

2. Кувалдин А. Н., Клевцова Г. С. Примеры расчета железобетонных конструкций зданий. Изд. 2-е перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1976, - 288 с.

3. Коуэн Г.Дж. Строительная наука XIX–XX вв.: Проектирование сооружений и систем инженерного оборудования / Г. Дж Коуэн; пер. с англ. В.А. Коссаковского; под ред. Л.Ш. Килимника. – М.: Стройиздат, 1982. – 359 с., ил. – Перевод. изд.: Science and Building.: Structural and environmental design in the nineteenth and twentieth centuries. – A Wiley-Interscience Publikation John Wiley & Sons, New York London Sydney Toronto

*В статье приведен анализ работы монолитного каркаса здания при возможном отклонении отдельных колонн первого этажа от проектного вертикального положения. Прослеживалось изменение усилий в колоннах первого этажа при отклонении на 10см, 20см, 30см. Определено требуемое армирование колонны при отклонении колонны от вертикали и рассчитано разницу усилий в процентном отношении.*

*Ключевые слова: отклонение железобетонной колонны, внутренние усилия, монолитный рамный каркас.*

*In the article necessary re-enforcement of column, rejection of column is represented from a vertical line on 10sm, 20sm, 30sm and the difference of efforts is expected in a percentage ratio.*

*Keywords: rejection of reinforce-concrete column, internal efforts, monolithic frame framework.*

Дата надходження в редакцію: 29.05.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Фомиця Л.М.

УДК. 624.073.7

## ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОЇ ВИСОТИ АРКИ КУПОЛЬНОГО ПОКРИТТЯ

**Л.А. Циганенко**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

*В статті проведений розрахунок оптимальної висоти арки купольного покриття.*

*Купольні покриття є не досить складними у процесі монтажу та досить вигідно виглядають на нових будівлях і спорудах різного призначення. Куполи застосовують для покриття як видовищних споруд, так і окремих виробничих об'єктів.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді.** Умови і можливості сучасного життя в наш час дозволяють надати більшій індивідуальності для кожної нової будівлі, що проектується.

В часи, коли технології в будівництві майже не обмежені, естетичний вигляд будівлі виходить на перші місця, займаючи один щабель з дотриманням умов будівництва та надійністю будови.

Розважальний центр - як будівля, що поєднує в собі функції обслуговування та культурного відпочинку людей, повинна мати естетичну архітектурну форму з включенням елементів які покращують її загальне сприйняття. Наприклад, світлопрозорий елемент покриття над сходовим маршем буде не тільки забезпечувати його природне освітлення, але й додасть йому об'ємне сприйняття. Тому саме, в розважальному центрі, що підлягає проектуванню, було запропоноване купольне світлопрозоре покриття фойє.

Чому саме варіант купольного покриття найбільш прийнятний для створення світлопрозорого покриття фойє розважального центру? Куполи застосовують для покриття як видовищних споруд, так і окремих виробничих об'єктів. Відомі два типи куполів, які принципово відрізняються своїми конструктивними рішеннями та схемою роботи: ребристі та сітчасті. Сітчасті купола не мають певної послідовності монтажу. Методи їх зведен-

ня визначають конструктивні рішення, які, в свою чергу, залежать від принципової схеми монтажу. В даному випадку було вирішено, що доцільніше використати сітчасту купольну систему, так як вона має більш естетичний вигляд, більше підходить до даної будівлі, та є простішою у процесі монтажу.

Дана конструктивна система купольного покриття є не досить складною у процесі монтажу та значно вигідніше виглядає на нових будівлях і спорудах різного призначення.

**Формулювання мети статті.** Приймаючи до уваги те, що є декілька різновидів купольних покриттів, та велика кількість конфігурацій та форм, то індивідуальність та несхожість цих елементів дає великі можливості для підкреслення індивідуальності кожної будівлі. Але з метою отримання оптимального розміру купольного покриття необхідно провести дослідження його напружено-деформованого стану. В результаті дослідження необхідно отримати оптимальну висоту стріли арки купольного покриття, яка б мала мінімальні значення моментів згину та розпору системи..

**Виклад основного матеріалу.** Купольне покриття, що підлягає дослідженню, представляє собою розташовані з кроком 2.4 м арки параболічного окреслення, рис.1



Рис.1. Візуалізація розважального центру з купольним покриттям.

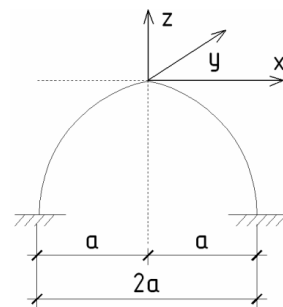
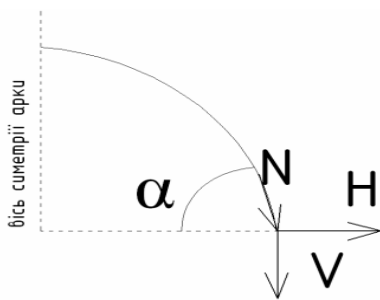
При конструюванні купольного покриття стало питання вибору оптимальної висоти несучої арки. Для цього було проведено розрахунок та аналіз несучих арок зі стрілами : 5.4; 6.3; 7.2; 8.1; 9.0. Величини даних стріл підйому обумовлене кратністю розмірів, що приймаються при конструюванні конструктивних елементів. Купольне покриття складається з опорних арок и напіварок, що розташовані на початку и наприкінці конструктивної схеми, з'єднання яких забезпечується жорсткими вузлами. Опорні арки попередньо прийнято з двутавра № 24, а напіварки з двутавра №20. Покриття куполу передбачається склопакетами, що обумовлює вибір профілю несучих елементів також враховується можливість обслуговування. Спирання куполу передбачено на монолітний пояс висотою  $h=1250\text{мм}$

Моделювання конструктивної схеми проводилось на програмному комплексі «Ліра - 9.6». Розрахункова схема арки приймалась, як для безшарнірної арки, зі скінченних елементів 10

типу. Для зручності аналізу отриманих результатів та задання вихідних параметрів, арки було розраховано на одиничне навантаження, але з жорсткістю елементів, що відповідають прийнятим в купольному покритті.

Відомо, що головними зусиллями в арці є зусилля  $N$  та момент  $M$ , співвідношення яких обумовлює оптимальний напружено-деформований стан арки. Найоптимальніша форма арки – це форма її безмоментного стану, так зване раціональне вирішення арки. Це одна із сторін роботи арки. Але одним з головних аспектів роботи арки є передача аркою величини розпору на її опорну частину, в даному випадку на монолітний опорний контур.

З класичних розрахунків методики будівельної механіки в опорному вузлі арки виникає максимальне зусилля стиску  $N$ , під кутом  $\alpha$ , яке розкладається на вертикальну та горизонтальну складову  $V$  та  $H$ .



Визначаємо кут  $\alpha$ , під яким діє зусилля  $N$ , як перша похідна від рівняння, за яким окреслена арка.

Рівняння арки  $z = -f \cdot x^2 / a^2$ , (1)  
де  $f$  – стріла підйому арки;  
 $x$  – поточна координата;  
 $a$  – величина розпору.

Враховуючи що величина  $f$  та  $a$  – є постійними величинами для кожного розрахунку арки, ми можемо записати, що  $(-f / a^2) = k$ ,  $\rightarrow z = k x^2$ .

Тоді перша похідна рівняння (1) буде  $Z = 2 k x$  (2)

Це  $\text{tg } \alpha$  кута похилу зусилля  $N$  до опорної точки.

Тепер знаючи величину  $\text{tg } \alpha$ , визначаємо величину

$H$  – розпору як :  
 $H = N \cdot \cos \alpha$  (3)

Та величину вертикальної складової – відпору

$V = N \sin \alpha$  (4)

Враховуючи значну кількість східних між собою розрахунків, в програмі «Excel», було розроблено алгоритми визначення складових  $N$ ,  $V$ ,  $H$ .

Вид алгоритму:

1. Арка заданої величини підйому розраховувалась в програмному комплексі «Ліра-9.2».

2. Виписувались значення зусиль  $N$  в опорному елементі.

3. В таблиці, що розроблена в програмі «Excel», підставлялися значення стріли арки та отриманого зусилля.

4. Автоматично в таблиці, визначалися необхідні кути в градусах та радіанах, синуси та косинуси.

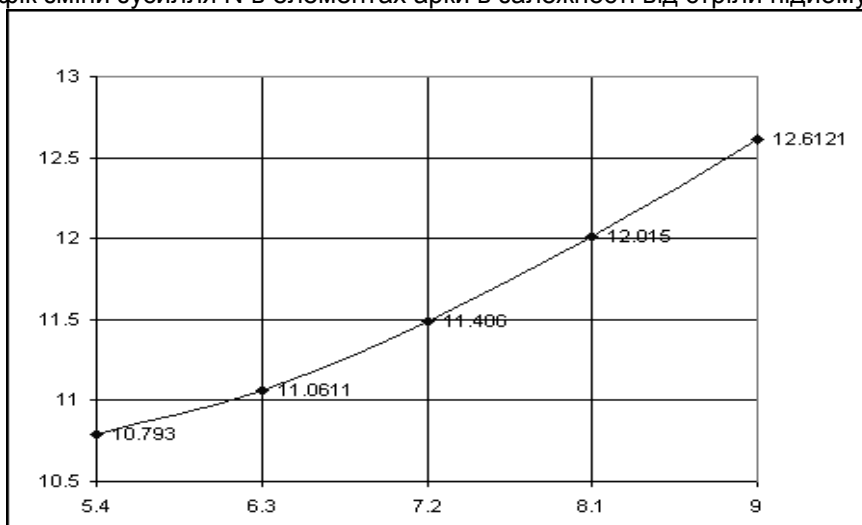
5. За зусиллям  $N \rightarrow$  вертикальна складова  $V$  та горизонтальна складова  $H$

За отриманими величинами  $N$ ,  $V$ , та  $H$  було побудовано графіки залежності окремих даних величин від стріли підйому, які були проаналізовані.

Таблиця зміни зусилля  $N$  в елементах арки в залежності від стріли підйому арки

Стріла	5.4	6.3	7.2	8.1	9
Значення	10.79	11.06	11.48	12.01	12.61

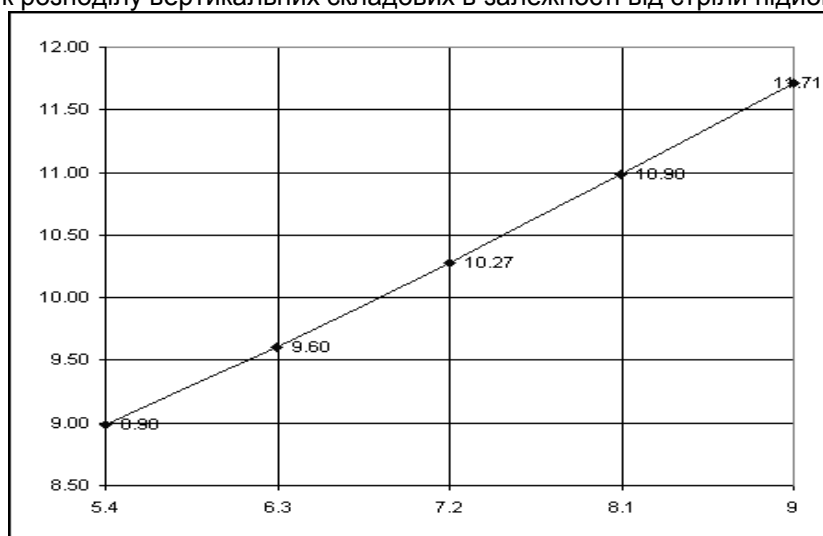
Графік зміни зусилля  $N$  в елементах арки в залежності від стріли підйому арки



Таблиця зміни значень вертикальних складових  $V$  в залежності від стріли підйому арки

Стріла	5.4	6.3	7.2	8.1	9
Значення	8.98	9.60	10.27	10.98	11.71

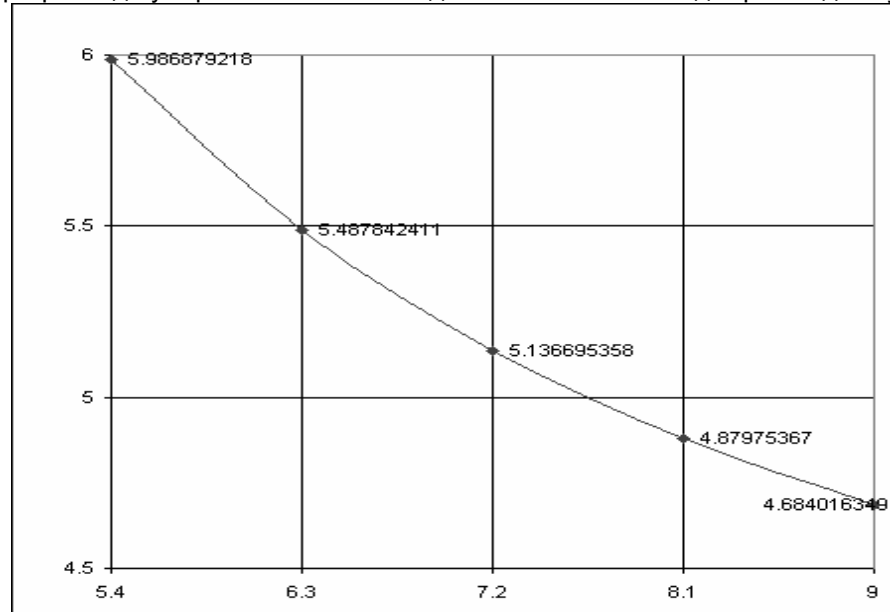
Графік розподілу вертикальних складових в залежності від стріли підйому арки



Таблиця розподілу горизонтальних складових в залежності від стріли арки

Стріла	5.4	6.3	7.2	8.1	9
Значення	5.98	5.48	5.136	4.87	4.68

Графік розподілу горизонтальних складових в залежності від стріли підйому арки



Аналіз графіків свідчить про «класичну» роботу арки: зміна стріли арки впливає на її напружено-деформований стан.

Зі збільшенням висоти стріли підйому арки:

- зусилля  $N$  зростає з 10.793 до 12.6121;
- розріз  $H$  падає з 5.986879 до 4.684016;

- відпір  $V$  зростає з 8.98 до 11.71.

Якщо провести порівняльний аналіз арок зі стрілою мінімальною 5.4 та максимальною 9 м, то побачимо, що різниця між даними величинами складає :

різниця у % зусиль в арках	: арка 9м та арка 5.4 м	14.425	%
різниця у % величин розпору	: арка 9м та арка 5.4 м	21.762	%
різниця у % величин реакції опори	: арка 9м та арка 5.4 м	23.311	%

Для більшої наглядності приведемо табличні дані для двох стріл підйому арок покриття:

#### Арка за стрілою 7.2 м

Розмір пів основи $a=L/2$	Стріла підйому $f$	Формула кривої $f/a^2$	Похідна	Тангенс	Радіані	Градуси	Синус	Косинус
7.2	7.2	-0.1389	-0.28	2.00	1.107	63.43	0.89	0.45
Зусилля в елементах арки (ел №1;14) $N= 11.49$ т				Величина распору в арці куполу вертикальна складова 10.27 т горизонтальна складова 5.137 т				

#### Арка за стрілою 9 м

Розмір пів основи $a=L/2$	Стріла підйому $f$	Формула кривої $f/a^2$	Похідна	Тангенс	Радіані	Градуси	Синус	Косинус
7.2	9	-0.1736	-0.35	2.50	1.190	68.20	0.93	0.37
Зусилля в елементах арки (ел №1;14) $N= 12.61$ т				Величина распору в арці куполу вертикальна складова 11.71 т горизонтальна складова 4.684 т				

**Висновки з проведених досліджень.** На основі розрахунків, таблиць та побудованих графіків можемо зробити висновок, що найбільш оптимальним варіантом є величина підйому 7.2 м. В

даній арці зусилля менше, ніж у арках з висотою 8.1 та 9.0 та величина розпору оптимальна. До того ж, збільшення висоти підйому тягне за собою збільшення вільного простору, який не екс-

платується та опалюється, що є негативним моментом.

#### **Список використаної літератури:**

1. Шишман Б.А. Статика сооружений: Учеб.для техникумов.-М.: Стройиздат,1989.-384.
2. ДБН В 1.2-2:2006 Навантаження та впливи

*В статье проведен расчет оптимальной высоты арки купольного покрытия.*

*Купольные покрытия являются достаточно сложными в процессе монтажа и достаточно выгодно смотрятся на новых зданиях и сооружениях различного назначения. Купола используются для покрытия как зрелищных сооружений, так и отдельных производственных объектов.*

*The calculation of the optimal height of the dome cover arch is done in the article. Dome covers are not very complicated in the process of installing and have very profitable look at new buildings and structures of various purposes. Domes are used to cover both entertainment and certain industrial facilities.*

Дата надходження в редакцію: 01.04.12 р.

Рецензент: д.т.н., професор Фомиця Л.М.

УДК 624.012.45

### **ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ВИСОТНИХ БУДИНКІВ НА НЕСУЧУ ЗДАТНІСТЬ, СТІЙКІСТЬ ТА ОПІР ПРОГРЕСУЮЧОМУ ОБВАЛЕННЮ**

**Л.А. Циганенко**, к.т.н., доцент, Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

*В статті розглянуто питання особливості розрахунку висотних будівель на опір прогресуючому обваленню. Аналіз проведено на прикладі розрахунку монолітно-каркасного 16ти поверхового будинку з виключенням з роботи двох пілонів першого поверху.*

#### **Актуальність теми дослідження.**

У зв'язку з розвитком будівництва висотних будівель актуальною проблемою є їх захист від прогресуючого руйнування, яке виникає при пошкодженні окремих несучих конструкцій у результаті пожежі, вибуху, дефекту будівельних матеріалів і т.д.

У число основних заходів щодо забезпечення безпеки входить розробка конструктивно-планувальних рішень будівлі, з огляду на можливість виникнення надзвичайної ситуації, забезпечення нерозрізності конструкцій, а також застосування матеріалів і рішень, що забезпечують розвиток в елементах конструкцій і з'єднаннях пластичних деформацій. У цілому, захист від обвалення будь-якої будівлі заснована на грамотних проектних рішеннях, застосування якісних матеріалів і неухильному дотриманні технології монтажних робіт. Помилка на будь-якому етапі знижує ефективність всіх вжитих заходів. До того ж, згідно нормативного документа із забезпечення надійності [1], такі розрахунки передбачено робити для всіх будинків. Виходячи з цього, при проектуванні монолітно-каркасних будівель необхідно виконувати розрахунки на дії, викликані надзвичайними ситуаціями, які можуть призвести до аварійного обвалення однієї з основних несучих конструкцій.

**Мета дослідження.** Дослідити та проаналізувати зміну напружено-деформованого стану монолітно-каркасної будівлі при «вибутті» з роботи одного чи більше пілонів першого поверху каркасу.

**Об'єкт дослідження:** монолітно-каркасний 16-ти поверховий житловий будинок в м. Києві.

#### **Аналіз досліджень і публікацій.**

Стійкість будівлі до прогресуючого руйнування – це час, протягом якого вся будівля чинить опір впливу небезпечних факторів, без втрати загальної стійкості та геометричної незмінюваності. Причинами цього є невизначеність щодо вибору сценаріїв, схем та меж руйнування будівель, критеріїв руйнування будівельних конструкцій тощо.

В даний час розроблені рекомендації по розрахунку і захисту від прогресуючого обвалення будівель різних конструктивних систем. Завдання аналізу прогресуючого обвалення зводиться до виключення з конструктивної системи від однієї з опор (зв'язків) і подальшого розрахунку. Основні рекомендації щодо попередження прогресуючих обвалень несучих конструкцій зводяться до виключення можливих локальних руйнувань. Необхідно підкреслити, що згідно нормативного документа ДБН В.2.2-24 „Проектування висотних житлових та громадських будинків”, який набрав чинності з 1 липня 2009 року, такі розрахунки передбачено робити для всіх будинків.

#### **Виклад основного матеріалу.**

Розрахункова схема будівлі створювалась на ПК «Lira sapr 2011», рисунок 1. Моделювання проводилось з наступними геометричними і фізичними характеристиками конструктивних елементів каркасу. Монолітний каркас будівлі виконано з важкого бетону, природного твердіння з класом міцності В20 (характеристики бетону: - початко-