

ПОЛТАВСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

ГАЙДУК ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА

НАПРУЖНО-ДЕФОРМОВАННИЙ СТАН ТА РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ
ЗДАТНОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА
ПОЦЕНТРОВИЙ СТИСК ТА ЗГИНАННЯ

Спеціальність 05.23.01 - Будівельні конструкції,
будівлі та споруди

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Полтава - 1996

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі будівельної механіки Харківської державної академії залізничного транспорту.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Е.Д. Чихладзе

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
О.Л. Шагін

– кандидат технічних наук, доцент
Г.А. Молодченко

Провідна установа – Харківський державний проектний
інститут "Енергопроект"

Захист дисертації відбудеться " 28" травня 1996 р. о
14 годині на засіданні спеціалізованої ради Д.25.01.02 за
спеціальністю "Будівельні конструкції, будови і споруди" Пол-
тавського технічного університету за адресою: 314601, м. Полтава,
Першотравневий проспект, 24.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці університету.

Відгуки на автореферат просимо надсилати на ім'я вченого
секретаря у двох примірниках, завірених печаткою.

Автореферат розіслано " ____ "

квітня 1996 р. Стефаник
АН України

Вчений секретар
спеціалізованої ради
доктор технічних наук,
професор

Бондар Бондар В.О.

ЛННБ України ім.В.Стефаника



00443005 (G)

ВСТУП

Актуальність дослідження. Зниження вартості та трудомісткості будівництва може бути здійснено шляхом застосування конструкцій з зовнішнім армуванням замість сталевих і в багатьох випадках залізобетонних.

Цьому сприяють наступні переваги сталобетонних конструкцій: спрощення технології виготовлення, скорочення витрат на опалубку та закладні деталі; ефективне використання міцностних властивостей матеріалів – бетонне ядро має збільшену міцність за рахунок бокового стиснення, створюваного обоймою, в свою чергу стальна обойма, заповнена бетоном, в значній мірі захищена від втрати місцевої та загальної стійкості; поєднання функцій робочої арматури із захистом від механічних та інших впливів; зменшення висоти елементів, отримане завдяки відсутності захисного шару і в результаті компактного розташування арматури. Відсутність внутрішнього армування /хомутів, відгибів, монтажних кріпків, петель/ дозволяє отримати добру щільність і однорідність бетону в оболонці. Заповнення оболонки бетоном не викликає затруднень технологічного порядку.

Для підвищення ефективності і більшого розповсюдження конструкцій з зовнішнім армуванням у практику будівництва необхідна розробка способів розрахунку, що враховуватиме взаємодію між обоймою та ядром та їх взаємний вплив на напружено-деформований стан і несучу здатність бетонного ядра, обоями та всієї конструкції в цілому.

Мета дисертаційної роботи: розробка способів розрахунку сталобетонних елементів прямокутного перерізу на

міцність і деформативність при позацентровому стиску та згинанні в умовах статичного короточасного завантаження.

Практична цінність. Використання в каркасах промислових споруд і, зокрема, в каркасах машинних залів атомних електростанцій, сталобетонних колон дозволяє підвищити надійність, знизити матеріаломісткість, раціонально використовувати матеріали будівельних конструкцій каркасу.

Запровадження. Методика розрахунку та конструктивні рішення сталобетонних та комбінованих конструкцій запроваджені Харківським відділом науково-дослідницького інституту Енергопроект у проектних рішеннях сталобетонного каркасу учбово-тренувального центру Запорізької АЕС, а Київським інститутом Енергопроект у проектних рішеннях каркасу Калінінградської ТЕС, складу готової продукції та силовини, арматурного цеху та ін. об'єктах.

Апробація роботи. Результати теоретичних і експериментальних досліджень доповідались на конференціях Харківського державного автомобільно-шляхового технічного університету /ХАДІ/ і Харківської державної академії залізничного транспорту /ХІІТ/, надруковані у 5 наукових статтях, в тому числі отримано 1 авторське свідоцтво на винахід.

Наукова новизна роботи визначається:

- розробкою способу розрахунку сталобетонного елемента прямокутного поперечного перерізу на позацентровий стиск, що дозволяє розкрити контакт між бетонним ядром і сталеною обоймою і з цих позицій оцінити несучу здатність конструкції в цілому;

- установленням залежності між згинаючим моментом і кривизною при косому та прямому згинанні;

- визначенням закономірностей зміни контактних дотичних і нормальних сил у процесі зміни напружено-деформованого стану перерізу колон;

- врахуванням впливу поздовжнього згинання на несучу здатність сталобетонних позацентрово стиснутих стержнів.

Публікація. Основний зміст роботи відбито у 5 друкованих працях.

Обсяг і структура роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, списку використаних джерел, 89 сторінок основного тексту, 24 малюнків, 12 таблиць, додатків.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується тема дослідження, її актуальність, формулюються мета і завдання і надається коротка характеристика роботи. Крім того, тут указані нові наукові положення, винесені на захист, і перелік основних публікацій.

У першому розділі наведено огляд літератури з проблеми, що вивчається. Зауважується, що питання несучої здатності сталобетонних колон при позацентровому стиску знаходиться у полі зору багатьох дослідників, що пов'язано з широким прикладним характером проблеми. Огляд літературних джерел проведено по декількох напрямкам: спочатку розглядаються праці, в яких автори досліджують різні види армування бетону, з метою підвищення його міцності. Особливе місце відведено працям, де досліджуються конструкції з арматурою, виконаною у вигляді суцільної обойми, як найбільш конструктивно вигідний вид армування. Далі досліджуються праці, в яких проведено аналіз міцності та властивостей бетону в умовах складного напруженого стану. У першому розділі зроблено також короткі підсумки і поставлені завдання даного дослід-

ження.

Відзначено, що великий внесок у вивчення різних видів конструкцій із зовнішнім армуванням внесли Алперіна О.Н., Гвоздев А.А., Гомбаров Г.А., Добудогло Н.Г., Долженко А.А., Карпинський В.І., Консидер, Курило А.С., Ліпатов А.Ф., Лопатто А.Е., Маренін В.Ф., Передерій Г.П., Росновський В.А., Рутгерс В.А., Санжаровський Р.С., Стороженко Л.І., Труль В.А., Шагін О.Л., Чихладзе Е.Д. та ін.

В даний час накопичено значну кількість праць, присвячених експериментальному і теоретичному дослідженню міцності та еластичності бетону в умовах складного багатоосного напруженого стану. Це, насамперед, праці Берга О.Я., Гвоздева А.А., Генієва Г.А., Зайцева Ю.В., Кисюка В.Н., Козачевського А.І., Карпенка Н.І., Лейтеса Ф.С., Лукши Л.К., Молодченка Г.А., Писаренка Г.С. та ін. Ці роботи сприяли з'ясуванню різних сторін складної оцінки НДС і НЗ. Але не всі питання були вирішені. Потребують розробки способи розрахунку сталобетонних колон прямокутного перерізу на позацентровий стиск. Великий вклад у розгляд даної проблеми внесли вчені Байков В.Н., Гвоздев А.А., Вахненко П.Ф., Залєсов А.С., Торянік М.С. та ін.

Підкреслено, що значні експериментально-теоретичні дослідження міцності і деформативності бетону в умовах багатоосного напруженого стану при простому та складному навантаженнях здійснені НДІ ЗБ Держбуду Росії. На основі аналізу експериментальних даних НДІ ЗБ запропоновано нові співвідношення між пружнопластичними деформаціями та напруженнями, що більш повно враховують прояви непружності, псевдопластичності бетону при всіх рівнях напруженого стану, що має велике значення для підвищення ефективності

розрахунків.

Наданий огляд досліджень сталобетонних конструкцій показав, що характер деформування і вичерпання несучої здатності позацентрово стиснутих у двох напрямках сталобетонних колон досліджено недостатньо. Не виявлено впливу суцільної об'ємки на процес деформування і руйнування колони, не досліджено контактні сили між бетонним ядром і сталюю об'ємкою на всьому діапазоні завантаження колони, не оцінено вплив поздовжнього згинання на несучу здатність і деформативність сталобетонних колон.

У другому розділі розроблено математичний апарат, що дозволяє вирішувати питання розрахунку при позацентровому стиску і згинанні, включаючи з'ясування аспектів взаємодії між об'ємкою та ядром і їх взаємного впливу на напружено-деформований стан і несучу здатність бетонного ядра, об'ємкою і всієї конструкції в цілому.

Теорії деформування бетону не завжди добре описують конкретні види напруженого стану, тому нам уявляється можливим при опису процесу деформування бетону в умовах тріосного, двоосного і одноосного станів скористатися феноменологічним підходом, який являє собою використання дійсних діаграм деформування матеріалів для конкретних видів напруженого стану. При цьому нелінійно деформований матеріал призводиться до ізотропного із звичайними інтегральними характеристиками, модулем деформації і коефіцієнтом поперечних деформацій. Останні являються змінними величинами і залежать від рівня напруженого стану.

В якості вихідних експериментальних діаграм деформування бетону в умовах об'ємного напруженого стану використані дані НДІ ЗБу та дослідження Ілінойського і Легайського

університетів США, а для плоского - дані Г. Купфера.

Залежність між напруженням і деформацією в головних напрямках прийнята у вигляді

$$\sigma_{\delta_i} = \sum_{k=1}^4 A_{ik} (\epsilon_{\delta_i})^k \quad /1/$$

Для відпрацювання експериментальних даних складені і відлагоджені програми на ЕОМ, які дозволяють визначити параметри деформування для бетонів міцністю $R_b = 125-60$ МПа при різних

$$\eta_1 = \sigma_{\delta_2} / \sigma_{\delta_1}, \quad \eta_2 = \sigma_{\delta_3} / \sigma_{\delta_1}$$

Січний модуль деформації бетону при стисканні /розтяганні/ і коефіцієнт поперечної деформації бетону записується для об'ємного напруженого стану у відповідності з рекомендаціями НДІ ЗБУ

$$E_b = \frac{9G \cdot K}{G + 3K}, \quad \nu_b = \frac{3K - 2G}{2[G + 3K]} \quad /2/$$

де K - січний модуль відносних об'ємних змін бетону;

G - січний модуль зсуву.

Граничні напруження у решті об'єми обчислюються з використанням енергетичного критерія пластичності Мізеса, а граничні напруження у бетонному ядрі - критерія пружності В.А. Яшина.

Розглядається сталобетонний елемент, завантажений вимушеною деформацією $\epsilon_x = K \cdot X$ /мал. 1/, де K - кривизна нейтрального шару, X - відстань від нейтрального шару до волокна, що розглядається. Припускається, що ядро та об'єма у стиснутій зоні працюють спільно, без відриву і просковзування. В розтягненій зоні можливе виникнення щілин, нормальних до поздовжньої осі елемента. Критерієм виник-

нення щілин для конкретного виду напруженого стану є досягнення у волокнах бетону граничних напружень. Після виникнення щілин у напрямі дії максимальних розтягуючих напружень, в перпендикулярних напрямках смуги бетону працюють без щілин. Напружений стан в перерізі сталобетонного елемента показано на мал. 2.

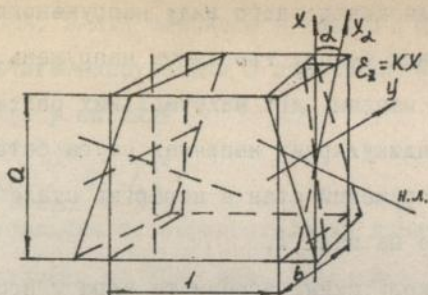
Розрахункові схеми обійми та ядра у поперечному перерізі сталобетонного елемента показано на мал. 3. За невідомі прийнято нормальні $X_j, X_\mu, X_p, X_{tj}, X_{t\mu}, X_{tp}$ та дотичні $X_v, X_w, X_\lambda, X_{t\lambda}, X_{tw}, X_{t\lambda}$ контактні сили у стисненій та розтягненій зонах перерізу.

Сили взаємодії між ядром та обіймом знаходяться із умов рівності переміщень на межі контакту з наступної системи рівнянь

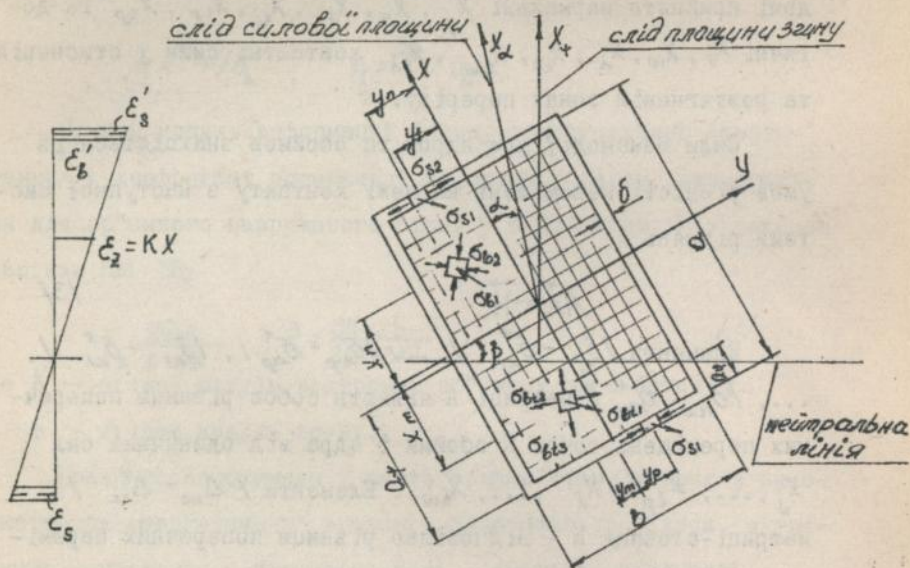
$$A\bar{X} = -\bar{H} \quad /3/$$

Елементи $/\delta_{kj} - \delta_{kj}^* /, \dots, / \delta_{k\mu} - \delta_{k\mu}^* /, / \delta_{kl} - \delta_{kl}^* /, \dots, / \delta_{ktw} - \delta_{ktw}^* /$ матриці А являють собою різницю поперечних переміщень точок К обійми і ядра від одиничних сил $X_j, \dots, X_{tp}, X_\lambda, \dots, X_{tw}$. Елементи $/\Delta_{kc} - \Delta_{kc}^* /$ матриці-стовпця Н - відповідно різницю поперечних переміщень обійми та ядра від заданого зміщення торцевих поверхонь елемента / мал. 3/.

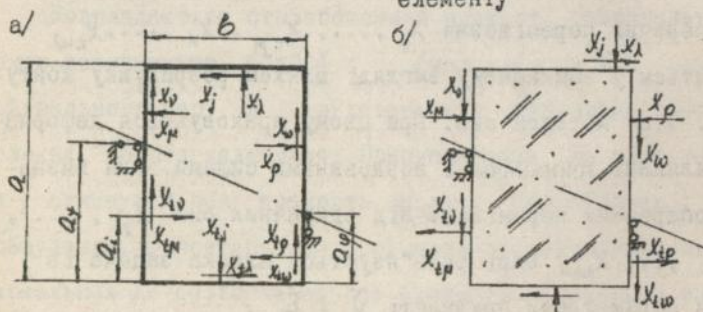
Поперечні переміщення $X_j, \dots, X_{tp}, X_\lambda, \dots, X_{tw}$ визначаються у замкненому вигляді шляхом розрахунку контура / мал. 3, а/ методом сил. При цьому враховуються деформації, викликані згинанням і поздовжніми силами. Для визначення поперечних переміщень від одиничних сил $X_j, \dots, X_{tp}, X_\lambda, \dots, X_{tw}$ у ядрі розв'язується плоска задача із змінними параметрами пружності \bar{V} і \bar{E} .



Мал. 1. Схема навантаження на сталобетонний елемент



Мал. 2. Напружено-деформований стан в перерізі сталобетонного елемента



Мал. 3. Розрахункові схеми сталобетонного елемента

Отримаємо

$$\frac{\partial^2}{\partial y^2} \left[\frac{(1-\bar{\nu})}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} - \frac{\bar{\nu}(1+\bar{\nu})}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right] + \frac{\partial^2}{\partial x^2} \left[\frac{(1-\bar{\nu}^2)}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} - \frac{\bar{\nu}(1+\bar{\nu})}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right] + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y} \left[\frac{2(1-\bar{\nu})}{E} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right] = 0. \quad /4/$$

В якості числового методу вирішення застосовується метод скінченних різниць. У згорнутому вигляді кінцеве вирішення рівняння МКР для точок з координатами $/I, J/$ можна уявити наступним чином

$$\sum_{L=-2}^{L=2} \sum_{K=-2}^{K=2} \varphi(I+K, J+L) \Psi(I+K, J+L) = 0, \quad \text{де } L, K = -2, -1, 0, 1, 2 \quad /5/$$

Значення функції φ та її похідної на контурі визначається за допомогою рамної аналогії.

Поперечні переміщення обойми від заданих поздовжніх зміщень визначаються наступним чином:

у напрямі осі x

$$\Delta_{кс}^x = \frac{\gamma_0 X^2 K}{2} \cos \beta - \frac{\gamma_0 X Y K}{2} \sin \beta, \quad /6/$$

у напрямі осі y

$$\Delta_{кс}^y = \frac{\gamma_0 X Y K}{2} \cos \beta - \frac{\gamma_0 X^2 K}{2} \sin \beta.$$

Коли $\beta = 0$ /позацентричний стиск у напрямі осі x /

$$\Delta_{кс}^x = \frac{\gamma_0 X^2 K}{2}, \quad \Delta_{кс}^y = \frac{\gamma_0 X Y K}{2}.$$

У точках обойми, розташованих нижче нейтральної осі, поперечні переміщення визначаються за тими ж формулами, але з протилежним знаком.

Поперечні переміщення у ядрі від заданих деформацій знайдено в результаті наближеного вирішення просторової задачі теорії пружності для призматичного тіла одиничної довжини, виконаного із ізотропного матеріалу із змінними параметрами деформування

$$u = \Delta_{kc}^{*x} = \cos \beta \int_0^{l_1} \tilde{\nu} x k dx - \sin \beta \int_0^{l_2} \tilde{\nu} x k dy, \quad 17/$$

$$v = \Delta_{kc}^{*y} = \cos \beta \int_0^{l_2} \tilde{\nu} x k dy + \sin \beta \int_0^{l_1} \tilde{\nu} x k dx.$$

Коли $\beta = 0$ /позацентричний стиск у напрямі осі x /

$$u = \Delta_{kc}^{*x} = \int_0^{l_1} \tilde{\nu} x k dx, \quad v = \Delta_{kc}^{*y} = \int_0^{l_2} \tilde{\nu} x k dy,$$

де l_1, l_2 - ордината і абсциса точки, в якій визначається переміщення.

Запропоноване розв'язання реалізується чисельно кроковим перебором деформованих етапів сталобетонного елемента. У нульовому наближенні вирішується пружна задача для наведеного перерізу. Визначається положення нейтральної лінії і площини згинання.

Кожний деформований стан визначається кривизною $K = K_0 I$ де K_0 - крок кривизни, I - номер етапу.

Лінеаризація нелінійного боку задачі здійснюється в процесі послідовних наближень, змінними параметрами якого являються січний модуль деформації бетону \bar{E} і коефіцієнт поперечної деформації $\bar{\nu}$ в кожній точці скінченно-різної сітки. При розв'язуванні системи рівнянь передбачено процедуру виключення контактних сил, що перевищують сили зчеплення між бетоном та обіймою.

Елементи перерізу, в яких $\sigma_{bt1} > \bar{\sigma}_{bt1}$, де $\bar{\sigma}_{bt1}$ - граничне значення головного розтягуючого напруження, виключаються із роботи у поздовжньому напрямі.

В результаті розрахунків за викладеною вище методикою отримано криві, що визначають залежність між згинаючим моментом і кривизною в перерізі елемента. Ці залежності використовуються для розрахунку залізобетонних колон при

поздовжньому згинанні. Позацентрове стискання розглядається як поодинокий випадок косоного згинання на осьовій деформації, що відбуваються сумісно. Фізичне рівняння в цьому випадку має наступний вигляд

$$K^* = \Phi(M) = M/D_0 \quad /8/$$

Геометричне рівняння

$$K^* = \frac{d^2 t}{dz^2}, \quad K^* = \frac{d^2 u}{dz^2} \quad /у випадку поздовжнього згинання/ \quad /9/$$

Рівняння рівноваги

$$M_i = N(e_0 + X_i) + M_0 \quad /10/$$

В рівняннях /8-10/ уведено такі позначення:

D_0 - жорсткість перерізу відносно нейтральної лінії;

$$t = \frac{u}{\cos \alpha} \frac{D_y}{D_0} = \frac{v}{\sin \alpha} \frac{D_x}{D_0}, \quad \text{де } t - \text{змінна, що має}$$

розмірність довжини; u, v - прогин в напрямку осей x, y ;

D_x, D_y - жорсткість відносно геометричних осей;

X_i - прогин в площині згинання; $M_0 = N(e - e_0)$,

e_0 - випадковий ексцентриситет.

Зв'язок між кривизною і згинаючим моментом, отриманий в результаті розрахунку коротких колон, $K = \Phi(M)$ приймається у табличній формі. Для проміжних значень кривизна визначається за допомогою інтерполяції. Розв'язування здійснюється методом скінченних різниць. Для цього стрижень розбивається на n (III) елементів. У кожному вузлі /крім торцевих/ записується розв'язуюче рівняння, отримане шляхом заміни диференціального оператора кінцеворізностним. Величина прогинів у вузлах сітки уточнюється в ітераційному процесі, який продовжується до досягнення точності, що вимагається.

У третьому розділі викладено методику проведення

експериментальних досліджень, технічні засоби, що використовуються при цьому, виконано аналіз отриманих результатів і проведено їх порівняння з результатами теоретичних розрахунків.

Для експериментальних досліджень, описаних у цьому розділі, виготовлено дві серії зразків. Перша серія складалася із п'ятнадцяти зразків з розмірами 125x125 мм і висотою 500 мм. Товщина обойми: $\delta = 2$ мм. Друга серія включала шістнадцять зразків, розміри поперечних перерізів яких дорівнювали 120x60 мм. Товщина обойми $\delta = 3,2$ мм, довжина зразків $l = 1000$ мм. Колони першої і другої серії виготовлялись із двох сталевих листів, зігнутих у вигляді швелерів і зварених уздовж усієї довжини, зразки заповнювались бетоном.

Величина модуля деформації бетону визначалась в результаті випробувань балок розмірами 40x40x160 мм на спеціальному стенді, розробленому на кафедрі будівельних матеріалів Харківського державного автомобільно-шляхового університету. Середня величина знайдених таким чином значень модуля деформації бетону $E_b = 26 \cdot 10^3$ МПа /1 серія/ та

$E_b = 25 \cdot 10^3$ МПа /2 серія/, міцність бетону відповідно:

$$R_b^{1c} = 39,32 \text{ МПа}; \quad R_b^{2c} = 35,4 \text{ МПа.}$$

Деформативно-міцнісні характеристики сталі отримані в результаті випробування смуг розмірами 50x4x0,2 см і 50x4x0,5 см. Деформації у смугах фіксувалися тензодатчиками і оптичними тензомерами. Отримані в результаті випробувань характеристики сталі були відповідно такими:

$$\sigma_r^{1c} = 378 \text{ МПа}, \quad \sigma_r^{2c} = 241 \text{ МПа}, \quad \sigma_b^{1c} = 570 \text{ МПа}, \quad \sigma_b^{2c} = 360 \text{ МПа.}$$

Сталобетонні колони першої серії проходили випробування на гідравлічному пресі ПММ-125. Опорні пристрої за-

безпечували шарнірну схему закріплення зразка, а спеціальні оголовки дозволяли проводити випробування колон з різними поперечним перерізом і різними ексцентриситетами прикладення зовнішнього навантаження. В процесі випробувань замірялись поздовжні і поперечні деформації сталевий обійми. Для цього по всьому периметру середнього перерізу по довжині наклеювалися тензодатчики. Центрування колон здійснювалось за показаннями тензодатчиків. Колони завантажувалися етапами з витримками для зняття показань вимірвальних приладів.

Здійснені експериментальні дослідження коротких колон і числові розрахунки при центральному стисканні показали, що при $\gamma_s > \gamma_b$ бетонне ядро розтягнене у поперечному напрямі, але розтягуючі напруження не перевищують напружень, що характеризують міцність контакту між ядром та обіймом. При рівні напруженого стану в бетоні $R_{np}/R_b = 0,3 \dots 0,4$ контактні нормальні і контактні дотичні сили зменшуються і змінюють знак. В процесі подальшого стискання контактні дотичні сили досягають граничних значень, рівних силам зчеплення між бетоном і обіймом, і виключаються із роботи. У граничному стані ядро і обійма контактують лише в кутах перерізу за допомогою нормальних сил.

Значно складніша картина напружено-деформованого стану при позацентровому стиску, де поперечний переріз має дві зони - стиснуту і розтягнену. В стиснутій зоні бетонне ядро проходить ті ж стадії, що і при центральному стиску. В розтягнутій зоні можливо виникнення щілин у поздовжньому напрямі, що призводить до виключення із роботи частини бетонного ядра.

Руйнування сталобетонної позацентрово стиснутої ко-

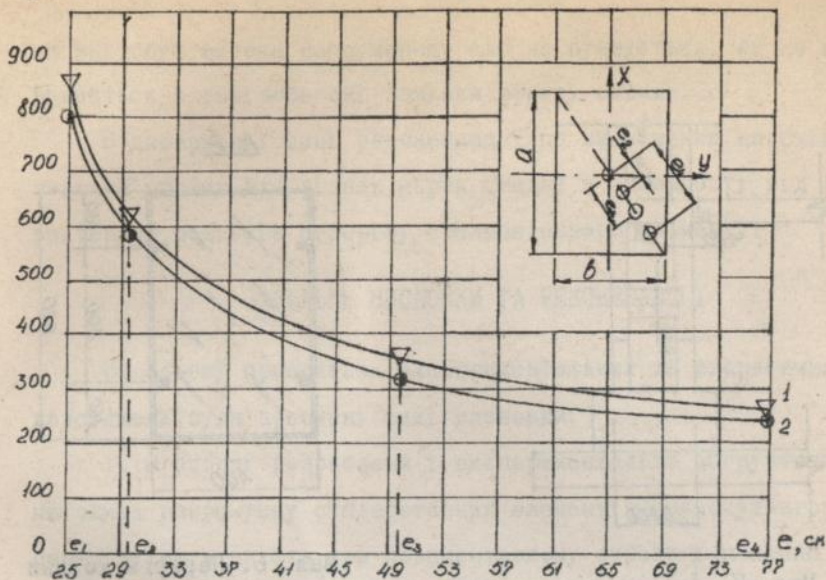
лони починається із випинання обойми у стиснутій зоні. Причиною випинання обойми являється досягнення у ній граничних поздовжніх деформацій, рівних деформаціям текучості, і руйнування бетону в кутових зонах.

В результаті випробувань колон з різними ексцентриситетами одержано графіки залежності граничного навантаження від відносного ексцентриситета, графіки зміни поздовжніх і поперечних деформацій оболонок коротких колон, визначено положення нейтральної осі. Експериментальні дослідження були підтверджені теоретично /мал. 4/.

Випробування довгих колон проводили на універсальній гідравличній машині ГРМ-1 із шкалою силовимірвача 500 кН. В процесі випробування замірялись прогини в напрямі осей X і Y у середньому перерізі по довжині колони. Випробувались колони на позацентрове навантаження з відносними ексцентриситетами $e/b = 0,5-1,5$; $e/a = 0,5-1,5$. Основними результатами досліду являються отримані величини руйнуючих навантажень. Співставлення теоретичних і експериментальних даних вказує на високу точність теоретичного методу.

У четвертому розділі розглядаються питання використання результатів досліджень в реальних будівельних конструкціях, пропонується використовувати сталобетонний елемент, що має підвищену несучу здатність /мал. 5/.

Вченими Київського інституту "Енергопроект" за участю автора розроблено сталобетонний елемент прямокутного перерізу, який має зовні металеве облицювання, що виконує роль незніманої опалубки та зовнішньої арматури і бетонне ядро, виконане методом напірного бетонування, що дозволяє спростити виготовлення та підвищити міцнісні характеристики ядра /мал. 6/.

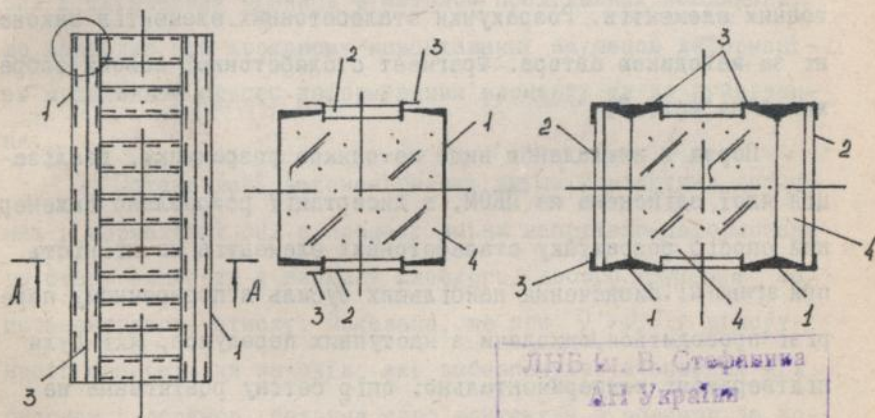


Мал. 4. Графіки залежності граничного навантаження

від відносного ексцентриситета:

1 - експериментальна крива;

2 - теоретична крива.



Мал. 5. Сталебетонний елемент:

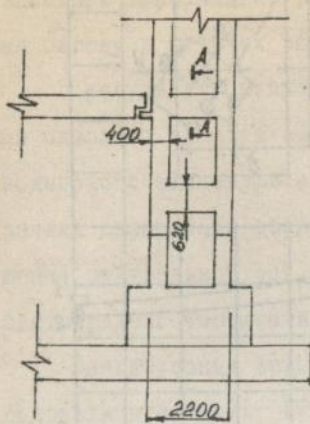
1 - прокатний профіль;

2 - профільований лист;

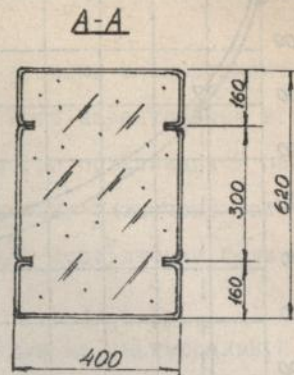
3 - з'єднувальні /з'єднуючі/ елементи із кутів;

4 - бетонне ядро.

ЛНБ ім. В. Стефаніва
АН України



Мал. 7. Двовіткова колона
учбово-тренувального
комплексу Запорізької АЕС



Мал. 6. Переріз колони

Харківським інститутом "Енергопроект" розроблено проект учбово-тренувального комплексу Запорізької АЕС із сталобетонних елементів. Розрахунки сталобетонних елементів виконані за методикою автора. Фрагмент сталобетонної колони зображений на мал. 7.

Поряд з викладеною вище методикою розрахунку, реалізація якої здійснена на ПЕОМ, в дисертації розроблено інженерний спосіб розрахунку сталобетонних елементів на міцність при згинанні. Визначення найбільших зусиль в поперечному перерізі проводиться, виходячи з наступних передумов, які були підтвержені експериментально: опір бетону розтягання не враховується; бетонне ядро та сталеві обійми працюють разом, аж до руйнування; втрата несучої здатності перерізу наступає після випинання обійми в стиснутій зоні; бетон стиснутої зо-

ни випробує високе напруження, але не руйнується, як це відбувається в залізобетоні, завдяки ефекту обойми.

В дисертації дані рекомендації по визначенню необхідної товщини обойми для різних марок сталей в залежності від характерних розмірів перерізу сталобетонного елементу.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

На основі проведених експериментальних та теоретичних досліджень були зроблені такі висновки:

1. В роботі розроблена і експериментально обгрунтована методика розрахунку сталобетонних елементів прямокутного перерізу на міцність при позацентровому стиску і згинанні, яка враховує контактні взаємодії між бетонним ядром, що працює в умовах об'ємного напруженого стану і обоймою, яка сприймає двовісний напружений стан.

2. Розроблено і реалізовано алгоритм розрахунку сталобетонних елементів, який базується на сполученні методу сил і скінченних різниць з методом послідовних наближень, що дозволяє при кроковому навантаженні змушеною деформацією моделювати процес деформування елементу аж до руйнування.

3. Встановлені закономірності зміни контактних дотичних і нормальних сил в процесі зміни напружено-деформованого стану елементу у випадку плоского, косого згинання та позацентрового стиску. Показано, що при $\nu_g > \nu_s$ і відсутності спеціальних заходів, які забезпечують зчеплення між бетоном і обоймою, бетонне ядро контактує з обоймою за допомогою нормальних контактних сил в кутах перерізу.

4. Розроблена методика розрахунку сталобетонних стержнів при поздовжньому і поперечному згинанні, в основу якої

закладено залежності між згинаючим моментом і кривизною /при $N = \text{const}$ /, які були отримані при розрахунку сталобетонних коротких елементів. Отримано розрахункові криві, які обмежують зону несучої здатності стержневого елемента різної довжини.

5. Розроблена інженерна методика розрахунку сталобетонного елемента на міцність при згинанні. Запропонована схема поздовжнього напруженого стану елемента. Прийнято, що втрата його несучої здатності настає після випинання обоями в стиснутій зоні перерізу. Надані рекомендації, які регламентують відношення δ/v .

Основний зміст дисертації опубліковано в наступних статтях:

1. Чихладзе Э.Д., Гайдук В.Н., Книжник Г.Г. Сталобетонный элемент - Положительное решение о выдаче патента России по заявке № 4940308/33 045456 от 22.01.92.

2. Чихладзе Э.Д., Гайдук В.Н. Напряженно-деформированное и предельное состояние бетонных конструкций с внешним листовым армированием. //Тезисы докладов 53 научно-технической конференции кафедр института и специалистов железнодорожного транспорта - Харьков, 1991. - С.46.

3. Гайдук В.Н. Экспериментальные исследования сталобетонных колонн при косом внецентренном сжатии //Тезисы докладов 55 научно-технической конференции кафедр института и специалистов железнодорожного транспорта - Харьков, 1993. - С. 40-41.

4. Гайдук В.Н. Методика расчета сталобетонных эле-

ментов при косом внецентренном сжатии: Информационный листок ИЛ № 98-95 - Харьков, 1995.

5. Гайдук Е.Н. Расчет гибких сталебетонных колонн прямоугольного поперечного сечения при косом внецентренном сжатии // Тезисы докладов 57 научно-технической конференции кафедр института и специалистов железнодорожного транспорта - Харьков, 1995. - С. 44.

АННОТАЦИЯ

Гайдук Е.Н. "Напряженно-деформированное состояние и расчет несущей способности сталебетонных элементов, работающих на внецентренное сжатие и изгиб".

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 05.23.01 - строительные конструкции, здания и сооружения. Полтавский технический университет. Полтава, 1996.

Проведены экспериментальные и теоретические исследования сталебетонных элементов на внецентренное сжатие и изгиб. Разработан способ расчета сталебетонного элемента прямоугольного поперечного сечения на внецентренное сжатие и изгиб, позволяющий раскрыть контакт между бетонным ядром и стальной обоймой и с этих позиций оценить несущую способность конструкции в целом.

Ключевые слова: сталебетонный элемент, напряженно-деформированное состояние, несущая способность, внецентренное сжатие, прямой и косой изгиб, модуль деформации, коэффициент поперечной деформации.

ANNOTATION

Gaiduk E.N. "The stress and deformation state and the calculation of the limit strength of the steelconcrete elements, working in out of centre compression and the bend.

Dissertation in educationally academic degree the candidate of technical science by speciality 05.23.01 - the building constructions, the buildings and structures. Poltava technical university. Poltava, 1995.

There was executed the experimental and theoretical researches of the steel-concrete elements, working in out of centre compression and the bend.

There was elaborated the calculation of the steel-concrete elements with rectangular diametrical section, working in out of centre compression and the bend, that allow to determine interaction of the concrete and the steel casing and evaluate limit strength of the whole construction.

Key words: the stress and deformation state - напряженно-деформированное состояние; the limit strength - несущая способность; out of centre compression - внецентренное сжатие; rectangular diametrical section - прямоугольное поперечное сечение;

ДЕКЛАРАЦІЯ ОСОБИСТИХ ВНЕСКІВ ДО ОПУБЛІКОВАНИХ
РОБІТ У СПІВАВТОРСТВІ

Основні результати дисертаційної роботи отримано автором особисто. У публікаціях, створених у співавторстві, внесок автора складає: /1/ - запропонована конструкція сталобетонного елемента, складеного із швелерів, кутників і профільованого листа; /2/ - проведені чисельні розрахунки сталобетонних елементів при позацентровому стиску.

ABEBA

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

312310

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТА РОЗРАХУНОК НЕСУЧОЇ
ЗДАТНОСТІ СТАЛЕБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА
ПОЦЕНТРОВИЙ СТИСК ТА ЗГИНАННЯ

ГАЙДУК ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА

Відповідальний за випуск

Романенко В.В.

Підписано до друку 19.04.96 р.

Формат паперу 60x84 1/16 Папір для розмножувальних апаратів.

Друк офсетний. Ум. друк.арк. 1,0, обл.-вид.арк.

Зам. 307 Тираж 100 прим. Безплатно.

Вид. ХДАЗТ, 310050, м.Харків-50, пл. Фейєрбаха, 7

Друк. ХДАЗТ, 310050, м.Харків-50, пл. Фейєрбаха, 7

312310

АВ 34.629

А В Т О Р Е З Р А Т

Команде технических наук
института на зодуцтв наукowego отуеня

312310

ПОСВЯЩЕННЯ СТУЖА ТА ЗНАНАННЯ
СТАВЛЯЮТЬ СВАБОДУ ТА ПРАВОДА НА
НАПРАВНО-АБОРОВАНИИ СТАН ТА РОЗРАХУНОК ВЕСИЛОУ

ТАВЛА ОЛЕНА МЯКОЛАЙИНА

Зіпозидельны за впух
Романко в.в.

Підписано до друку 19.04.56 р.
Формат паперу 60х84 1/16. Папір для друкуваельных операцй.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 1,0, одн.-кль. арк.
Зам. 302. Тираж 100 прим. Розплатно.

Друк. ХІАСТ, 310050, м. Харків-50, пл. Героїв, 7
Друк. ХІАСТ, 310050, м. Харків-50, пл. Героїв, 7