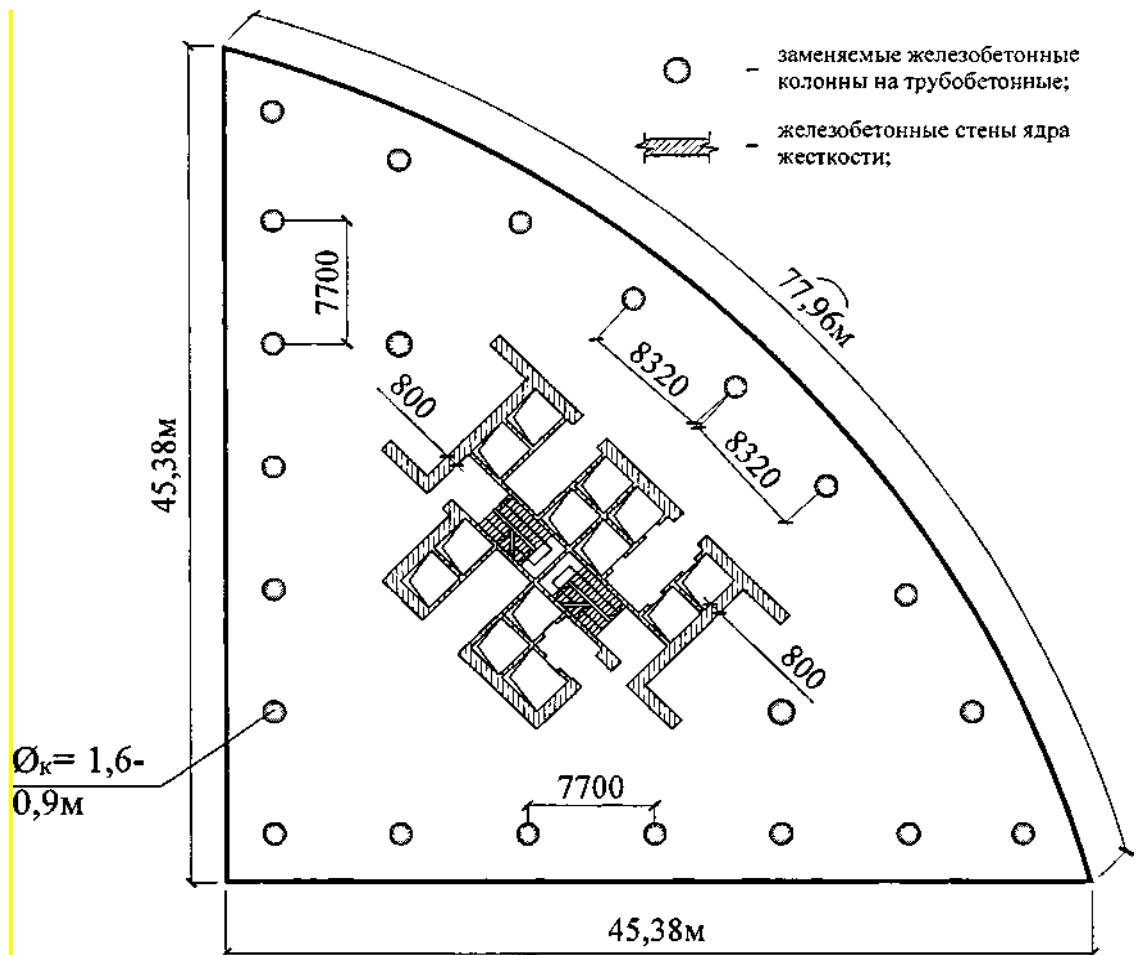


Рисунок 3.1 – План адміністративно-торгового комплексу «Міракс-Плаза»:

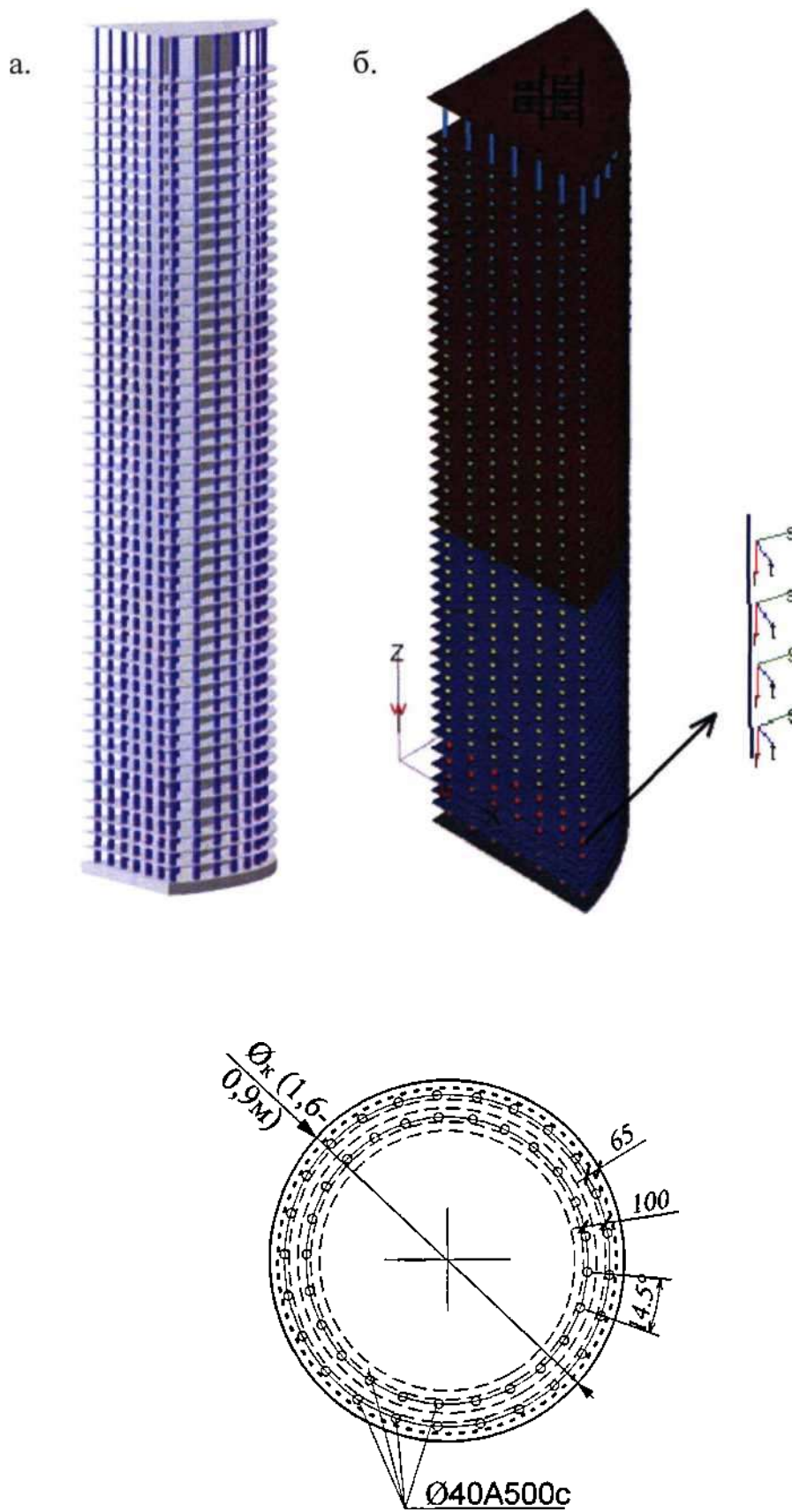


Рисунок 3.2 – Армування залізобетонних колон

Підбір трубобетонних колон

У програмному комплексі Ing + 2010 у підсистемі кінцевоелементних розрахунків будівельних конструкцій на міцність, стійкість і коливання «MicroFe 2010» зроблена модель адміністративно-торгового комплексу «Міракс-Плаза» (мал.3.3) і проведений її статичний розрахунок з урахуванням вітрової пульсаційної складової і розподілу навантаження на каркас.

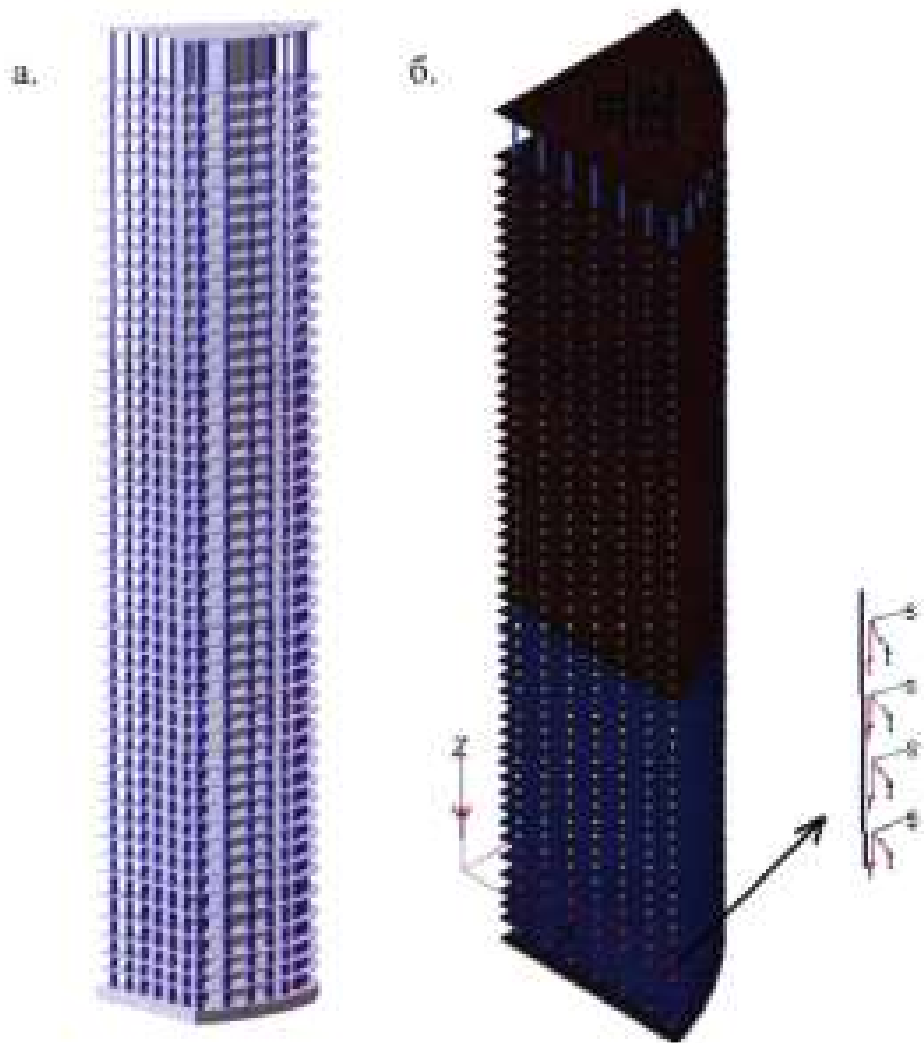


Рисунок. 3.3 – Розрахункова модель адміністративно-торгового комплексу «Міракс-Плаза»: а - загальний вигляд; б - те саме з розбиттям на яруси і матеріали

Таблиця 3.2 – Максимальні розрахункові зусилля в колонах

| № п/п | № яруса | N | M _s | M _t | Q _s | Q _t |
|----------|------------|---------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | кН | кНм | кНм | кН | кН |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 1 | I | 37757,7 | 4140,4 | 2934,6 | 6248,8 | 6240,3 |
| 2 | II | 31355,3 | 338,2 | 343,5 | 174,6 | 172,5 |
| 3 | III | 16570,6 | 438,5 | 435,6 | 216,6 | 218,4 |
| 4 | IV | 3502,7 | 5939,1 | 5948,0 | 3258,3 | 3253,3 |

Отримані за результатами розрахунку максимальні розрахункові зусилля, які діють у колонах, представлені в табл. 3.2, які використовувалися для підбору перерізів трубобетонних елементів.

Початковий підбір поперечного перерізу трубобетонного елемента проводився за методом [47] А.Л. Кришана, А.І. Заїкіна, М.С. Купфера, який згідно з пунктом 3.1.2, висловом (3.10), дозволяє достовірно оцінювати напружено-деформований стан і має простий алгоритм розрахунку. Далі проводилася перевірка підбраного перерізу відповідно до методики [86] Л.І. Стороженко і А.В. Семко як для залізобетонних конструкцій із зовнішнім армуванням [73]. Далі розглянемо алгоритм розрахунку даного способу.

Всі периферійні колони кожного ярусу, розраховуються на позацентровий стиск з розрахунковим ексцентриситетом, діючим в двох напрямках, значення якого визначається виразом (3.20), що перевищує значення випадкового ексцентриситету.

$$e_0 = M_{\max}/N \quad (3.20)$$

де: M_{\max} - максимальне значення згинального моменту, що діє в перерізі найзавантаженішій колоні;

N - максимальна розрахункова сила діюча в колоні.

При розрахунках приймаються коефіцієнти $\gamma_{\text{вз}} = \gamma_{\text{вб}} = 1$ [79], так як експериментами доведено [38], що при бетонуванні в вертикальній трубі бетон не розшаровується, а колона призначена для експлуатації в

опалювальних приміщеннях. Заморожування свіжеукладеного бетону в трубі до його схоплювання і твердіння ні в якому разі не допускається, так як при замерзанні бетону порушується його структура, знижується адгезія з оболонкою і може призвести до стінки сталеві труби.

Результати розрахунків

Результати розрахунку показали, що заміна циліндричних залізобетонних периферійних колон на трубобетонні, дозволяє зменшити їх поперечні перерізи у 1,3-2,0 рази (таб.3.3), при одночасному зниженні класу бетону по міцності з В80 на В60. Також, крім економії бетону, улаштування трубобетонних колон дозволяє відмовитися від щільного армування подвійними циліндричними каркасами із стрижнів $\varnothing 40A500c$. При цьому, відсоток армування трубобетонних колон знижується в 1,5-2,0 рази в порівнянні з залізобетонними.

У таблицях 3.4 і 3.5 наведені основні характеристики залізобетонних і трубобетонних колон.

Отримана економія будівельних матеріалів (сталі і бетону) від використання трубобетонних колон, приведена в таблиці 3.6. Ці дані підтверджують доцільність трубобетонних елементів при зведенні багатоповерхових каркасних будинків.

Таблиця 3. 3. Зниження перетинів колон при заміні залізобетонних на трубобетонні елементи

| № п/п | № яруса | Характеристика колон | | | | | | р жб^Р тбк |
|----------|------------|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|---------------|
| | | Залізобетоні | | | Т трубобетонні | | | |
| | | Ø, мм | F, см ² | Клас бетону | Øх5, мм | Р, см ² | Клас бетону | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | I | 1600 | 2,01 | В80 | 1420 x14 | 1,58 | В60 | 1,27 |
| 2 | II | 1400 | 1,54 | | 1120 x12 | 0,98 | | 1,56 |
| 3 | III | 1200 | 1,13 | | 920 x12 | 0,66 | | 1,70 |
| 4 | IV | 900 | 0,64 | | 630 x11 | 0,31 | | 2,04 |

Таблиця 3. 4 Характеристика залізобетонні колон

| №п/п | № яруса | Ø, мм | F, м ² | V _{общ} , м ³ | F _s , м ² | F _б , м ² | V _с , м ³ | V _б , м ³ | μ, % |
|------|------------|--------|-------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | I | 1600,0 | 44,21 | 1260,0 | 1,80 | 42,41 | 63,11 | 1208,61 | 5,01 |
| 2 | II | 1400,0 | 33,85 | 1848,1 | 1,39 | 32,46 | 122,00 | 1772,49 | 6,60 |
| 3 | III | 1200,0 | 24,87 | 1357,8 | 1,01 | 23,86 | 82,10 | 1302,58 | 6,05 |
| 4 | IV | 900,00 | 13,99 | 976,41 | 0,57 | 13,42 | 70,69 | 936,49 | 7,24 |

Таблиця 3. 5 Характеристика підібраних трубобетонних колон

| № п/п | № Яруса | Ø, мм | δ, мм | V _{общ} , м ³ | A _s , м ² | A _б , м ² | V _с , м ³ | V _б , м ³ | μ, % |
|-------|------------|-------|-------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1 | I | 1420 | 14 | 992,46 | 1,36 | 33,46 | 38,75 | 953,71 | 3,90 |
| 2 | II | 1120 | 12 | 1182,83 | 0,92 | 20,75 | 50,15 | 1132,68 | 4,24 |
| 3 | III | 920 | 12 | 798,11 | 0,75 | 13,86 | 41,10 | 757,01 | 5,15 |
| 4 | IV | 630 | 11 | 478,44 | 0,47 | 6,38 | 32,83 | 445,61 | 6,86 |

Таблиця 3.6 Зниження матеріаломісткості колон від використання трубобетонних елементів

| № п/п | № яруса | Зниження металоемності Δ_s , % | Зниження витрат бетону Δ_b , % |
|-------|-----------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | I | 39 | 21 |
| 2 | II | 59 | 36 |
| 3 | III | 50 | 41 |
| 4 | IV | 54 | 52 |
| 5 | ПО всій будівлі | 50 | 37 |

Висновки по 3 главі

1. Відповідно до порівняльного аналізу методик визначення міцності центрально і позацентрово стиснутих трубобетонних елементів, спосіб Л.І. Стороженко і А.В. Семко [86] відповідно до інструкції з проектування залізобетонних конструкцій з жорсткою арматурою [73], дає результати, близькі до експериментальних і Еігособе 4 [103], особливо для позацентрово стиснутих елементів, а також може використовуватися в нашій країні з урахуванням існуючих норм;

2. Виділені способи розрахунку трубобетонних елементів [47, 86] справедливі при забезпеченні спільної роботи бетонного ядра і сталевій оболонки або при використанні в якості коротких стійок (опори інженерних споруд, колони одноповерхових будівель і т.д.);

3. Заміна залізобетонних колон на трубобетонні, на прикладі будівлі «Міракс-Плаза», дозволяє зменшити їх поперечний переріз в 1,3-2,0 рази з пониженням класу бетону по міцності з В80 на В60, знизити металоемність в 1,6 .. 2,4, обсяг бетону в 1,3 ... 2,1 рази. Без організації додаткових технологічних рішень знижується трудомісткість робіт по зведенню

вертикальних конструкцій на 20-25% і підвищуються темпи будівництва на 15% за рахунок відсутності технологічних операцій, пов'язаних з армуванням і скорочення опалубних робіт.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ЗВЕДЕННЯ КАРКАСНИХ БУДИНКІВ З КОЛОНАМИ З ТРУБОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ

При зведенні каркаса будівлі метал і бетон є основними будівельними матеріалами, які в першу чергу впливають на вартість будівництва. Заміна традиційних масивних залізобетонних колон на трубобетонні елементи, дозволяє не тільки знизити матеріаломісткість будівлі, але також сприяє скороченню технологічних процесів опалублювання, армування і витримання. Завдяки більш високій несучої здатності в порівнянні з традиційними залізобетонними конструкціями з'являється можливість поліпшення архітектурно-планувальних рішень за рахунок зменшення перетину колон або збільшення їх прольоту і кроку.

Згідно експериментально-дослідної частини цієї роботи, ефективність трубобетонних елементів знижується при їх застосуванні в якості вертикальних несучих конструкцій багатоповерхових каркасів без організації додаткових конструктивно-технологічних рішень, що дозволяють включати в спільну роботу сталеву оболонку і бетонне ядро. Використання з'єднувальних гільз, що мають анкерну систему в зоні сполучення

трубобетонних колон з перекриттями, дозволяє інноваційно з високим ступенем технологічності вирішити основні цілі: з'єднання трубобетонних колон поярусно з безбалковими і балковими перекриттями. Як показали експериментальні дослідження, при оболонковому навантаженні зразків, оснащених однієї з анкерних систем, їх несуча здатність наближається до зразків, які сприймають навантаження всім перетином.

Розроблені конструктивно-технологічні рішення дозволяють створити систему «оболонка» - «ядро», при якій передача навантаження від перекриття здійснюється через спеціальні пристрої, що забезпечують їх спільну роботу.

4.1 Конструктивно-технологічне рішення стику трубобетонних колон у каркасних будівлях

Забезпечення спільної роботи сталевих оболонки, бетонного ядра і елементів перекриття досягнуто шляхом сполучення трубобетонних колон за допомогою сполучних гільз, які виготовляються з металевих труб, меншого діаметра в порівнянні з оболонкою колони і має внутрішні П-подібні відгини стінки [82] або іншу анкерну систему [80, 81]. Гільза виготовляється в заводських умовах і встановлюється у внутрішню частину оболонки, закріплюється за допомогою зварного з'єднання.

б). 1-1

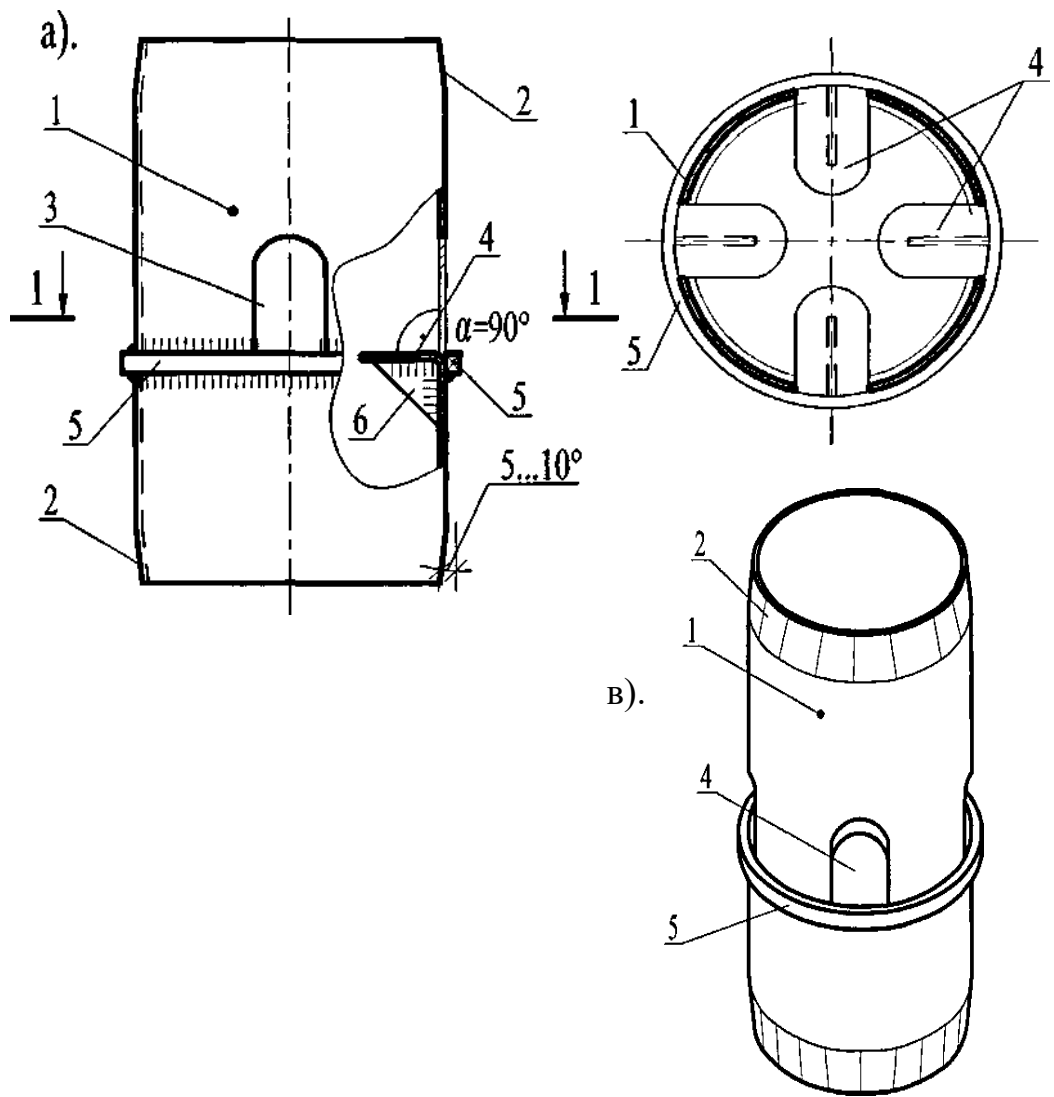


Рисунок 4.1. Конструкція сполучної гільзи для перекриттів з використанням балок: а - загальний вигляд сполучної гільзи; б - розріз 1-1; в - аксонометрична схема гільзи; 1 -сполучна гільза; 2 - конусність; 3 - прорізи стінки; 4 - внутрішні відгини; 5 -циліндричний пояс; 6 – підкоси

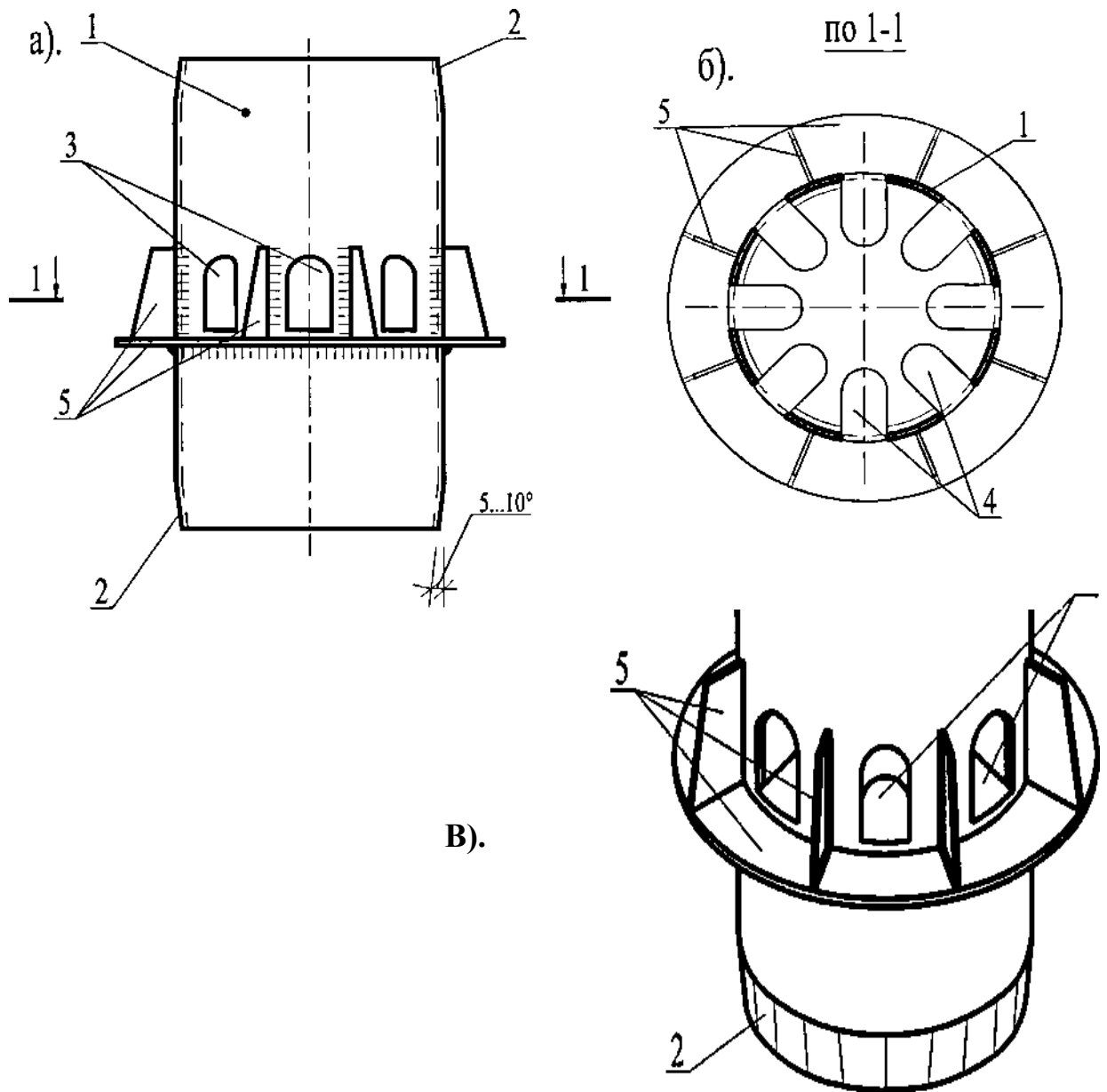


Рисунок.4.2. Конструкція сполучної гільзи для безбалкового перекриття: а - загальний вигляд сполучної гільзи; б - розріз 1-1; в - аксонометрична схема гільзи; 1 - сполучна гільза; 2 - конусність; 3 - прорізи стінки; 4 - внутрішні відгини; 5 - опорний «комір»

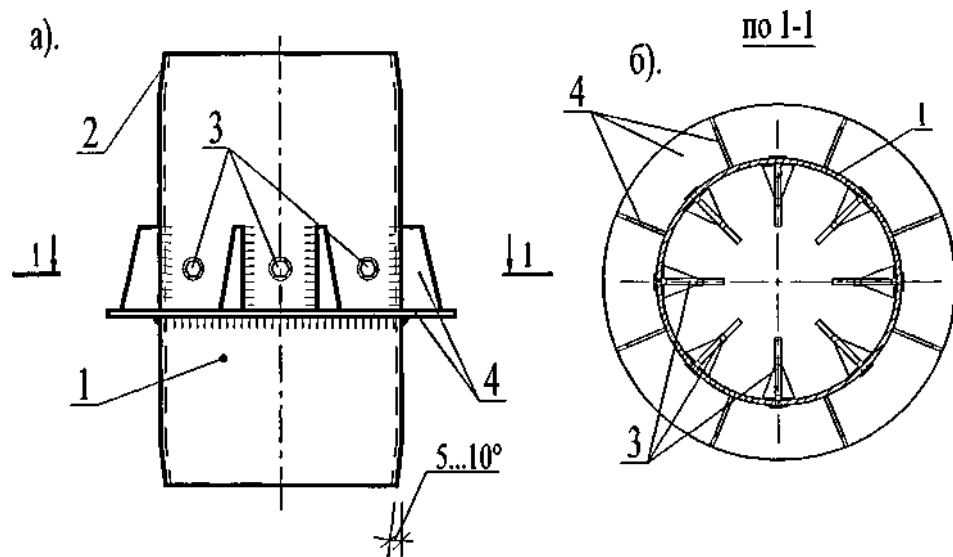


Рисунок 4.3. Сполучна гільза, забезпечена циліндричними анкерами: а - загальний вид сполучної гільзи; б - розріз 1-1; 1 - сполучна гільза; 2 - конусність; 3 - циліндричні анкери, оснащені пелюстковою муфтою; 4 - опорний «комір»

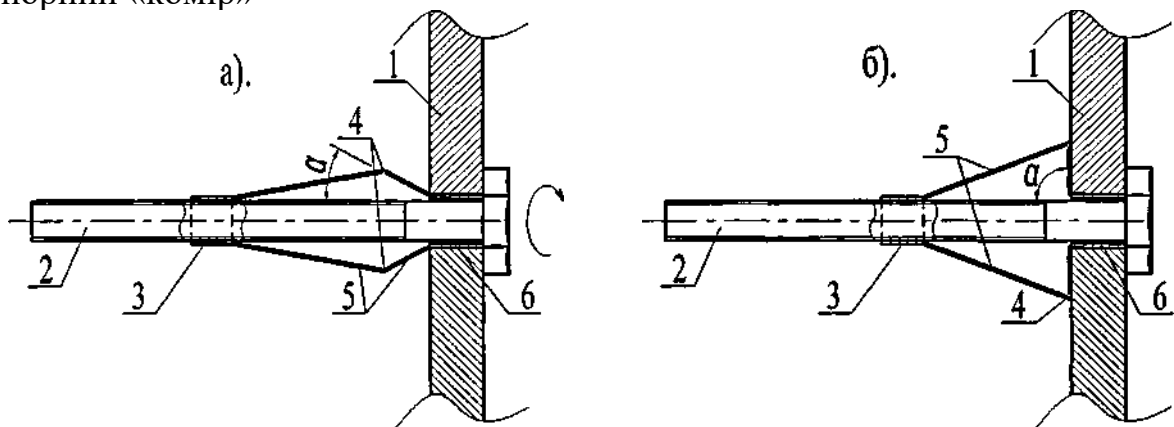


Рисунок .4.4. Циліндричний анкер з пелюстковою муфтою: а - проміжне положення розкриття пелюсток; б - остаточне положення пелюсток; 1 - стінка сполучної гільзи; 2 - циліндричний анкер; 3 - рухома частина муфти; 4 - пластичний шарнір; 5 - пелюстки муфти; 6 - нерухома частина муфти; а - кут розкриття пелюсток

Конструкція перехідної гільзи передбачає можливість влаштування як балкового (мал. 4.1), так і безбалкового перекриття (мал. 4.2).

В результаті експериментально-аналітичних досліджень встановлено, що пристрій П-образних відгинів стінки сполучної гільзи є найбільш раціональним рішенням, ніж її оснащення окремими циліндричними

анкерами, що вимагає додаткових трудовитрат на їх виготовлення і установку, а також обмежену область розподілу навантаження на бетонне ядро при великих діаметрах трубобетонних колон.

Для з'єднання елементів колон різного діаметру розроблена перехідна гільза (мал. 4.5), що володіє тими ж характеристиками, що і сполучна. Для забезпечення процесу нарощування, елементи перехідної гільзи (верхня і нижня її частини) з'єднуються між собою за допомогою металевих пластин, які є ребрами твердості.

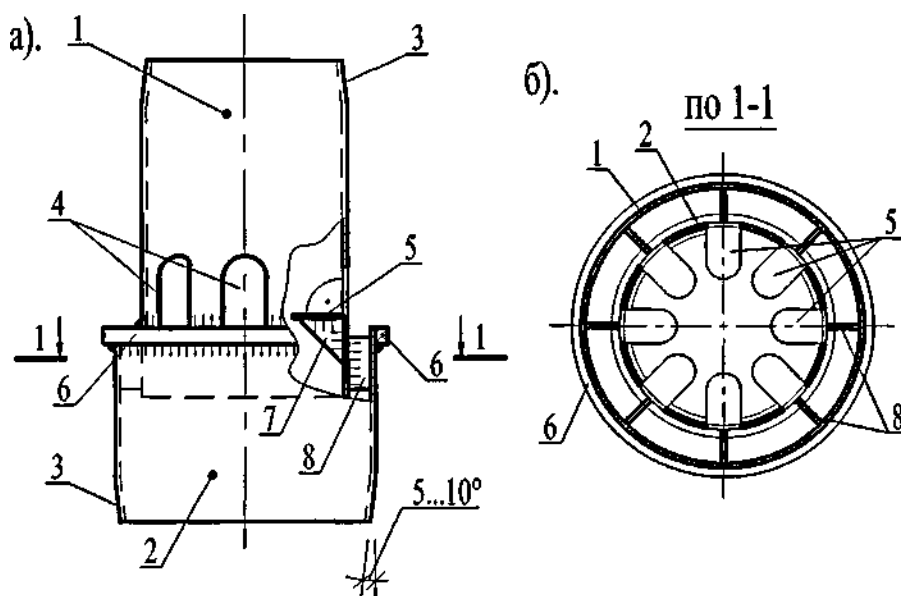


Рисунок 4.5. З'єднання трубобетонних колон різного діаметру перехідною гільзою: а - загальний вигляд гільзи; б - розріз 1-1; 1 - верхня частина гільзи; 2 - нижня частина гільзи; 3 - конусні; 4 - П-подібні прорізи стінки; 5 - внутрішні відгини стінки; 6 - циліндричний пояс; 7 - підкіс; 8 - ребра жорсткості, які об'єднують перехідну верхню (1) і нижню (2) частини гільзи

Для підвищення рівня індустріальності трубобетонних конструкцій при їх монтажі, доцільно частину найбільш відповідальних робіт з оснащення сталевих оболонок сполучними гільзами виробляти в заводських умовах. Це дозволяє отримати монтажний елемент (мал. 4.6) з необхідними припущеннями за діаметрами для вільної установки в проектне положення. У верхній частині сталеві оболонки розміщуються дві технологічні пластини з отворами, які забезпечують кріплення монтажних підкосів, що полегшує

процес вивірки і тимчасового закріплення. Використання високого ступеня заводської готовності монтажного елемента і потокової технології виробництва робіт, досягається зниження чисельного складу робітників, трудомісткості пристрою стиків і підвищуються темпи зведення каркаса будівлі. Це так само важливо, коли будівництво об'єкта ведеться в обмежених умовах будівельного майданчика і не вистачає площі для організації місць укрупненої

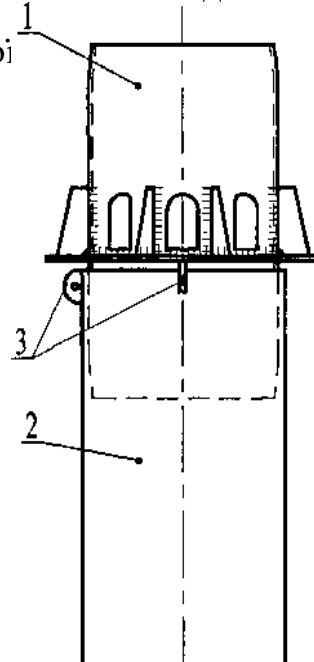


Рисунок.4.6. Монтажний елемент заводської готовності 1 - сполучна гільза; 2 - сталева оболонка колони; 3 - технологічні пластини («Вушка») для кріплення монтажних підкосів

4.2 Організаційно-технологічна модель зведення багатоповерхового каркаса з трубобетонними колонами

Ключовим моментом зведення каркаса будівлі з трубобетонними колонами, є можливість використання несучої здатності сталеві оболонки для передачі на неї навантаження від зон, прилеглих до трубобетонних колон. У разі використання балочних перекриттів, технологічне навантаження зростає зі збільшенням прольоту балок. До моменту заповнення бетонною сумішшю виходить єдина просторова опалубочна система вертикальних і горизонтальних елементів. Таким чином, можна послідовно здійснювати процес бетонування оболонок колон і перекриття без перерви на набір необхідної міцності.

Організаційно-технологічна модель зведення каркаса може здійснюватися за двома технологічними схемами:

1 - розбивкою поверху на технологічні захватки, що забезпечують потоковість виконання робіт;

2 - по однозахватній схемі на площу поверху.

За першою схемою процес зведення каркаса починається з установки монтажних елементів (сталевих оболонок оснащених сполучними гільзами) в проектне положення. З огляду на відносно малу вагу сталевих оболонок, їх строповка може здійснюватися за допомогою хрестової траверси за опорний «комір», який має технологічні отвори для гаків (мал. 4.7а) або шляхом пальцевого захоплення через спеціально виконаний отвір у верхній частині сполучної гільзи (рис. 4.7б). Далі проводиться вивірка і тимчасове закріплення монтажного елемента з використанням інвентарних підкосів. Постійне кріплення сполучених елементів здійснюється болтовим з'єднанням. Після чого влаштовується опалубка та армування безбалкового перекриття. У разі використання балкового перекриття, технологічна

послідовність складається в монтажі балок, укладанні незнімної опалубки з профільованого настилу, основного і додаткового армування. Скорочення технологічних операцій за рахунок відсутності армування колон і складних сполучень з перекриттями призводить до зниження тривалості підготовчого циклу. Бетонування захваток типового поверху здійснюється безперервно зі швидкістю подачі суміші 8..12м / ч.

За другою технологічною схемою виконується безперервний процес послідовного зведення поверхів. При досягненні міцності бетону перекриття 1,5 ... 2,0МПа здійснюється монтаж оболонок колон наступного поверху, опалубки перекриття, армування і подальше укладання бетонної суміші. Демонтаж опалубки нижчого поверху здійснюється після набору міцності не менше 50% з використанням стійок переопирання і 60% при прольоті перевищуючим 8м. За рахунок безперервності процесів досягається додаткове зниження тривалості робіт зі зведення типового поверху на 15-20%.

А. Влаштування перекриття з використанням балок

При влаштуванні балочного перекриття спочатку монтуються металеві балки з заводом їх в конструкцію з'єднувальних гільз через виконані в них прорізи стінки і опертям на внутрішні відгини. Тимчасове кріплення балок до циліндричного поясу виконується електродуговим зварюванням кутового шва, що забезпечить просторову жорсткість конструкції на період підготовчих робіт перед бетонуванням. Далі проводиться розкладка профільованого настилу по верхнім полицям балок з кріпленням на самонарізні гвинти і армування окремими арматурними стрижнями (мал. 4.8). Зв'язок металевих балок перекриття з ядром жорсткості здійснюється шляхом зварного з'єднання встик через металеву пластину або куточком до закладної деталі.

Б. Влаштування безбалкового перекриття

У разі безбалкового перекриття (мал. 4.9) влаштовується стійкобалкова система з укладанням опалубних панелей. Далі здійснюється розкладка на опорні «коміри» сіток додаткового армування зон сполучення перекриття з колонами, які зв'язуються з арматурними сітками нижнього і верхнього рівнів. Причому, для підвищення темпів арматурних робіт доцільно використовувати просторові арматурні блоки.

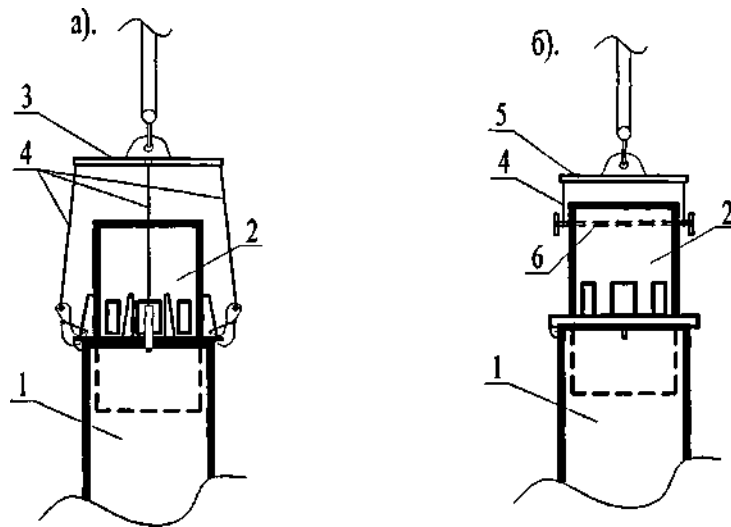


Рисунок.4.7. Схеми строповки монтажних елементів хрестової траверси за опірний «комір» (а) та пальцевим захватом (б); 1 - сталеві оболонка; 2 - сполучна гільза; 3 - хрестова траверса; 4 - стропи; 5 - траверса; 6 - сталевий палець

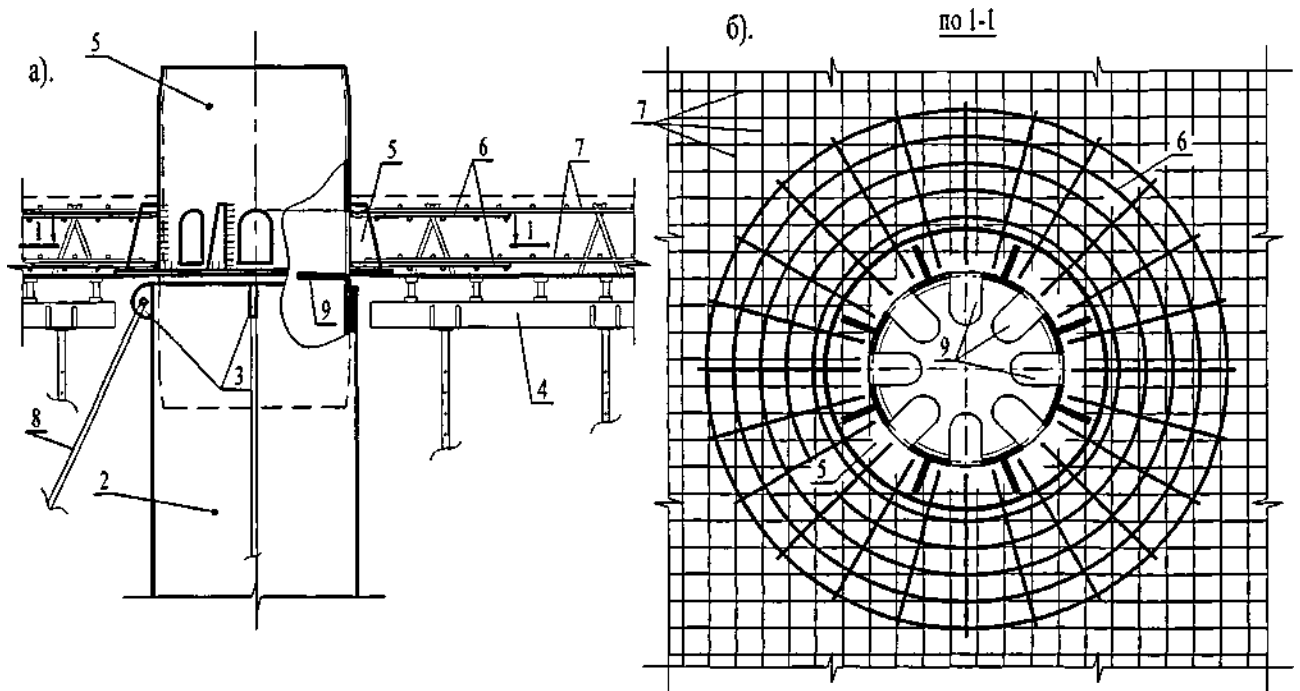


Рисунок 4.8. Схема влаштування балкового перекриття: 1 - сполучна гільза; 2 - сталеві оболонки; 3 - технологічні пластини («вушка»); 4 - металеві балки; 5 - зварене з'єднання; 6 - профільований настил; 7 - арматурні стержні; 8 - циліндричний пояс; 9 - монтажний підкіс

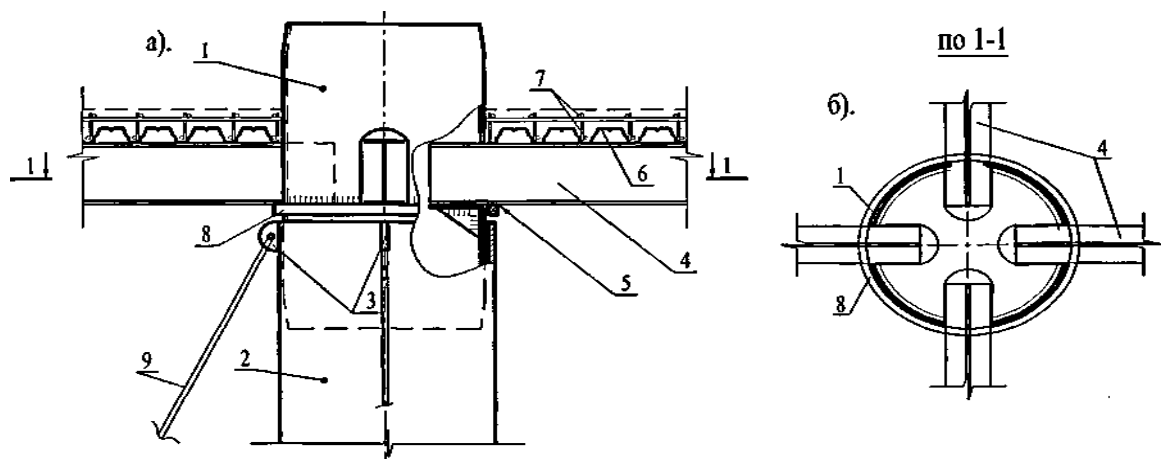


Рисунок 4.9. Схема влаштування балочного перекриття: 1 - сполучна гільза; 2 - сталеві оболонки; 3 - технологічні пластини («вушка»); 4 - опалубочна система перекриття; 5 - опорний «комір»; 6 -

додаткове армування зон сполучень з колонами; 7 - верхні і нижні арматурні сітки; 8 - монтажні підкоси; 9 - внутрішні відгини стінки гільзи.

Для сполучення міжповерхового перекриття з ядром жорсткості передбачається з'єднання робочої арматури за допомогою випусків. У разі зведення ядра жорсткості з випередженням в один або кілька поверхів, арматура випусків загортається в армований або спінений поліетилен і загинається горизонтально, а в момент з'єднання з перекриттям відгинається і об'єднується з арматурою перекриття. Також можливий варіант спирання перекриття на опорний металевий «столик», який закріплюється на стіні ядра жорсткості через заставну деталь.

В. Одноциклічне бетонування конструкцій

Після виконання підготовчих робіт, перед бетонуванням конструкцій каркасу (монтаж металевих оболонок і пристрій опалубки балкового або безбалкового перекриття), коли забезпечена просторова жорсткість, здійснюється укладання бетонної суміші вертикальних і горизонтальних конструкцій в одному циклі - одноциклічне бетонування. Спочатку бетонна суміш укладається в усі сталеві оболонки до позначки верху плити перекриття і без перерви на набір міцності бетонується перекриття. Це дозволяє збільшити площу технологічних захваток, більш раціонально використовувати бетононасосний тран

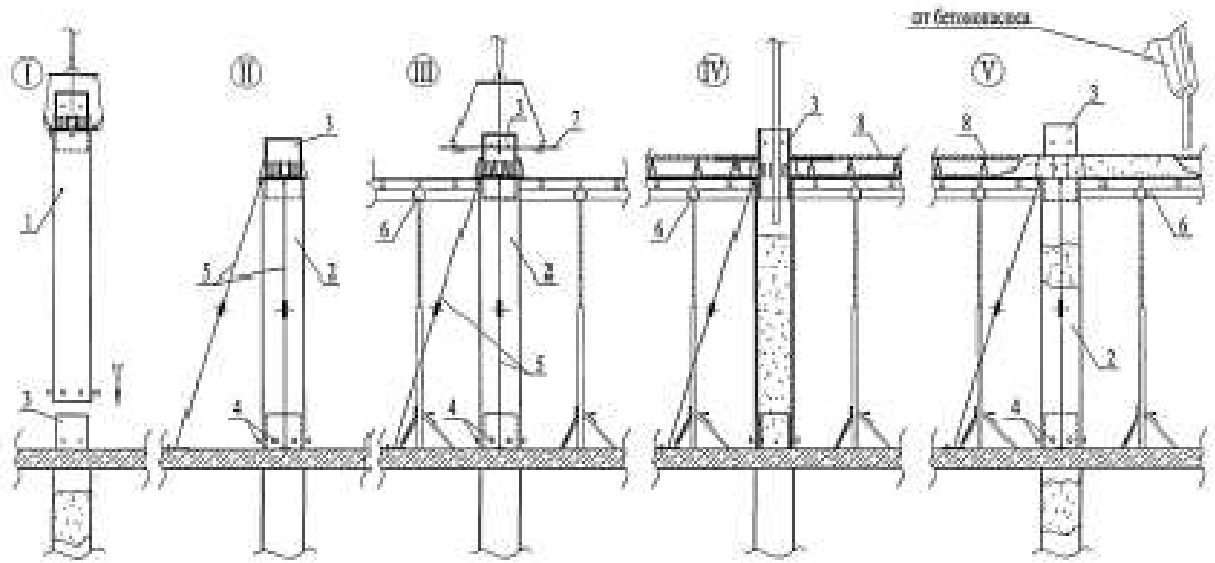


Рисунок. 4.10. Технологічні схеми возведення несучих конструкцій каркасу будівлі з колонами із трубобетону I - установка монтажного елемента в проектне положення; II - вивіряння, вивіряння та постійне кріплення сталеві оболонки колони, із з'єднувальною гильзою; III - монтаж додаткового армування з укладанням на опорний «воротник» та последуючим армуванням перекриття; IV – укладання бетонної суміші в сталеві оболонки колон; V - бетонування перекриття; 1 - монтажний елемент; 2 - сталеві оболонки колон; 3 – з'єднувальна гильза; 4 - фіксуючі болти; 5 - монтажні підкоси; 6 - опалубочна система перекриття; 7 - додаткове армування зон з'єднання колон з перекриттями; 8 - арматура перекриття

| № п/п | ВИД ВЕРТИКАЛЬНИХ НЕСУЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСУ | РАБОЧІ ЗМІНИ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|--|--------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | 1 | 2 | 3 | |
| 1 | Трубобетонні колони | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Железобетонні колони | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Рисунок 4.16. Порівняльний графік виробництва робіт при возведенні несучих конструкцій типового етажера будівлі «Міракс-Плаза» із використанням трубобетонних колон та традиційних із монолітного железобетону.

спорт при безперервному подаванні бетонної суміші і скоротити тривалість зведення несучих конструкцій типового поверху. Приклад виконання робіт по зведенню несучих конструкцій каркасу будівлі з одноциклічним укладанням бетонної суміші проілюстрований на мал.4.10 технологічними схемами.

У процесі зведення конструкцій каркасу будівлі, за рахунок несучої здатності сталеві оболонки, бетонне ядро не потребує витримці на набір регламентованої міцності. Поєднання даної властивості з одноциклічною технологією бетонування вертикальних і горизонтальних конструкцій, дозволяє здійснювати раннє навантаження трубобетонних колон. Таким чином, при досягненні бетоном горизонтальних конструкцій міцності не менше 1,5 МПа, при якій, згідно допускається рух людей і установка опалубки верхніх конструкцій, можливо здійснювати монтаж верхніх оболонок в проектне положення.

Крім несучої здатності, трубобетонний елемент, оснащений додатковими механічними пристроями (сполучна гільза), повинен відповідати вимогам технологічності будівельних конструкцій. Для цього необхідно виконати аналітичне дослідження і зіставити отримані результати технологій зведення будівлі з вертикальними несучими елементами з традиційних залізобетонних елементів і за умови їх заміни трубобетонними, оснащеними з'єднувальними гільзами.

Техніко-економічні показники возведення несучих конструкцій типового
етажу будівлі «Міракс-Плаза» із залізобетонними та трубобетонними
колонами

| № п/п | Показники | Од. вим. | Вертикальні несучі елементи | |
|-------|--|--------------------------------|-----------------------------|--|
| | | | Железобетонні колони | Трубобетонні колони |
| 1 | Площа поверху | м ² | 1664,90 | |
| 2 | Обсяг поверху | м ³ | 6493,11 | |
| 3 | Обсяг монолитних робіт | м ³ | 770,14 | 731,66 |
| 4 | Тривалість возведення типового поверху | доба | 7 | 4 |
| 5 | Обсяг бетону колон | м ³ | 93,04 | 54,56 |
| 6 | Маса металу колон | т | 57,25 | 25,78 |
| 7 | Площа опалубки колонн | м ² | 323,3 | 247,86 (площадь наружной поверхности металлических труб) |
| 8 | Витрати бетону колонн на м ² поверху | м ³ /м ² | 0,056 | 0,033 |
| 9 | Витратим металу колон на м ² поверху | кг/м | 34,39 | 15,48 |

Висновки по 4 главі

1. Розроблений вузол стику трубобетонних колон по висоті перекриттів за допомогою сполучної гільзи, забезпечує технологічність монтажу вертикальних несучих елементів каркасу для улаштування як балкових, так і безбалкових міжповерхових перекриттів.

2. Одноциклічна технологія бетонування вертикальних і горизонтальним несучих елементів каркасу підвищує швидкість укладання

бетонних сумішей, скорочує технологічні перерви на набір распалубочной міцності конструкцій, а також знижує витрати пов'язані з обслуговуванням бетононасосного транспорту.

3. Розроблена індустріальна технологія зведення багатоповерхових каркасних будинків з вертикальними несучими елементами з трубобетонних дозволяє знизити трудомісткість робіт по влаштуванню стиків колон по висоті і перекриттів на 30%, підвищити інтенсивність зведення будівель на 25-30%, що підвищує рівень технологічності трубобетонних елементів в цілому.

4. Порівняльний аналіз технологій зведення адміністративно-торгового комплексу «Міракс-Плаза» в умовах позитивних температур показав, що тривалість зведення несучих конструкцій каркасу в межах типового поверху знижується на 3 доби (з 7 до 4 днів) при використанні трубобетонних колон замість традиційних залізобетонних.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Удосконалена індустріальна технологія зведення каркасів будівель з вертикальними несучими конструкціями з трубобетонних елементів, що забезпечує підвищення інтенсивності зведення будівель на 25-30%. У порівнянні з традиційними залізобетонними колонами знижується витрата матеріалів на вертикальні конструкції: металу в 2,3, бетону в 2,1 рази.

2. В ході експериментальних досліджень розроблені конструктивні но-технологічні рішення вузлів сполучень трубобетонних колон по висоті та перекриттів. Виявлено, що найбільш технологічним є застосування сполучних гільз, що забезпечують спільну роботу сталеві оболонки і бетонного ядра, а також знижують загальну трудомісткість робіт по влаштуванню стиків до 30%.

3. Одноциклічна технологія бетонування вертикальних і горизонтальним несучих елементів каркасу підвищує швидкість укладання бетонних сумішей, скорочує технологічні перерви на набір распалубочной міцності конструкцій, а також знижує витрати пов'язані з обслуговуванням бетононасосного транспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алперина О.Н. Исследование сжатых железобетонных элементов с поперечным армированием // Исследование бетона и железобетонных конструкций транспортных сооружений. Труды ВНИИ транспортного строительства. Вып. 36. - М.: Трансжелдориздат, 1960. - с. 118-150.
2. Алмазов В.О., Амирасланов З.А. Методы решения проблем сцепления между бетонным ядром и стальной оболочки // Бурение & нефть. - 2009. - №2. - с. 16-20.
3. Арбенъев А. С. От электротермоса к синэнергобетонированию конструкций. - Владимир: ВТУ, 1996. - 71 с.
4. Арбенъев А. С. Четыре принципа синэнергобетонирования с электроразогревом смеси // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века, 2001. - №10. - 2 с.
5. Афанасьев А.А. Технологическая надежность монолитного домостроения // Промышленное и гражданское строительство. 2001. - №3. - с. 24-27.
6. Афанасьев А. А., Минаков Ю. А. Оценка тепловых полей при ускоренных методах твердения бетона / 7-й Польско-российский семинар «Теоретические основы строительства», Варшава, 1998. - с. 247-254.
7. Афанасьев А.А., Минаков Ю.А., Абдулин И.Б., Казимиров И.А. Термоактивные опалубки в монолитном домостроении // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 1999. - №7-8. — с. 26-27.
8. Бикбау М.Я. Новые комплексные технологии строительства жилья // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI Века. — 2011. — №1. - с.30-32.
9. Бикбау М.Я. Практика и перспектива применения трубобетона в строительстве высотных зданий // Сб. док. II Международного симпозиума по строительным материалам КНАУФ для СНГ, 2005. - с. 45-56.

10. Гамбаров Г.А. Исследование работы спирально армированных и трубобетонных элементов под воздействием центрального сжатия: Дисс. ...канд. техн. Наук. -М., 1961. - 166 с.
11. Гвоздев А.А. Определение величины разрушающей нагрузки для статически неопределимых систем // Проект и стандарт. 1934. - №8. — с. 10-16.
12. Гендин В.Я., Мягков А. Д. Электропрогрев бетона с противоморозными добавками. - Новосибирск: Западно-сибирское книжное издательство, 1982. - 145 с.
13. Головнев С.Г. Оптимизация методов зимнего бетонирования. - Л.: Стройиздат, 1983. - 110 с.
14. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. - М.: Изд-во стандартов, 1991. - 46 с.
15. ГОСТ 10704-91. Трубы стальные электросварные прямошовные. - М.: Стандартиформ, 2007. - 7 с.
16. ГОСТ 10705-80. Трубы стальные электросварные. Технические условия. - М.: Стандартиформ, 2005. - 9 с.
17. ГОСТ 17473-80. Винты с полукруглой головкой класса точности А и В. Конструкция и размеры. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 5 с.
18. ГОСТ 17475-80*. Винты с потайной головкой классов точности А и В. Конструкция и размеры. - М.: Изд-во стандартов, 1982. - 5 с.
19. ГОСТ 18105-86. Бетоны. Правила контроля прочности. - М.: Изд-во стандартов, 1987.-21 с.
20. ГОСТ 22263-76. Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия. -М.: Изд-во стандартов, 2002. - 10 с.
21. ГОСТ 22356-70*. Болты и гайки высокопрочные и шайбы. Общие технические условия. - М.: Изд-во стандартов, 1979. - 8 с.
22. ГОСТ 27006-86. Бетоны. Правила подбора состава. -М.: Стандартиформ, 2006. - 5 с.
23. ГОСТ 28570-90. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций. - М.: Стандартиформ, 2005. - 9 с.

24. ГОСТ 28840-90. Машины для испытания материалов на растяжение, сжатие и изгиб. Общие технические требования. - М.: Изд-во стандартов, 2003 - 6 с.
25. ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия. - М., 2003.-20 с.
26. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества.
27. ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм. Технические условия.
28. ГОСТ 8270-93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. - Минск: Изд-во стандартов, 1995. — Юс.
29. Гныря А.И., Коробков С.В. Технология бетонных работ в зимних условиях: Учеб. Пособие. Томск: Изд-во ТГАСУ, 2011ю - 411 с.
30. Данилов Н.И. Тепловая обработка сборного железобетона инфракрасными лучами. - М.: Стройиздат, 1968. - 175 с.
31. Дегтерев В.В., Коротков Л.И., Лебешев И.М. Метод расчета на прочность изгибаемых и внецентренно сжатых трубобетонных элементов круглого,« - сечения в том числе для мостов / Научно-технический отчет ЦНИИС. - М., 1988.- ПО с.
32. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и z - преобразования. - М.: Наука, 1971. - 288 с
33. Долженко А.А. Исследование сопротивления трубобетона осевому сжатию // Теория сооружений и конструкция. - Труды Воронежского ИСИ. Вып. I. - 1964. №10. - с. 3-23.
34. Долженко А.А. К теории расчета трубобетона // Теория сооружений и конструкция. - Труды Воронежского ИСИ. Вып. I. — 1964. №10. - с. 24-33.
35. Долженко А.А. Трубобетонные конструкции на строительстве производственного здания // Промышленное строительство. - 1965. — №6. — с. 23-26.

37. Катаев В.А. Теоретическое исследование и расчет трубобетонных стержней // Бетон и железобетон. - 1993. - № 2. - с. 26-28.
38. Кикин. А.И., Санжаровский Р.С., Трулль В.А. Конструкции из стальных труб, заполненные бетоном. -М.: Стройиздат, 1974. - 145 с.
39. Кирпичев М.В. Теория подобия. - М.: Изд-во АН СССР, 1953. - 93 с.
40. Коврыга С.В. Прочность и деформативность при осевом сжатии стальных труб, заполненных высокопрочным бетоном: Дис. ... канд. техн. Наук. - М., 1992.-149 с.
41. Комиссаров С.В., Зиневич Л.В. К вопросу о прогнозировании прироста прочности бетона в монолитных конструкциях, свободно остывающих после распалубки // Вестник МГСУ. - 2010. — № 4 том 5. — с. 301-303.
42. Красновский Б.М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования. - М.: ГАСИС, 2004. - 475 с
43. Красновский Б.М. О термообработке каркасных конструкций индукционным методом // Бетон и железобетон. — 1971. - №1. - с. 7-10.
44. Кришан А.Л. Трубобетонные колонны для многоэтажных зданий // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений. - 2009. - №4. - с. 75-80.
45. Кришан А.Л., Гареев М.Ш., Сагадатов А.И. Предварительно обжатые трубобетонные элементы кольцевого сечения // Бетон и железобетон. — 2008. — №4.-с. 7-11.
46. Кришан А.Л., Гареев М.Ш., Сагадатов А.И. Сталетрубобетонные колонны с предварительно обжатым ядром // Бетон и железобетон. — 2004. — №6. -с. 11-14.
47. Кришан. А.Л., Заикин А.И., Купфер М.С. Определение разрушающей нагрузки сжатых трубобетонных элементов // Бетон и железобетон. — 2009. — №2.-с. 13-16.

48. Кришан А.Л., Ремнев В.В. Трубобетонные колонны для высотных зданий // Промышленное и гражданское строительство. - 2009. - №10. - с. 22-24.
49. Крылов Б.А., Амбарцумян С.А., Звездов А.И. «Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях», М.: НИИЖБ, 2005. - 275 с.
50. Крылов Б. А. Арбеньев А. С. Остывание бетона на морозе // Бетон и железобетон, 1993. - № 5. - 3 с.
51. Крылов Б. А., Ли А. И. Форсированный электроразогрев бетона. М. Стройиздат, 1975.-268 с.
52. Кузеванов Д.В. Расчет внецентренно сжатых трубобетонных элементов по СП 52-101-2003 // Технологии бетонов. - 2006. - №6. - с. 46-48.
53. Липатов А.Ф. Исследование прочности трубобетонных элементов // Сб. тр. ЦНИИС, 1956. - №19. - с. 251-298.
54. Лукша Л.К. Прочность трубобетона. - Минск: Высш. шк., 1977. — 95 с.
55. Лыков А.В. Теория теплопроводности: Учеб. Пособие. М.: Изд-во Высш. шк., 1970. - 600 с.
56. Маренин В.Ф., Ренский А.Б. Вопросы прочности стальных труб, заполненных бетоном // В. сб. «Материалы по стальным конструкциям», вып. 4 - М.: Госстройиздат, 1959.-е. 85-110.
57. Мартиросов Г.М., Мартиросян Р.В. Повышение эффективности косвенного армирования // Бетон и железобетон. - 1980. - №9. - с. 12-13.
58. Мартиросов Г.М., Шахворостов А.И. Трубобетонные элементы из бетона на напрягающемся цементе // Бетон и железобетон. - 2001. - №4. - с. 12-13.
59. МГСН 4.19-05 «Многофункциональные высотные здания и комплексы». М.: ФГУП НИЦ "Строительство", 2005.
60. МДС 12-48.2009 «Зимнее бетонирование с применением нагревательных проводов / - М.: ЗАО «ЦНИИомтп», 2009. - 20 с.
61. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. — М.: Стройиздат, 1975.-700 с.

62. Монолитные сталежелезобетонные конструкции высотных зданий с применением высокопрочного бетона // Строительство и архитектура. Экспресс информация. - 1989. Вып. 11.-е. 2-6.
63. Мордич А.И. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12...25 этажей) для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям: Отчет о научно исследовательской работе. Минск: БелНИИС, 2002. - 117 с.
64. Николаев С.В. Высотное домостроение - культура проектирования, строительства и эксплуатации. Публикации ЦНИИЭП жилища. <http://www.ingil.ru/high-rise-building/9-high-rise-building.html> (дата обращения: 06.11.2011)
65. Новая архитектурно-строительная система // Строительная орбита. - 2009.- №2.-с. 31-33.
66. Передерий Г.П. Трубчатая арматура. - М.: Трансжелдориздат, 1945. - 105с.
67. Под ред. Головнева С.Г. Современные строительные технологии / Монография. - Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. - 268 с.
68. Под ред. Иноземцева В.Л. Принуждение к инновациям: стратегия для России / Сборник статей и материалов. - М.: Центр исследований постиндустриального общества, 2009. - 288 с.
69. Подгорнов Н.И. Термообработка бетона с использованием солнечной энергии. -М.: АСВ, 2010. - 328 с.
70. Попкова О.М. Конструкции зданий и сооружений из высокопрочного бетона. - М.: Наука, 1988. - 712 с.
71. Рекомендации по проектированию и применению железобетонных (с внешним листовым армированием) всяких покрытий при реконструкции предприятий без остановки производства. НИИЖБ, М.: Госстройиздат, 1984. - 54с.

72. Росновский В.А. Трубобетон в мостостроении. - М.: Трансжелдориздат, 1963.-ПО с.
73. Руководство по проектированию железобетонных конструкций с жесткой арматурой. - М.: Стройиздат, 1978. - 55 с.
74. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера. - М, Стройиздат, 1982. -313 с.
75. Санжаровский Р.С. Несущая способность сжатых трубобетонных стержней // Бетон и железобетон. - 1971. - №11. - с. 27-28.
76. Свидетельство на полезную модель №ШШ373Ш. МКИ 7 В 28 В 7/32. Пустотообразователь: БИМП. 2002. №2. / Кришан А.Л.
77. СНиП 3.3.01-87 Несущие и ограждающие конструкции. М.: Стройиздат, 1988.-216 с.
78. СНиП П-23-81* Стальные конструкции. М.: Стройиздат, 1984. - 40 с.
79. СНиП 52-01-2003 Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Основные положения. М, ОАО «Издательство Стройиздат», 2004. - 154 с.
80. Способ повышения несущей способности трубобетонных конструкций! Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Патент №2417290 на изобретение: БИПМ, 2011, - № 12.
81. Способ повышения несущей способности трубобетонных конструкций. Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Патент №2420636 на изобретение: БИПМ, 2011,-№16.
82. Способ соединения трубобетонных колонн по высоте и перекрытиям. Афанасьев А.А., Курочкин А.В. Заявка №2011110440 на изобретение: БИПМ, 2011,-№17.
83. Стороженко Л.И. Объемное напряженно-деформированное состояние железобетона с косвенным армированием: Автореф. ... дис. д-ра. тех. наук. — М., 1985.-46 с.
84. Стороженко Л.И. Железобетонные конструкции с внешним армированием: Учеб. Пособие. - К.: УМК ВО, 1989. - 99 с.

85. Стороженко Л.И., Плахотный П.И. Черный А.Я. Расчет трубобетонных конструкций. — Киев: «Будивэльнык», 1991. - 120 с.
86. Стороженко Л.И., Семко А.В. Сравнение методик расчета трубобетонных конструкций // Коммунальное хозяйство городов. Науч.-техн. сб. Вып 63. - К.: Техшка. - 2005. - с. 59-70.
87. Строительный элемент в виде стойки. Кришан А.Л., Сагадатов А.И., Аткишкин И.В., Кузнецов К.С., Чернов А.В. Патент на полезную модель: БИПМ, 2005.- №34.
88. Трубобетонный преднапряженный элемент с всерным армированием. Патент №2170985 на изобретение: БИПМ, 2001 - №19.
89. ТСН 12-336-2007 «Производство бетонных работ при отрицательных температурах среды на территории республики Саха (Якутия)». Якутск. - 2007. - 51 с.
90. Узун И.А. Новые технологии возведения зданий из трубобетонных элементов и их расчет // Промышленное и гражданское строительство. - 2006. — №2.-с. 41-42.
91. Фонов В.М., Людковский И.Г., Нестерович А.П. Прочность и, деформативность трубобетонных элементов при осевом сжатию. - 1989. — №1. — с. 4-6.
92. Харитонов В.А. и др. Реконструкция и обновление сложившейся застройки города. -М.: Изд-ва «АСВ» и «Реалпроект», 2006. - 623 с.
93. Храбрый О. Они не видят. Они не слышат. Они ничего не читают // Эксперт online. Интернет - журн. 03.03.2008. URL: http://expert.ru/expert/2008/09/oni_ne_vidyat/ (дата обращения 30.09.2011).
94. Цай Шаохуай. Новейший опыт применения трубобетона в КНР // Бетон и железобетон. - 2001. - №3. - с. 20-24.
95. Шахворостов А.И. Исследование напряженно-деформированного состояния трубобетона на напрягающемся цементе: Дис. ... канд. техн. наук. — М., 2000.-158 с.

96. Щербаков Е.Н., Смирнов Н.В., Дегтерев В.В. Метод расчета на прочность изгибаемых и внецентренно сжатых трубобетонных элементов круглого сечения в том числе для мостов. - М., ЦНИИС, 1988. - с. 109.
97. Boyd P.F., Cofer W.F., McLean D.I. Seismic Performance of Steel-Encased Concrete Columns under Flexural Loading // ACI Structural Journal, 1995, vol. 92, - №3,-pp. 355-364.
98. Cai S.-H. Limit Analysis and Application of Concrete-filled Steel Tubular Columns / first East Conference on Structural Engineering and Construction. - Bangkok. - 1986. -pp. 809-820.
99. Cai S.-H., Gu W.-P. Behavior and ultimate Strength of Steel-Tube-confined High Strength Concrete Columns / Fourth International Symposium on Utilization of High strength/High-performance Concrete. - Paris, - 1996. - pp. 827-833.
100. Cai S.-H., Jiao Z.-S. Ultimate strength of concrete-filled steel tube columns: experiment, analysis and design. Institute of Building Structures China Academy of Building Research Beijing, China, June, - 1983.
101. China's tallest tower opens // Arup. News. Интернет - новости 29.09.2010. http://www.arup.com/News/2010_09_September/29_Sep_2010_GZ_TV_Tower_opens.aspx#! (дата обращения: 24.08.2011).
102. Douglas Loesch E. WaMu Center / Seattle Art Museum Expansion // Structure magazine, june - 2007. - pp. 46-48
103. Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures / Part 1-1 General rules and rules for buildings. Stage 49.
104. Morino S., Kawano A., Kawaguchi J. Guidelines for Dynamic Seismic Design of Steel Frames Using CFT Columns // Building Construction. - 2005. №1. - pp. 913
105. Morino S., Tsuba K. Design and Construction of Concrete-Filled Steel Tube Column System in Japan // Earthquake and Engineering Seismology. - 2005. Vol. 4, - №1,pp. 51-73.

106. Moga C., Gutiu S.I., Campian C., Urian G. Concrete-Filled Steel Rectangular Section Columns. Shear Connection Design. Ovidius University Annals Series // Civil Engineering, -vol. 1, -№8, Nov. 2006. -pp. 23-26.
107. PERI. Опалубка. Строительные леса. Инженерное сопровождение // Справочник, М.: PERI GmbH, 2011. - 303 с.
108. Proceedings cold region Engeneering / International Symposium. - Charbin, China: 1996. - 328 p.
109. RILEM 70 / Recommendation for concreting in cold Weather - Finland // ESPOO.- 1988.