

Науково-дослідний інститут будівельних  
конструкцій (НДІБК)

На правах рукопису

Горбатова Лариса Віталіївна



УДК 624.15:624.543

ОСОБЛИВОСТІ РОБОТИ ЗСУВОЗАТРИМНИХ  
ФУНДАМЕНТІВ БЕЗКАРКАСНИХ ЖИТЛОВИХ  
СПОРУД

05.23.02 - Основи та фундаменти

Автореферат  
дисертиції на здобуття наукового  
ступеня кандидата технічних наук

Київ - '995

Робота виконувалась в Науково-дослідному  
інституті будівельних конструкцій

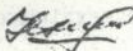
- Науковий керівник - кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Метелюк Никола Семенович
- Науковий консультант - кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Абросимов Віктор Григорович
- Наукові опоненти - доктор технічних наук,  
професор  
Білеуш Анатолій Іванович  
кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник  
Романов Станіслав Васильович

Захист відбудеться 23 січня 1996 р. о 13-00 годині на засіданні спеціалізованої ради Д. 01. 14. 01 Науково-дослідного інституту будівельних конструкцій за адресою: м. Київ-37, вул. Івана Кліменка 5/2.

З листом дисертації можна ознайомитися в бібліотеці Інституту будівельних конструкцій.

Автореферат дисертації відправлений "\_\_\_" \_\_\_\_\_ 1995 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д. 01. 14. 01  
кандидат технічних наук



М. Г. Мар'снков

ЛННБ України ім. В. Стефаніка



00755384 (W)

Актуальність роботи. Зсув у процесі розвитку розповсюджується на нові, раніше стабільні території, через що підкреслення зсувних та зсувонебезпечних територій з одночасною їх стабілізацією переслідує подвійну мету: з одного боку - унеможливлення зсування вирішує природоохоронні питання; з другого боку - розв'язує проблему відводу площі під будівництво за умов дефіциту будівельних майданчиків.

Зазначений фундамент будівель та споруд, що зводяться в зсувних та зсувонебезпечних районах, призначається для сприйняття горизонтального навантаження, і одночасно є утримувачем протизсувових спорудов.

Конструкція зсувозатримного фундаменту (ЗЗФ) складається з декількох рядів буронабивних паль або стоек глибокого закладання, які перетинають моноліт зсуву і заглиблені у підстильовальні непорушені ґрунти, поєднані жорстким ростверком. Кількість рядів стоек залежить від конструктивної схеми споруди, крок стоек в рядах визначається за умовою непотиснення між ними ґрунту.

Метов роботи є розроблення економічних та надійних конструктивних рішень зсувозатримного фундаменту (ЗЗФ), здатного сприймати навантаження від ваги споруди та зсувного тиску та передачу його на масив непорушених ґрунтів, методики розрахунку його конструктивних елементів і впровадження одержаних результатів в практику проектування і будівництва.

Наукова новація роботи виявлена:

- розроблення конструктивних рішень ЗЗФ і запропонованими поєднаннями їхніх елементів залежно від призначення споруди;
- методик розрахунку жорсткості еквівалентного перетину дубль-круглого стояку з зосередженим несиметричним армуванням;
- методик розрахунку жорсткого стояку ЗЗФ щодо дії вертикального, горизонтального та моментного навантаження з урахуванням впливу нелінійних властивостей та реології ґрунтів основи;

ЛНБ ім. В. Стефанька  
АН України

- ш. годиком визначення граничного вертикального навантаження горизонтальн. навантаженого гнучкого стояку ЗЗФ;

- показниками чисельного аналізу впливу різноманітних чинників на величину зусиль в перетинах елементів ЗЗФ;

- експериментальними дослідженнями несівної здатності великомасштабних залізобетонних моделей стояків дубль-круглого перетину;

- експериментальними дослідженнями спільної роботи ЗЗФ та навколишнього ґрунтового масиву.

Практичне значення роботи полягає у зменшенні витрат, трудомісткості робіт, матеріалоемності та терміну будівництва за рахунок відсутності робіт з улаштування окремих протизсувних споруд, а також у підвищенні експлуатаційної довгостроковості зведених будівель та споруд.

Впровадження результатів. Внаслідок застосування стояків дубль-круглого перетину замість буронабивних паль в процесі проектування АПК Краснолиманського кар'єроуправління отримано економічний ефект 23,6 тис.крб. (ціни 1988 р.).

Апробація роботи. Основні положення дисертації повідомлено на науково-практичній конференції "Прогресивні конструкції та технології спорудження фундаментів у складних геологічних умовах" (м.Рівне, жовтень 1988 р.), на VII науково-технічній конференції молодих науковців в галузі дослідження будівельних конструкцій (м.Київ, квітень 1989 р.), на обласній науково-технічній конференції "Соціально-економічні та науково-технічні проблеми в умовах переходу на новий господарський механізм" (м.Черкаси, жовтень 1989р.) на Міжнародній конференції з проблем містобудування (Румунія, Сова-та, жовтень 1992 р.).

Публікації. Основні положення дисертації оприлюднені в 10 друкованих роботах.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, трьох розділів, висновку, списку літератури з 163 назв та додатка. Викладення на

165 сторінок, що містять 104 сторінки машинописного тексту, 44 малюнка, 17 таблиць.

### СУТНІСТЬ РОБОТИ.

В першому розділі узагальнено досвід зведення будівель та споруд у зсувних та зсувонебезпечних районах, проведено аналіз запроваджених методів розрахунку конструктивних елементів фундаментів на вертикальне, горизонтальне та моментне навантаження.

Вивчення поєднання функцій затримних споруд та будівель, які вони захищають, використовується КримНДІпроект через застосування підірних стік як несівних стін будівель та споруд, загороджувальних палих полів і скісних споруд за фундаменти будинків, розподільчих конструкцій, що сприймають вагу будівлі як привантажування.

Всі існуючі методи розрахунку вертикальних елементів ЗУФ (паль, стояків глибокого закладання) на дії горизонтального навантаження (тиску від зсуву) можна поділити на дві основні групи:

- методи розрахунку паль як абсолютно жорстких стрижнів, в яких критерій несівної здатності системи "пала-грунтова основа" є граничний опір ґрунту;

- методи розрахунку гнучких паль, в яких характер деформування залежить від матеріалу стовбура палі; ґрунт в такому разі має другорядну роль.

Із проведеного аналізу існуючих методів розрахунку горизонтально навантажених паль виходить, що критерії класифікації паль за жорсткістю різноманітні, тому запропоновані палі підвищеної несівної здатності припустимо розраховувати як за методиком абсолютно жорстких стрижнів, так і за методиком розрахунку гнучких паль.

Розрахунок горизонтально навантажених палі як абсолютно жорстких стрижнів розробили Е.А.Ялобі, В.Г.Березанцев, О.С.Буслов.

М.В.Палетін, О.В.Пантелєєв, К.І.Добровольський, Ю.І.Соловійов, Д.І.Кереселідзе, Б.Бромс, А.Бренеке, К.Терцагі. Сфера використання цих методів обмежена горизонтально-навантаженими палями: не поширюється на випадки одночасної дії горизонтального, вертикального та моментного навантаження.

Друга група методів розрахунку розглядає палю як гнучкий стрижень на пружній основі моделі Фусса-Вінклера з одним або декількома коефіцієнтами постілі - Д.В.Ангельський, М.М.Архангельський, К.С.Заврієв й Г.С.Шпіро, М.К.Снітко, В.В.Міронов, О.С.Буслов, W.Spillers, R.Stoll, H.Roulos; а також прийнятні комбіновані методи змішаної моделі ґрунтового середовища, в яких реакції ґрунту визначаються у верхній частині стрижня за теорією граничної рівноваги, а в нижній за методом змінного за глибиною коефіцієнта постілі - М.І.Горбунов-Посадов, О.Б.Огранович, О.С.Строганов, О.О.Милашечкін, С.О.Верьлінін, М.С.Метелжк, Г.Ф.Шивко, В.Г.Абросимов.

В перелічених методах розрахунку моделі ґрунту або не враховують виникнення пластичних деформацій ґрунту в верхній частині пальової основи (моделі коефіцієнта постілі), або згаслий характер розподілу напружень в ґрунтовому масиві і "відлипання" ґрунту (моделі пружного напівпростору), а також приблизно враховують нелінійність залежності "навантаження-переміщення" (сумісні моделі).

Виходячи з сгалізу наведених в огляді робіт, висновлюється можливість зведення будівель та споруд в зсувних та зсувонебезпечних районах за умови ретельного вивчення та комплексного урахування специфічних особливостей роботи конструкцій будівель та споруд в зазначених районах. Найбільш ефективним є використання зсувозатримних фундаментів, що поєднують в собі два види конструкцій - фундамент будівлі та протизсувну споруду, що дасть зниження приведених витрат і забезпечить тривалу експлуатацію будівель та споруд.

В другому розділі наводяться конструктивні рішення зсувозатримних фундаментів з рекомендованим поєднанням їхніх конструктивних

елементів (стояків підвищеної несівної здатності й жорстких рост-верків) залежно від архітектурно-планувального вирішення будинку, його класу та призначення, жорсткості надфундаментної споруди, величини зсувного тиску, товщини зсувного шару, швидкості зміцнення зсуву, деформаційних характеристик ґрунтів основи. Головною умовою розроблення рекомендацій є забезпечення експлуатаційної придатності будівель та споруд в умовах нерівномірних деформацій їх основи (Табл.1-4).

Також подається спрощений спосіб розрахунку жорсткості стояка підвищеної несівної здатності дубль-круглого перетину з зосередженим несиметричним армуванням. Для цього дубль-круглий перетин зводиться до еквівалентного круглого (Мал.1) з радіусом, що дорівнює

$$R_3 = \sqrt{2 - \frac{4}{2\pi} + \frac{\sin 4\varphi}{2\varphi}} \quad (1)$$

Жорсткість стояка еквівалентного круглого перетину

$$EJ_3 = \left( \frac{\pi d_3^4}{64} - J_s \right) E_c + J_s E_s \quad (2)$$

де

$$J_s = \frac{\pi d_{sk}^4}{64} \left[ 1 - \frac{(d_{sk} - d_s/2)^4}{(d_{sk} + d_s/2)^4} \right] \quad (3)$$

$$d_s = \sqrt{\frac{MF_c}{\pi n}} \quad (4)$$

$n$  - кількість стрижнів поздовжньої арматури в перетині.

Для полегшення розрахунків під час проектування або підбору розмірів перетину таких стояків за необхідною їх жорсткістю обчислені та подані в табличній формі значення рекомендованих довжин й розмірів перетину (я показниками жорсткостей) стояків залежно від

Таблиця 1  
Типи стаяків підвищеної несівної здатності

	Бурунабивні стаяки
а	с підвищеним коефіцієнтом армування, рівномірнорозподіленим
б	те саме, з зосередженим армуванням
в	з переднапругою
г	з збільшеною висотою перетину
д	Стаяки шахтової проходки

Таблиця 4  
Рекомендовані варіанти фундаментів

Район дудівництва	Жилі будинки			Громадські споруди			Виробничі споруди		
	А	Б	В	А	Б	В	А	Б	В
Зсувонебезпечні території	1-6 а-д	3,4,5,6 а-д	1,3-5 а-д	1,2,3,6 а-д	1-6 а-д	1,3-5,6 а-д	1-7 а-д	1-4,7 а-д	1-7 а-д
Зсувні території	1-6 а-д	1,3-6 а-д	1-6 а-д	1-6 а-д	1-6 а-д	1-6 а-д	1-7 а-д	1-7 а-д	1-3,6,7 а-д

## Типи споруд

Жилі	
А	Безкаркасні підвищеної поверховості
Б	Каркасні підвищеної поверховості й безкаркасні до 9 пов.
В	Безкаркасні до 5 пов.
Громадські	
А	Безкаркасні одно- та багатопверхові
Б	Каркасні одно- та багатопверхові, багатопронні
В	Каркасні одно- та багатопверхові, малопронні
Виробничі	
А	Каркасні багатопверхові
Б	Одноповерхові з прогоном до 18 м
В	Одноповерхові з прогоном понад 18 м

Таблиця 3

## Конструктивні типи ростверків.

1	Сбірно-монолітна перехрестна система
2	Сбірно-монолітна плитно-ребриста система
3	Преднапружена перехрестна система
4	Монолітна перехрестна система
5	Монолітна плоска плита
6	Монолітна ребриста плита
7	Окремо-стоячі ростверки із пов'язями-фермами

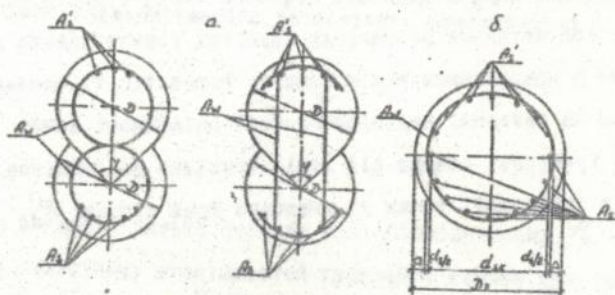
Таблиця 5  
Жорсткості перетину дубль-круглих стояків

D, мм	EJ, МПа м <sup>4</sup>			
	500	600	700	800
1,0	3,39 10 <sup>-6</sup>	7,98 10 <sup>-6</sup>	1,45 10 <sup>-5</sup>	2,49 10 <sup>-5</sup>
1,2	4,07 10 <sup>-6</sup>	8,19 10 <sup>-6</sup>	1,47 10 <sup>-5</sup>	2,59 10 <sup>-5</sup>
1,4	4,18 10 <sup>-6</sup>	8,41 10 <sup>-6</sup>	1,50 10 <sup>-5</sup>	2,64 10 <sup>-5</sup>
1,6	4,23 10 <sup>-6</sup>	8,81 10 <sup>-6</sup>	1,62 10 <sup>-5</sup>	2,69 10 <sup>-5</sup>

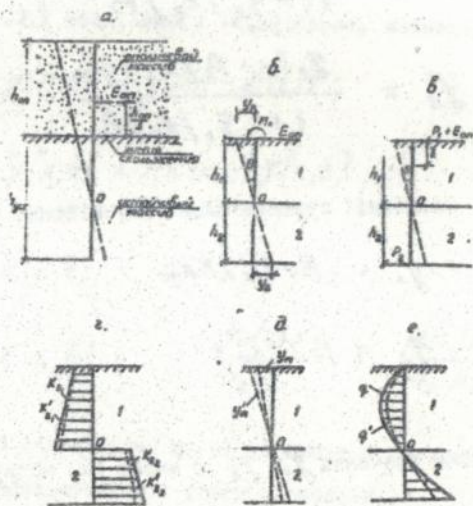
Таблиця 6  
Рекомендовані довжини та перетини дубль-круглих стояків

Товщина зсувного шару, м	Зсувний тиск E, кН/м					
	100	200	300	400	500	600
8	12/0,5	14/0,5	14/0,6	16/0,7	16/0,7	16/0,8
10	16/0,5	16/0,5	18/0,6	18/0,7	20/0,7	20/0,7
12	18/0,6	18/0,6	20/0,6	20/0,7	24/0,8	24/0,8
14	24/0,6	24/0,7	26/0,7	26/0,8	28/0,8	28/0,8

Примітка: В чисельнику надається довжина, в знаменнику, - діаметр стояку.



Мал.1. До визначення жорсткості перетину стояку.  
 а - дубль-круглого перетину;  
 б - еквівалентного круглого перетину.



Мал.2. До розрахунку жорсткого стояку на дів горизонтального навантаження.  
 а - загальний вигляд; б, в - схеми навантажень; г - епіра коефіцієнта жорсткості основи; д - епіра горизонтальних переміщень основи; е - епіра реактивного опору ґрунту.

товщини сзувного шару й величини сзувного тиску (Табл.5,6).

Приведена методика розрахунку шорсткої горизонтально навантаженої опори з урахуванням нелінійних властивостей її основи, яка ґрунтується на введенні нелінійного горизонтального коефіцієнта шорсткості ґрунтової основи від ліній ковзання до "нульової" точки  $K_{z1}'$  та від "нульової" точки до нижнього краю стояку  $K_{z2}'$  (Мал.2).

$$K_{z1}' = \frac{R_z}{y_1' - \frac{P_1 - P_1 - E_{on}}{K_{z1}}}; \quad K_{z2}' = \frac{R_z}{y_2' - \frac{R_2 - P_2}{K_{z2}}} \quad (5)$$

За цим нелінійні горизонтальні переміщення стояку з врахуванням нелінійних властивостей основи

$$y_1' = \frac{y_1 [1 - (P_1 + E_{on}) / R_z] q_1'}{(1 - q_1' / R_z) P_1};$$

$$y_2' = \frac{y_2 (1 - P_2 / R_z) q_2'}{(1 - q_2' / R_z) P_2} \quad (6)$$

де  $y_1, y_2$  - "лінійні" горизонтальні переміщення стояку

$$y_1 = (P_1 + E_{on}) / K_{z1};$$

$$y_2 = P_2 / K_{z2} \quad (7)$$

Підставляючи значення  $y_1', y_2'$  у вираз (5) маємо

$$K_{z1}' = K_{z1} \frac{R_z - q_1'}{R_z - P_1 - E_{on}} = K_{z1} \rho_1';$$

$$K_{z2}' = K_{z2} = \frac{R_z - q_2'}{R_z - P_2} = K_{z2} \rho_2' \quad (8)$$

Значення горизонтального коефіцієнта нелінійності

$$\eta' = \frac{R_z - q_n'}{R_z - P_n} \quad (9)$$

наведені у вигляді графіка залежно від співвідношення  $P_n/R_z, q_n'/R_z$ . Врахування нелінійних властивостей ґрунтової основи жорсткого стояку дозволяє отримати менші за значеннями контактні напруження, а, відповідно й зусилля в перетинах стовбуру стояку.

Розроблено методику розрахунку несівної здатності і переміщення жорсткого стояку з урахуванням змінювання коефіцієнта жорсткості її основи за часом. Із введенням в розрахунок параметра релаксації значення горизонтального переміщення стояку на глибині  $X$  від поверхні ковзання (Мал.3) і реактивного тиску ґрунту матимуть вигляд

$$y(x, t) = y_0(t) - \theta(t)x; \quad (10)$$

$$q(x, t) = -K(x, t)y(x, t), \quad (11)$$

чи за

$$K(x, t) = K_r X / \beta_1 h_z$$

$$q(x, t) = -K_r \frac{y_0(t)x}{h_z \beta_1} + K_r \frac{\theta(t)x^2}{h_z \beta_1} \quad (12)$$

Горизонтальне переміщення на рівні площини ковзання  $y_0(t)$  та кут повороту знаходяться від умови рівноваги

$$\Sigma M_3 = 0; \quad \Sigma Q_3 = 0$$

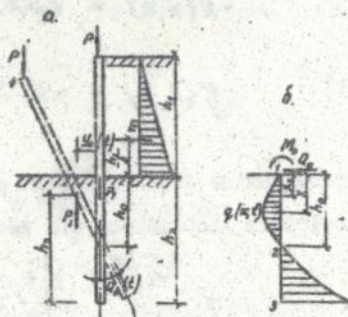
$$\Sigma M_3 = M_0 + Q_0 x + \int_0^x q(x, t) dx (x - x_r) + P(h_1 + h_2)\theta(t) + P_1 h_3 \theta(t) = 0; \quad (13)$$

$$\Sigma Q_3 = Q_0 + \int_0^x q(x, t) dx = 0. \quad (14)$$

Таблиця 7  
Положення "нульової" точки ( $h_0$ )

Р, кН	$h_2, m$		4	6	8	10
	$h_1, m$					
0	4	2,9/2,77		4,4/4,28	-	-
100		0,9/0,63		3,1/2,9	-	-
250		-2,1/-1,81		1,3/1,02	-	-
400		-		-0,6/-0,36	-	-
0	6	2,9/2,77		4,3/4,16	5,8/5,62	-
100		0,7/0,46		3,0/2,79	4,9/4,72	-
250		-2,5/-2,23		1,0/0,77	3,4/3,19	-
400		-		-1,0/-0,69	2,0/1,73	-
0	8	-		4,3/4,17	5,8/5,63	7,3/7,28
100		-		2,9/2,68	4,8/4,57	6,5/6,31
250		-		0,8/0,58	3,4/3,16	5,3/5,17
400		-		-1,3/1,15	1,78/1,52	3,9/3,65
0	10	-		-	5,7/5,52	7,2/7,04
100		-		-	4,7/4,51	6,5/6,33
250		-		-	3,1/2,86	4,6/4,38
400		-		-	1,6/1,33	4,0/3,73

Примітка: в чисельнику надаються значення  $h_0$  без урахування, а в знаменнику - с урахуванням реології ґрунтів основи.



Мал.3. До розрахунку жорсткого стояку з урахуванням релаксації ґрунту основи.  
а - схема деформування; б - схема навантажень.

Підставляючи значення реактивного тиску, отримаємо

$$M_0 + Q_0 x + \int_0^x \left[ -\frac{\kappa_r y_0(t)}{h_2 \beta_1} x + \frac{\kappa_r \theta(t)}{h_2 \beta_1} x^2 \right] (x - x_1) dx + P(h_1 + h_2) \theta(t) + P_1 h_3 \theta(t) = 0, \quad (15)$$

$$Q_0 + \int_0^x \left( -\frac{\kappa_r y_0(t)}{h_2 \beta_1} x + \frac{\kappa_r \theta(t)}{h_2 \beta_1} x^2 \right) dx = 0. \quad (16)$$

Виконавши інтегрування і вирішувачи сумісно ці рівняння щодо  $y_0(t)$  і  $\theta(t)$ , маємо

$$y_0(t) = \frac{M_0 + 0,75 Q_0 h_2 - \frac{3 Q_0 \beta_1}{\kappa_r h_2^2} [P(h_1 + h_2) + P_1 h_3]}{\frac{\kappa_r}{\beta_1} \left\{ \frac{h_2^2}{24} - \frac{3 \beta_1}{2 \kappa_r h_2} [P(h_1 + h_2) + P_1 h_3] \right\}}; \quad (17)$$

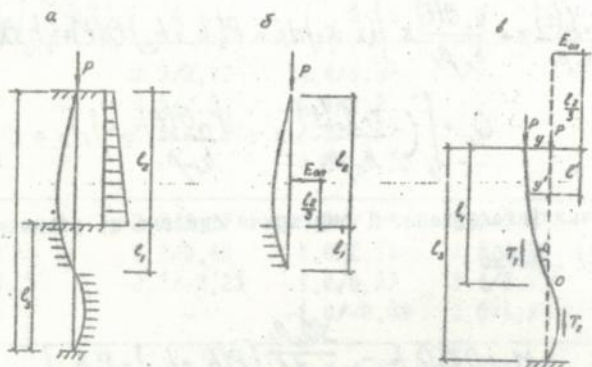
$$\theta(t) = \frac{3 \beta_1}{\kappa_r h_2} \left( \frac{\kappa_r y_0(t)}{2 \beta_1} - \frac{Q_0}{h_2} \right). \quad (18)$$

Знаходження точки повороту стояку дорівнює  $h_0 = y_0(t) / \theta(t)$ , або

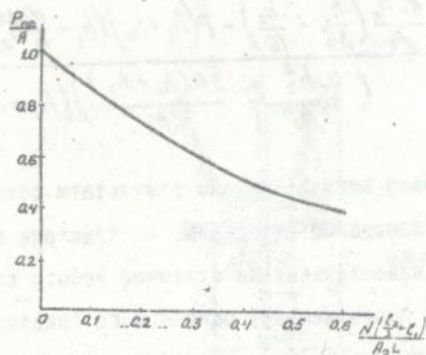
$$h_0 = \frac{\frac{\kappa_r h_2^3}{\beta_1} \left( \frac{h_1}{36} + \frac{h_2}{16} \right) - P(h_1 + h_2) \left( h_1 + \frac{10}{4} h_2 \right) + \frac{9 P \beta_1}{\kappa_r h_2^2} (h_1 + h_2)^2}{\left( \frac{\kappa_r h_2^2}{12 \beta_1} - \frac{3 P (h_1 + h_2)}{2 h_2} \right) (h_1 + 2 h_2)}. \quad (19)$$

В табличному вигляді подано результати розрахунку жорсткого стояку за запропонованою методикою, що ілюструє позитивний вплив вертикального навантаження на статичну роботу стояку (підвищення точки нульових переміщень) і одночасного прирощування горизонтальних переміщень стояку на 5-30% в наслідок урахування реології його ґрунтової основи (Табл.7).

Розроблено методику розрахунку гнучких стояків, яка враховує вплив зсувного тиску та реакції його ґрунтової основи на величину її несівної здатності (Мал.4).



Мал.4. До розрахунку гнучкої опори.  
 а - схема деформування; б - розрахункова схема;  
 в - до визначення "нульової" точки.



Мал.5. Графік залежності несівної здатності гнучкого стяку на вертикальне навантаження від величини зсувного тиску.

За умови рівноваги  $\Sigma X = -P + T_1 - T_2 = 0$ ,

$$\Sigma M = Py + \int_0^{l_3} q_x b_p l' dx - T_1 \frac{d}{2} - T_2 \frac{d}{2} + E_{con} \left( \frac{l_2}{3} + l_1 \right) = 0, \quad (20)$$

$$T_1 = \int_{l_2+l_1}^{l_2} q_x b_p dx; \quad (21)$$

$$T_2 = \int_{l_1}^{l_2+l_1} q_x b_p dx.$$

Після інтегрування маємо вираз несівної здатності щодо заглиблення нульової точки

$$P = \frac{k_r'}{y} b_p t g d l_3 \left( \frac{l_2^2}{3} - \frac{l_1 l_2}{3} - \frac{d}{2} l_1 + \frac{d}{2} l_2 - \frac{E_{con} \left( \frac{l_2}{3} + l_1 \right)}{k_r' b_p l_3} \right). \quad (22)$$

Для визначення граничного показника вертикального навантаження застосовано енергетичний метод  $\Delta V = \Delta T$ , або

$$\frac{\pi^4 E J}{4 L^3} \sum_{m=1}^{m=\infty} m^4 a_m^2 = \frac{P \pi^2 m^2}{4 L} \sum_{m=1}^{m=\infty} m^2 a_m^2 + \frac{E_{con} \left( \frac{l_2}{3} + l_1 \right) \pi^2}{L^2} \sum_{m=1}^{m=\infty} m^2 a_m^2. \quad (23)$$

Розв'язуючи рівняння щодо P, маємо

$$P_{np} = \frac{\pi^2 E J}{L^2} \left[ 1 + \frac{k_r l_1 L^2}{\pi^2 E J} - \frac{E_{con} (l_2/3 + l_1) L}{\pi^2 E J} \right]. \quad (24)$$

Першим членом рівняння є опір стовбура стояку поздовжньому зусиллю від ваги споруди, другим - опір ґрунтового масиву непорушеної основи, третім - зменшення несівної здатності стовбура за рахунок впли-

ву горизонтального зусилля від зсувного тиску (Мал. 5).

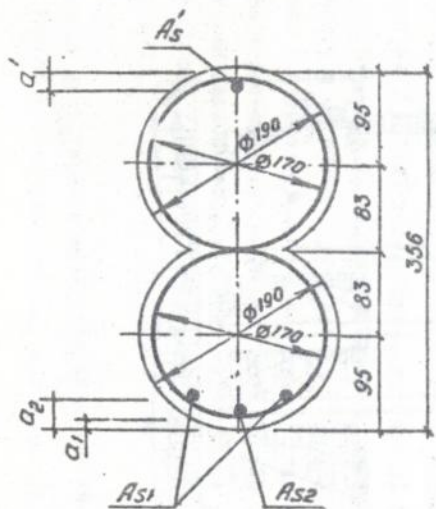
У третьому розділі подано результати комплексних експериментальних досліджень ЗЗФ.

Проведено чисельний експеримент за допомогою ЕОМ для встановлення залежності величини зусиль в перетинах стовбурів стояків та ростверку ЗЗФ від співвідношення вертикального та горизонтального навантаження, жорсткісних характеристик стояків та ростверку, характеру поєднання стояків з ростверком, деформаційних характеристик ґрунту основи з врахуванням впливу опору зсувного ґрунту між стояками.

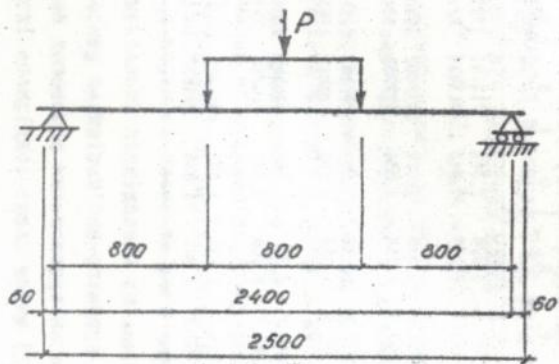
Врахування впливу зазначених чинників провадиться за допомогою їхніх коефіцієнтів впливу

$$\begin{aligned} M &= M_{max} \cdot m \cdot n \cdot l \cdot \psi \cdot \zeta; \\ Q &= Q_{max} \cdot m \cdot n \cdot l \cdot \psi \cdot \zeta; \\ y &= y_{max} \cdot d. \end{aligned} \quad (25)$$

Для визначення значень цих коефіцієнтів були використані плоскі та просторові розрахункові моделі із стрижневих кінцевих елементів. Основа стояку моделювалась елементом кінцевої жорсткості, що дорівнювала жорсткості замінюваної їм ділянки основи. Дослідження провадились шляхом змінювання вивчасного параметра за постійних значень інших параметрів системи. Внаслідок зрівнювання зусиль в перетинах елементів ЗЗФ контрольної моделі і моделей з змінними параметрами були визначені значення коефіцієнтів впливу зазначених чинників та подані у вигляді графіків. Проведений аналіз довів, що під час визначення зусиль в перетинах елементів ЗЗФ необхідно вести комплексне врахування всіх перелічених чинників за допомогою отриманих графіків, оскільки встановлено одночасне підвищувальне значення одних, і понижувальне значення інших коефіцієнтів впливу.



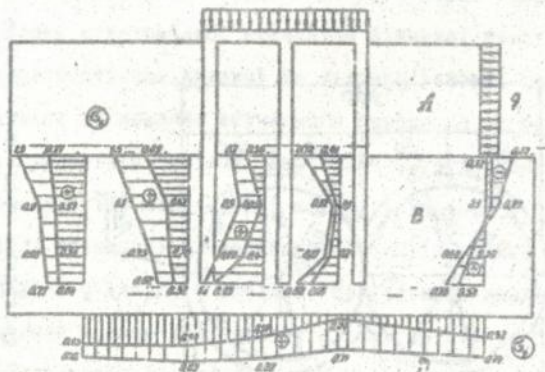
Мал.6. Перетин дослідних зразків великомасштабних моделей дубль-круглих стояків.



Мал.7. Схема випробувань.

Характеристики та питомі несімна здатність дослідних дубль-круглих опор в еквівалентних елементах круглого перетину

Серія	$R_{\sigma}$ кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma_r$ кгс/см <sup>2</sup>	$\sigma$ см <sup>2</sup>	$A_d$ см <sup>2</sup>	$A_f$ см <sup>2</sup>	$N_p$ кгс см <sup>2</sup>	$N_{p,м}$ кгс см/см бетон	$N_{p,ар}$ кгс см/см арматура
ЧКО 1	229,6	6220	515,7	4,376	1,519	719184	1395	121999
БМС 1	—	—	283,5	2,340	0,810	213634	753,6	85936
МКО 2	295,4	4405	515,7	9,035	3,072	1057302	2050	63329,8
БМС 2	—	—	283,5	4,995	1,664	277959	981	41761
МКО 3	193,1	3693	515,7	10,64	3,801	1256641	2435	68945,5
БМС 3	—	—	283,5	5,904	1,994	329617	1183	41734
МКО 4	397,3	6357	515,7	4,376	1,519	724300	1404	122867
БМС 4	—	—	283,5	2,340	0,810	216750	772	17515
МКО 5	390,2	4395	515,7	9,035	3,072	1064000	2063	68615
БМС 5	—	—	283,5	4,995	1,664	264657	1004	42767



Мал. 8. Епюри головних напружень в ґрунтовому масиві.

Виконані експериментальні дослідження несівної здатності великомасштабних залізобетонних моделей стояків дубль-круглого перетину з зосередженим несиметричним армуванням (Мал.6). Було випробувано 15 дослідних моделей довжиною 2500 мм з висотою перетину 365 мм із бетону класу В20, арматури класу А-III, з коефіцієнтом армування  $\mu = 0,01$ ;  $\mu = 0,02$ ;  $\mu = 0,03$ .

Моделі випробувались до руйнування як балка на двох опорах статичним ступеневим навантаженням з витримуванням кожного ступеня (Мал.7). За результатами досліджень встановлена підвищена в 1,85 - 2,05 разів несівна здатність стояків дубль-круглого перетину порівняно з стояками еквівалентного круглого перетину (Табл.8).

Для вивчення напружено-деформованого стану непорушеного ґрунтового масиву під час передавання на нього через стояки ЗЗФ навантаження від зсувного тиску та ваги надземної споруди були проведені експериментальні дослідження спільної роботи ЗЗФ та облогового ґрунтового масиву поляризаційно-оптичним методом. Ґрунтовий масив моделювався за допомогою низькомодульного оптично-чутливого матеріалу на основі епоксидної смоли марки ЕД-6 з розпушувачем. Експериментальна модель складається з нижньої нерухої частини "В", що моделює масив непорушеного ґрунту, і верхньої рухливої частини "А", що моделює зсувний шар. Плошка моделі ЗЗФ жорстко затиснена в нерухомій частині "В". До ригелів рами моделі прикладено рівномірнорозподілене вертикальне навантаження від ваги споруди, до правого стояку за висотою рухливої частини "А" - горизонтальне рівномірнорозподілене навантаження від зсувного тиску. Навантаження від власної ваги ґрунтового масиву моделювалось на плоскій центрифугі.

За результатом експерименту була отримана якісна картина розподілу напруги у ґрунтовому масиві за різноманітних комбінацій вертикального і горизонтального навантаження (Мал.8). Методом розділу напружень визначені їхні значення, встановлена нелінійність залежності "навантаження - переміщення", простежена динаміка утворення та розвитку пластичних зон в основі ЗЗФ з збільшенням вертикального навантаження.

#### ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблені та обґрунтовані для провадження при проектуванні

та будівництві споруд на зсувних та зсувонебезпечних територіях спеціальні конструкції фундаментів з рекомендованим сполученням їхніх конструктивних елементів. Визначена сфера застосування залежно від специфіки споруди та району будівництва.

2. Розроблена методика розрахунку жорсткості перетину дубль-круглих стояків з зосередженим несиметричним армуванням та наведені таблиці рекомендованої довжини і розмірів їх перетину для полегшення розрахунків при проектуванні.

3. Розроблена методика розрахунку жорсткого стояку з урахуванням нелінійної залежності "навантаження-переміщення" та змінювання міцносних та деформаційних характеристик її основи в часі.

4. Розроблена методика визначення несівної здатності гнучкого стояку на вертикальне навантаження з урахуванням впливу опору її ґрунтової основи та горизонтального навантаження від зсувного тиску.

5. Внаслідок чисельного аналізу роботи ЗЗФ виявлені закономірності впливу різноманітних чинників, а саме: співвідношення вертикального та горизонтального навантажень, жорсткостних характеристик стояків та ростверку, характеру спрашення стояків з ростверком, жорсткості непорушеної основи та впливу опору ґрунтів зсувного шару - на характер розподілу та величину зусиль в перетинах елементів ЗЗФ та побудовані в графічній формі значення коефіцієнтів впливу перелічених чинників.

6. Проведені експериментальні дослідження великомасштабних залізобетонних моделей дубль-круглих стояків з зосередженим несиметричним армуванням довели їхню підвищену в 1,82-2,05 разів несівну здатність щодо стояків еквівалентного круглого перетину, що дозволяє рекомендувати впровадження дубль-круглих стояків замість буронабивних стояків круглого перетину в разі влаштування ЗПС та ЗЗФ. Опядність бетону та арматури в цьому разі складатиме 52%.

7. Експериментальні дослідження спільної роботи ЗЗФ та облогового ґрунтового масиву поляризаційно-оптичним методом дозволили одержати якісну картину розподілу напружень в масиві непорушеного ґрунту та простежити динаміку виникнення та розвитку пластичних зон.

Основні результати роботи викладені в таких друкованих роботах:

1. А.С. N 1520:92 (СРСР). Спосіб захисту здания от горизон-

тальной деформации основания. С.Н.Клепиков, Н.С.Метельк, Г.И.Черный, Л.В.Горбатова, 1989 г.

2. Л.В.Горбатова. Оползнеудерживающие фундаменты из опор глубокого заложения. Тезисы доклада на конференции "Прогрессивные конструкции и технологии возведения фундаментов в сложных геологических условиях", г. Ровно, 1988, с.47-48.

3. Л.В.Горбатова. Оползнеудерживающие фундаменты жилых и общественных зданий. Тезисы доклада на конференции "Социально экономические и научно-технические проблемы в условиях перехода на новый хозяйственный механизмы", г.Черкассы, 1989, с.67.

4. Л.В.Горбатова. Расчет жестких опор оползнеудерживающих фундаментов. Сб."Строительные конструкции" вып.42. Киев, Будівельник, 1989, с. 32-35.

5. Г.И.Черный, Л.В.Горбатова. Защита заглубленного сооружения от оползневого давления с помощью прерывистой преграды. Сб."Основания, фундаменты и подземные сооружения". НИИСП Госстроя УССР, Киев, 1990, с.110-116.

6. В.Г.Абросимов, Л.В.Горбатова. Экспериментальные исследования железобетонных опор дубль-круглого сечения. Сб."Защита зданий и сооружений, возводимых в карстовых и оползневых районах". НИИСК Госстроя СССР, Киев, 1990, с.69-75.

7. Л.В.Горбатова. К расчету вертикальных элементов противооползневых фундаментов с учетом нелинейности грунта. Сб."Защита зданий и сооружений, возводимых в карстовых и оползневых районах". Киев, 1990, с.85-90.

8. L.V.Gorbatova. Calculul reazemelor rigide ale fundatiilor care retin alunecarea, cu luarea in considerare a alunecarii terenurilor de fundare. "Comportarea in situ a constructiilor" vol.1, Sovata, 1-3 octombrie 1992, Romania, p.83-86.

9. Метельк Н.С., Горбатова Л.В. Влияние оползневого давления на предельную несущую способность опор оползнеудерживающих фундаментов. Сб."Строительные конструкции", вып.45-46. НИИСК, Киев, 1993, с.104-106.

10. Горбатова Л.В. Численный анализ влияния различных факторов на работу оползнеудерживающих фундаментов. Сб."Строительные конструкции", вып.45-46. НИИСК, Киев, 1993, с.123-127.

Горбатова Л.В. Особенности работы оснований и фундаментов бескаркасных жилых зданий. Рукопись. 05.23.02 - Основания и фундаменты. Научно-исследовательский институт строительных конструкций. Киев - 1995 г. Объектом исследований являются фундаменты зданий и сооружений, предназначенные для восприятия горизонтальной нагрузки от оползневого давления. Представлена методика расчета конструктивных элементов оползнеудерживающих фундаментов. На основе комплексных теоретических и экспериментальных исследований разработаны конструктивные решения оползнеудерживающих фундаментов и определена область их применения. Исследования внедрены в практику строительства.

## A B S T R A C T

Gorbatova L.V. A distinctions of activity for anti-slumps foundations of frameless civil buildings. Manuscript. 05.23.02 - Bases and Foundations. The Scientific Research Institute for Building Constructions. Kiev - 1995. The object being investigated is a foundation of building which receive the load by slump. Introduce the method for calculation of the elements are included as components of anti-slumps foundations. Has been worked variable constructions of anti-slumps foundations and designated the area for a use for them. The investigations have been inculcated in construction practice.

**КЛЮЧЕВІ СЛОВА:** зсувозатримний фундамент, стояк підвищ.ної несівної здатності, і порушена-основа, точка нульових переміщень, реологія, конструктивні особливості