

що плити поділяються на дві категорії: плити надколонні та плити прольотні. Надколонні плити опираються безпосередньо на консолі трубобетонних колон, а прольотні, своєю чергою, на надколонні плити, утворюючи в такий спосіб часторебристе сталезалізобетонне перекриття.

Крім того, було розроблено конструкцію вузлів опирання надколонних плит на трубобетонні колони та прольотних плит – на надколонні плити.

Висновки. Запропоновано нові види елементів сталезалізобетонних часторебристих перекриттів. Маючи високу жорсткість, вони дають змогу покращати функціональні якості будівель і виступати як конкурентоспроможні порівняно із залізобетонними та сталевими конструкціями під час використання їх у спорудженні промислових та цивільних будівель. На основі цих часторебристих плит перекриття було запроєктовано сталезалізобетонне перекриття багатоярусної автомобільної стоянки в м. Полтаві.

1. Клименко Ф.Е. Сталобетонные конструкции с внешним полосовым армированием. –К.: Будівельник, 1984. – 88 с. 2. Залізобетонні конструкції / П.Ф. Вахненко, А.М. Павліков, О.В. Горик та ін. – К.: Вища шк., 1999. – 508 с. 3. Стороженко Л.І., Семко О.В. Сталезалізобетонні конструкції: Навч. посібник / Л.І. Стороженко, О.В. Семко. – Полтава, 2001. – 55 с. 4. Стороженко Л.І. Сталезалізобетон: Збірник наукових праць / Л.І. Стороженко. – Полтава: ПНТУ, 2006. – 386 с. 5. Стороженко Л.І. Сталежелезобетонные конструкции / Л.І. Стороженко, А.В. Семко, В.И. Ефименко. – К.: Четверта хвиля, 1997. – 158 с. 6. Пат. на кор. модель 32750 Україна, МПК (2006) E04B 1/00. Сталезалізобетонна балка з армуванням трубами / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01084; заявл. 29.01.2008; опубл. 26.05.2008. Бюл. №10. 7. Пат. на кор. модель 33426 Україна, МПК (2006) E04B 1/02. Таврова сталезалізобетонна балка зі стрічковим армуванням / Заявники: Л.І. Стороженко, О.В. Нижник, Т.П. Куч; власник – ПолтНТУ. – № и 2008 01082; заявл. 29.01.2008; опубл. 25.06.2008. Бюл. №12.

УДК 624.015.5

Л.І. Стороженко, В.Ф. Пенц, Л.М. Стовба

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРОЄКТУВАННЯ ЗГИНАЛЬНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ТОНКОСТІННИХ ТРУБ КВАДРАТНОГО ПЕРЕТИНУ, ЗАПОВНЕНИХ БЕТОНОМ

© Стороженко Л.І., Пенц В.Ф., Стовба Л.М., 2010

Запропоновано рекомендації щодо проєктування згинальних елементів із тонкостінних труб квадратного перетину, заповнених бетоном.

Ключові слова: рекомендації, проєктування, згинальний елемент, тонкостінні труби.

This paper is devoted to the project recommendations concrete-filled flexible elements with slime-side tubes of the square sections.

Keywords: recommendations, project, flexible element, slime-side tubes.

Постановка проблеми. Доведено високу техніко-економічну ефективність трубобетону. Спеціально для будівництва випускаються гнуті зварені профілі квадратного перетину. Але відсутня проєктна основа для згинальних конструктивних елементів із труб квадратного перетину, заповнених бетоном.

Аналіз останніх досліджень. Вивчено труботонні елементи круглого перетину [3; 4; 5]. Досліджено труботонні елементи квадратного перетину, які працюють на стиск та розроблено рекомендації щодо їх проектування [6]. Але відсутні дослідження та відповідно рекомендації щодо проектування труботонних елементів квадратного перетину, які працюють на згин.

Формулювання цілі статті. Мета роботи – розробити рекомендації щодо проектування згинальних елементів із тонкостінних труб квадратного перетину, заповнених бетоном.

Виклад основного матеріалу. Несучі елементи будівельних конструкцій, виконані у вигляді сталевих труб, заповнених бетоном, без внутрішнього каркаса називаються труботонними, а конструкції з них – труботонними конструкціями. У трубі бетон і сталь істотно збільшують несучу здатність один одного і усього елемента загалом.

Труботонні конструкції та їх розрахунок повинні відповідати чинним вимогам СНиП II-23-81* . Стальные конструкции [2] та СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции [1]. Розрахункові схеми і основні передумови повинні відображати дійсні умови роботи труботонних конструкцій.

Вибір схеми, а також методів розрахунку труботонних конструкцій необхідно виконувати з урахуванням ефективного використання ПЕОМ. Елементи труботонних конструкцій повинні мати мінімальні перерізи, які відповідають нормам із урахуванням сортаменту труб і класу бетону за міцністю. Рационально проектувати різноманітні згинальні елементи із тонкостінних труб квадратного перетину, заповнених бетоном, які працюють як у вигляді окремих стрижнів, так і в складі наскрізних чи просторових несучих конструкцій.

У роботі згинальних труботонних елементів квадратного перетину є багато загального як із залізобетонними, так і сталевими елементами. Тому під час розроблення методики розрахунку несучої здатності необхідно враховувати цей чинник. Загальним у роботі труботонних елементів зі сталевими є те, що в процесі завантаження нейтральна ось фактично не переміщається. Несуча здатність труботонних елементів, як і сталевих, не вичерпується досягненням межі плинності у крайніх волокнах. На несучу здатність труботонних елементів значно впливає робота бетону. Як і в залізобетонних елементах, бетон розтягнутої зони труботонних балок не сприймає поздовжні напруження. Як і в труботонних елементах циліндричного профілю, бетон стисненої зони працює в умовах об'ємного напруженого стану, що необхідно враховувати під час розрахунків.

Згинальні елементи із сталевих квадратних труб, заповнених бетоном, за наведеними перерізам слід розраховувати за формулою

$$M_l \leq W_l R_y . \quad (1)$$

Для визначення значення згинального моменту, який сприймається поперечним перерізом, необхідно вираховувати W_l .

Схему поперечного перетину показано на рис. 1. Якщо припустити, що по усьому перерізу вказані напруження досягли значення R_y , то перетин буде таким, як показано на рис. 1, б.

Величини y_1 і y_2 – відстані від нейтральної осі до центрів тяжіння розтягнутих і стиснених частин наведеного перерізу.

$$y_1 = \frac{S_{стат.1}}{A_{розт.}}; \quad y_2 = \frac{S_{стат.2}}{A_{стисн.}}, \quad (2)$$

де $S_{стат.1}$, $S_{стат.2}$ – статичні моменти розтягнутого і стиснутого перетинів; $A_{розт.}$ і $A_{стисн.}$ – площі розтягнутої і стисненої частин наведеного перерізу.

Із умови рівноваги

$$\sum X = 0 \quad (3)$$

$$R_y A_{стисн.} = R_y A_{розт.} \quad (4)$$

Отже

$$A_{стисн.} = A_{розт.} \quad (5)$$

$$A_{стисн.} = A_{розт.} = \frac{A_s}{4} + 2 \frac{A_s}{4} \frac{(1-a)}{2} = A_s \frac{2-a}{4}. \quad (6)$$

Статичний момент розтягнутої зони

$$S_{стат.} = st((1-a)s_1 + \frac{t}{2}) + 2(1-a)s_1 \frac{t}{2} \frac{2}{3}(1-a)s_1 = \quad (7)$$

$$st((1-a)s_1 + \frac{t}{2}) + (1-a)s_1 t \frac{2}{3}(1-a)s_1.$$

Отже

$$y_1 = \frac{4(st((1-a)s_1 + \frac{t}{2}) + \frac{2}{3}(1-a)^2 s_1^2 t)}{(2-a)A_s}. \quad (8)$$

Визначення $S_{стат.2}$ розпочинаємо з обрахунку наведеної товщини шару стисненого бетону x (рис. 1):

$$A_{стисн.} = s(t+x) + 2(t+x)(as_1 - x)/2; \quad (9)$$

$$A_{стисн.} = s(t+x) + 2(t+x)(as_1 - x)/2; \quad (10)$$

$$x^2 - x(s-t+as_1) - ts - ats_1 + A_s = 0. \quad (11)$$

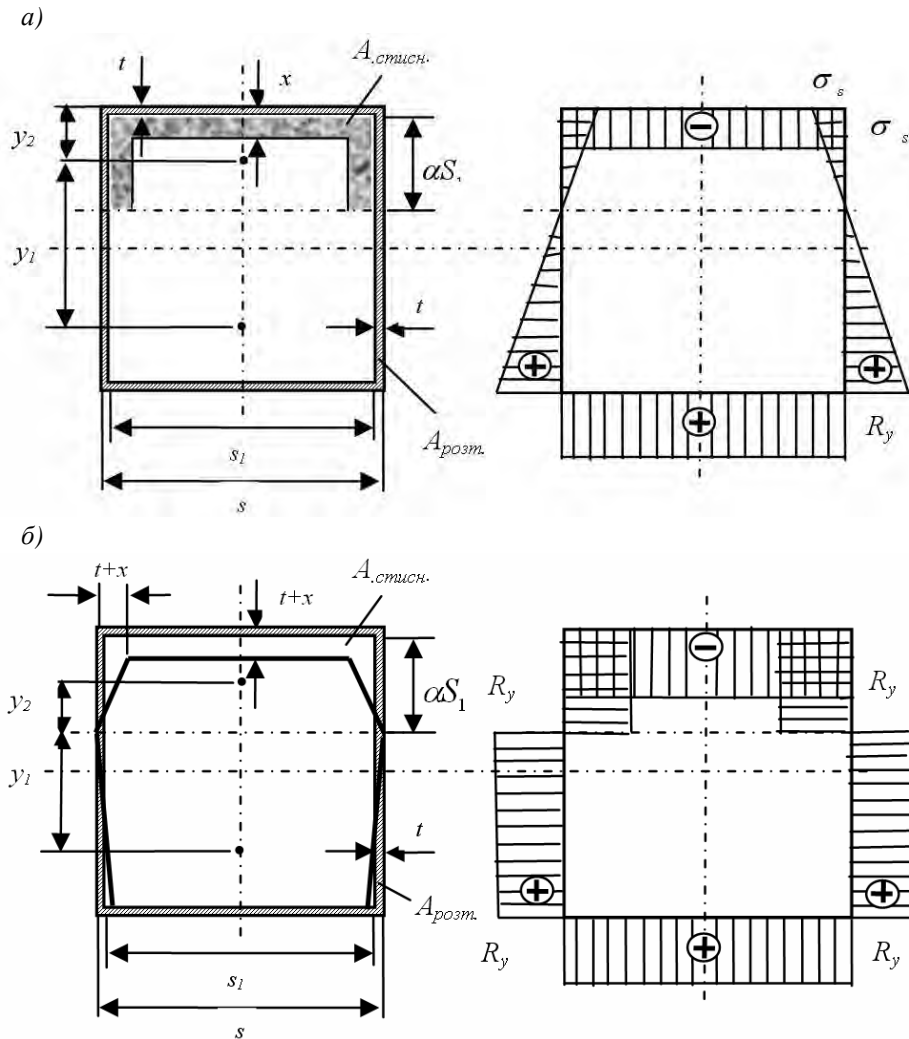


Рис. 1. Наведені розрахункові поперечні перерізи:
а – за фактичних напружень; б – за напружень R_y

Після розв'язку квадратного рівняння отримаємо

$$x = \frac{t - as_1 - s \sqrt{(s - t + as_1)^2 + 4(as + tas_1 - A_s \frac{2-a}{4})}}{2}. \quad (12)$$

Тоді

$$y_2 = \frac{S_{стат.2}}{A_{стисн.}} = \frac{4(t+x)(s(as_1 + \frac{t+x}{2}) + \frac{2}{3}(as_1 - x)^2)}{(2-a)A_s}. \quad (13)$$

За відомих y_1 і y_2 визначасмо наведений момент інерції перерізу:

$$I_{нав.} = A_{стисн.}y_2^2 + A_{розт.}y_1^2. \quad (14)$$

Враховуючи, що $A_{стисн.} = A_{розт.} = A_s \frac{2-a}{4}$, то

$$I_{нав.} = A_s \frac{2-a}{4} (y_2^2 + y_1^2). \quad (15)$$

Значення моменту опору:

$$W_{нав.1} = \frac{I_{нав.}}{(1-a)i} = \frac{A_s}{s} \frac{2-a}{1-a} \frac{(y_1^2 + y_2^2)}{4}. \quad (16)$$

За відомого значення моменту опору можна вирахувати згинальний момент, що сприймається перерізом за формулою (1):

$$M_1 = W_{нав.1} R_y. \quad (17)$$

Можливий інший розв'язок цієї задачі з умови статички

$$\sum M = 0.$$

Тоді

$$M_1 = R_y A_{стисн.} y_2 + R_y A_{розт.} y_1; \quad (18)$$

$$M_1 = \frac{R_y A_s (2-a)}{4} (y_2 + y_1). \quad (19)$$

Отримані формули дають можливість визначати згинальні моменти, які сприймаються поперечними перерізами елементів із сталевих квадратних труб, заповнених бетоном. При цьому запропонована методика дає змогу оцінювати несучу здатність згинальних елементів, що характеризується як досягненням деформацій плинності в найнапруженішому волокні, так і розвитком плинності по усьому перерізу. Спосіб розрахунку несучої здатності згинаних елементів за наведеними перерізами є раціональнішим, тому що у цьому випадку отримуємо результати, які забезпечують надійність несучих конструкцій.

Як граничний стан по несучій здатності, що відповідає M_1 , вважаємо досягнення поздовжніми напруженнями в одному з крайніх волокон труби значення межі плинності R_y .

Отже, у цьому випадку W_1 – наведений до сталі момент опору перетину згинального трубобетонного елемента, що працює по пружній схемі (рис. 2).

Із умов рівноваги $\sum X = 0$ (рис. 2):

$$N_{т.р} = N_{т.с} + N_p. \quad (20)$$

Позначимо через a відношення стисненої зони бетону $A_{б.стисн.}$ до загальної площі поперечного перетину бетону:

$$a = \frac{A_{б.стисн.}}{A_0}. \quad (21)$$

Тоді висота стисненої зони бетону дорівнюватиме

$$x = as_1, \quad (22)$$

де s_1 – розмір поперечного перетину бетонного ядра.

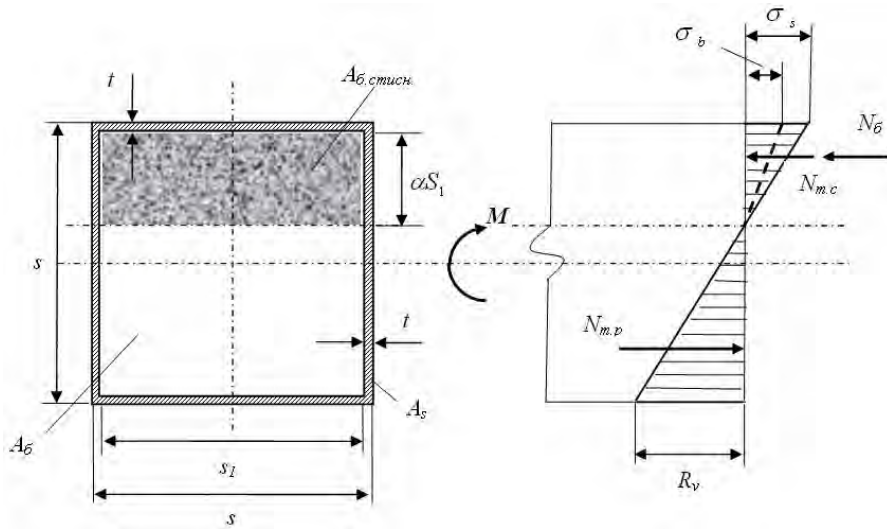


Рис. 2. Розрахункова схема згинального елемента за трикутної епюри напружень

Визначимо зусилля, яке сприймає розтягнена зона згинального елемента з урахуванням, що епюра напружень у сталі трикутна, а бетон в розтягненій зоні не працює:

$$N_{m.p} = \frac{A_s}{4} R_y + (1-a) \frac{A_s}{4} R_y = \frac{R_y A_s}{2} \left(1 - \frac{a}{2}\right), \quad (23)$$

де A_s – площа поперечного перетину сталеві труби.

Зусилля, яке сприймається стиснутою зоною труби:

$$N_{m.c} = \frac{A_s}{4} s_s + \frac{a}{4} A_s s_s = \frac{A_s s_s}{4} (1+a). \quad (24)$$

Визначимо s_s через R_y , використавши гіпотезу плоских перерізів:

$$\frac{s_s}{R_y} = \frac{a s_1}{s_1 (1-a)}; \quad (25)$$

$$s_s = \frac{a s_1 R_y}{s_1 (1-a)} = \frac{a R_y}{1-a}.$$

Тоді

$$N_{m.c} = \frac{A_s}{4} (1+a) \frac{a R_y}{1-a} = \frac{A_s R_y}{4} a \frac{1+a}{1-a}. \quad (26)$$

Визначимо зусилля, яке сприймається бетоном у припущенні, що епюра напружень у бетоні у стисненій зоні трикутна:

$$N_b = 0,5 s_b A_{b,стисн.} = 0,5 a s_b s_1^2. \quad (27)$$

Виразимо s_b через s_s , використавши умову сумісних деформацій бетону і сталі $e_b = e_s$.

Тоді

$$s_b = \frac{E_b}{E_s} s_s.$$

Отже

$$N_b = 0,5 a s_s A_b \frac{E_b}{E_s} = 0,5 a^2 \frac{R_y}{1-a} A_b \frac{E_b}{E_s}, \quad (28)$$

де A_b – площа поперечного перетину бетону.

Тоді умову рівноваги (3) $\sum X = 0$ запишемо так:

$$0,5 R_y A_s (1-a) = 0,25 a R_y A_s \frac{1-a}{1+a} + 0,5 \frac{a^2}{1-a} A_b R_y \frac{E_b}{E_s}. \quad (29)$$

Після перетворень отримаємо

$$\frac{A_b}{A_s} a^2 \frac{E_b}{E_s} + 2a - 1 = 0. \quad (30)$$

Після розв'язку квадратного рівняння (30) отримаємо формулу для визначення відносної висоти стисненої зони:

$$a = \frac{\sqrt{1 + \frac{A_b}{A_s} \frac{E_b}{E_s}} - 1}{\frac{A_b}{A_s} \frac{E_b}{E_s}}. \quad (31)$$

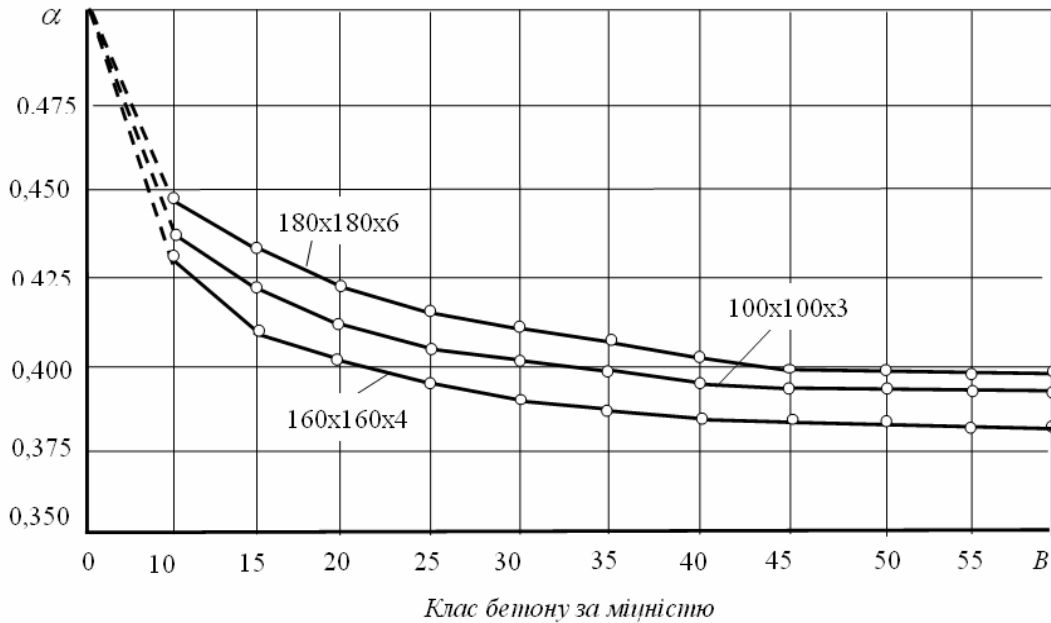


Рис. 3. Залежність відносної частини стисненої зони a від класу бетону B для згинальних елементів з трикутної епюри напружень

У формулу (31) введемо позначення:

$$m = \frac{A_s}{A_b} \text{ – коефіцієнт армування;}$$

$$n = \frac{E_s}{E_b} \text{ – співвідношення модулів пружності бетону і сталі.}$$

Тоді отримаємо

$$a = \frac{m \sqrt{1 - \frac{n}{m}} - 1}{n}. \quad (32)$$

У такий спосіб визначається відносна частина стиснутої зони трубобетонного елемента у момент досягнення напруженнями у крайньому розтягнутому волокні значення R_y . Знаючи a , можна вирахувати значення згинального моменту M , що сприймається перерізом.

На рис. 3 показано значення коефіцієнта a , вираховані для труб з перерізами 100x100 мм, 160x160 та 180x180 мм, заповнених бетонами різних класів за міцністю.

Отримані формули дають можливість визначати згинальні моменти, які сприймаються поперечними перерізами згинальних елементів із сталевих квадратних труб, заповнених бетоном. При цьому запропонована методика дає змогу оцінювати несучу здатність згинальних елементів, що характеризується як досягненням деформацій плинності у найнапруженішому волокні, так і

розвитком плинності по усьому перерізу. Теоретичні залежності дають змогу здійснити розрахунок згинальних трубобетонних елементів за граничними станами, в такий спосіб даючи можливість проектувати із тонкостінних зварених квадратних профілів, заповнених бетоном, надійні згинальні несучі конструкції.

Висновки. Із заповнених бетоном зігнуто-зварених тонкостінних профілів квадратного перетину раціонально проектувати різноманітні згинальні елементи, які працюють як у вигляді окремих стрижнів, так і в складі наскрізних чи просторових несучих конструкцій. Згинальні конструкції із зігнуто-зварених тонкостінних профілів, заповнених бетоном, значно економніші, ніж сталеві. За незначних витрат бетону знижуються витрати сталі й зменшується вартість конструкцій.

1. СНиП 2.03.01-84. *Бетонные и железобетонные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1989. – 88 с.* 2. СНиП II-23-81.* *Стальные конструкции / Госстрой СССР. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1990 – 96 с.* 3. *Стороженко Л.И. Трубобетонные конструкции / Л.И. Стороженко. – К.: Будівельник, 1978 – 82 с.* 4. *Стороженко Л.И. Расчет трубобетонных конструкций. / Л.И. Стороженко, П.И. Плахотный, А.Я. Черный. – К.: Будівельник, 1991. – 120 с.* 5. *Сталезалізобетон: Зб. наук. пр. / Під ред. проф. Л.І. Стороженка. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – 366 с.* 6. *Стороженко Л.И. Рекомендации по проектированию сжатых элементов из стальных труб квадратного сечения, заполненных бетоном / Л.И. Стороженко, В.В. Васюта, Г.В. Головки. – Полтава: ПолтНТУ, 1996. – 21 с.* 7. *ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 60 с.*

УДК 697.9:621;697:621

І.Є. Сухолова

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВІТРОРозПОДІЛУ У ПРИМІЩЕННІ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ ЗАКРУЧЕНИХ СТРУМИН

© Сухолова І.Є., 2010

Подано результати експериментальних досліджень подачі припливного повітря у приміщення повітророзподільником з утворенням закрученої струмини для створення інтенсивнішої турбулізації повітряного потоку. Проведено експериментальні дослідження за складеною матрицею планування двофакторного експерименту та отримано графічні залежності; побудовано номограми. Одержані результати цих досліджень дають змогу проводити інженерні розрахунки повітророзподілу із використанням закручених струмин.

Ключові слова: повітророзподільник, турбулізація, повітряна струмина.

In this article results of experimental investigations of air supply into the room by air distribution device which creates twisted air jets for creation more intensive turbulization air flow in the room are presented. Experimental investigations in order to composed matrix were carried out; graphycal dependences have been obtained as well 2-factor chart has been design. Obtained results of these investigations give possibility to realize engineer calculations of air distribution with twisted air jets.

Keywords: air distribution device, turbulization, air jet.

Вступ. Для створення комфортних умов у приміщенні, скорочення капітальних і експлуатаційних затрат потрібно забезпечити ефективний повітрообмін у приміщенні. На етапі