

УДК 624.042.7

**РОЗРАХУНОК НА СЕЙСМОСТІЙКІСТЬ НЕСУЧИХ
ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОМИСЛОВОЇ СПОРУДИ З
УРАХУВАННЯМ ФІЗИЧНОЇ НЕЛІНІЙНОСТІ БЕТОНУ ТА
АРМАТУРИ**

**РАСЧЕТ НА СЕЙСМОСТОЙКОСТЬ НЕСУЩИХ
ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРОМЫШЛЕННОГО ЗДАНИЯ С
УЧЕТОМ ФИЗИЧЕСКОЙ НЕЛИНЕЙНОСТИ БЕТОНА И АРМАТУРЫ**

**THE CALCULATION OF SEISMIC STABILITY OF STEEL-CONCRETE
ELEMENTS OF INDUSTRIAL CONSTRUCTION CONSIDERING
PHYSICAL CONCRETE AND REINFORCING STEEL**

Валовой О.І., к.т.н, проф. (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг), **Романенко К.М., асистент** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг), **Сліпич О.О., к.т.н, доц.** (Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Валовой А.И., к.т.н, проф. (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог), **Романенко Е.Н., асистент** (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог), **Слипич А.А. к.т.н, доц.** (Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

Valovoy A.I., candidate of technical sciences, professor (Krivoy Rog National University, Krivoy Rog), **Romanenko K.N., assistant** (Krivoy Rog National University, Krivoy Rog), **Slipych A.A., candidate of technical sciences, docent** (Krivoy Rog National University, Krivoy Rog)

Наведені способи та реалізація розрахунків на сейсмостійкість несучих залізобетонних елементів промислової споруди з урахуванням фізичної нелінійності бетону та арматури в ПК «ЛІРА 9.6». Проаналізований напружено-деформований стан при різних варіантах моделювання. За результатами досліджень зроблені висновки.

Приведены способ и реализация расчетов на сейсмостойкость несущих железобетонных элементов промышленного здания с учетом физической нелинейности бетона и арматуры ПК «ЛИРА 9.6». Проанализировано напряженно-деформированное состояние при различных вариантах моделирования. По результатам исследований сделаны выводы.

The methods and the ways of realization of calculations on seismic stability of steel-concrete elements of industrial construction considering physical nonlinearity of concrete and reinforcing steel PC «LIRA 9.6» is given in this article. The tension-deformed state under different variants of modeling is analyzed. The conclusion of the experiments are made.

Ключові слова:

моделювання, напруження, арматура.
моделирование, напряжения, арматура.
modeling, tension, reinforcement.

Вступ. Сейсмічні райони в яких можуть відбутися підземні поштовхи 6–9 балів, займають близько 20% території України. Місто Кривий Ріг, відповідно до мап районування ДБН 2006 року [1], відноситься до зони, на якій можливий землетрус із силою в 6 балів. Та оскільки відомо, що техногенні фактори можуть підсилити землетрус на 1-1,5 бала, а місто Кривий Ріг є промисловим центром Дніпропетровської області і сейсмостійкість його ґрунтів знижена за рахунок появи шахт та кар'єрів, то розрахункову сейсмічність приймаємо силою в 7 балів і вище.

Основними об'єктами підприємств з металургійної промисловості, які розташовані в Криворізькому залізрудному басейні, є одноповерхові каркасні промислові споруди. Більшість з навантажень, які діють на каркасну промислову споруду сприймають такі несучі елементи як колони.

Таким чином, дослідження міцності та особливостей напружено-деформованого стану несучих залізобетонних елементів промислової споруди, враховуючи підвищення розрахункової сейсмічності району та вимоги до розрахунків [1, 2], є актуальним питанням.

Аналіз останніх досліджень. Вивченню сейсмостійкості будівель та споруд в останні роки приділяється велика увага. Істотний внесок в вивчення цього питання зробили: Я.М.Айзенберг, А.Я.Барашиков, В.С.Беляєв, Т.А.Белаш, К.В.Єгупов, Ф.Д.Зеленьков, Д.Келлі, Л.Ш.Килимнік, Б.Г.Кореньов, И.Л.Корчинський, В.С.Кукунаєв, В.В.Назін, Ю.І.Немчинов, Е.Ф.Панюков, Р.Скіннер, В.И.Смірнов, В.А.Семенов, Ю.Д.Черепинський та ін.

Постановка мети і задач дослідження. Метою поставлених досліджень є проведення математичного експерименту відповідно чинним ДБН та з'ясування відмінностей результатів розрахунків на сейсмостійкість при різних методах моделювання несучих залізобетонних елементів промислової споруди.

Методика досліджень. Методами досліджень є аналіз даних, отриманих під час обстеження промислової споруди, моделювання залізобетонних несучих елементів та проведення математичних експериментів в програмному комплексі «ЛИРА 9.6».

Об'єктом досліджень є колона складу концентрату №1, який відноситься до споруд збагачувальної фабрики ІнГЗК міста Кривий Ріг. Технічна документація складу концентрату №1 ІнГЗК була розроблена в 1963 році ГПІ «Придніпровський Промстройпроект» та ГПІ «Днепрпроектстальконструкція». Будівництво складу було здійснено в 1969 році генпідрядною організацією – трестом «Криворожагlostрой» при залученні спеціалізованих управлінь тресту «Криворожстальконструкція» та ін.

Вихідними параметрами для проектування є данні, отримані за результатами обстеження [3].

Розрахунки здійснювали за допомогою ПК «ЛИРА 9.6» відповідно рекомендацій [4] та вимог [1, 2].

Двогілкова з/б колона складається з перерізів різного типу: перерізу надкранової частини (600*700 мм), перерізу гілок (600*400 мм), перерізу розпірок (150*150 мм) та перерізу підсиленої частини до рівня +3,100 (600*1700 мм). За результатами обстеження відомо, що колони виконані з бетону класу В-25 з трьохвідсотковим армуванням арматурою класу А-ІІ.

Оскільки колони складу жорстко затиснені в окремо розташовані стовбчасті фундаменти стаканого типу, то при моделюванні задаємо в нижніх вузлах колони в'язі X, Y, Z, UX, UY та UZ.

Моделювання здійснюємо об'ємними кінцевими елементами довжиною, шириною та висотою 0,2 м (рис.1). Матеріал колони – бетон класу В-25. На даному етапі арматуру не враховуємо.

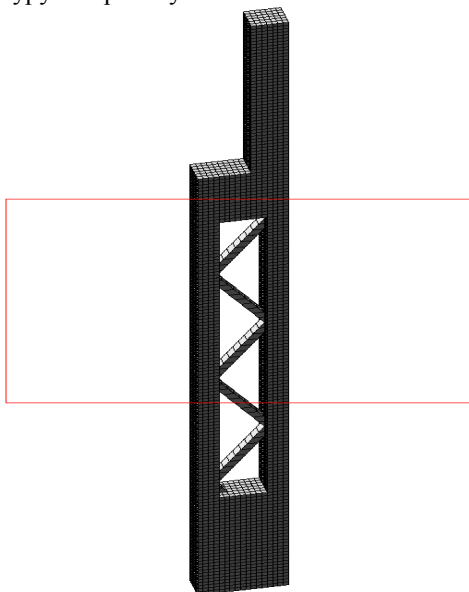


Рис. 1. Об'ємна модель двогілкової колони промислової споруди

Спочатку здійснюємо лінійний розрахунок для визначення інерційних сил, що виникають в результаті сейсмічної дії.

Збір навантажень на елементи колони виконано відповідно [2].

Діючі навантаження наведені в табл.1.

Таблиця 1

Навантаження, що задають в програмному комплексі

1	Навантаження від власної ваги конструктивних елементів колони, ваги ферми й підкранової балки
2	Кранове й конвеєрне навантаження
3	Гальмівне навантаження
4	Снігове навантаження
5	Вітрове навантаження
6	Сейсмічне навантаження (7 балів)
7	Сейсмічне навантаження (8 балів)
8	Сейсмічне навантаження (9 балів)

Для дослідження напружено-деформованого стану при одночасній дії вертикального (навантаження 1, 2, 4) та горизонтального (сейсмічні навантаження 6, 7 та 8) навантажень формуємо розрахункові сполучення навантажень (РСН 1-3).

В цих РСН, згідно з [1] постійне навантаження (навантаження 1) враховуємо з коефіцієнтом сполучення 0,9; тривалі (навантаження 2) – з коефіцієнтом сполучення 0,8; короткочасні (навантаження 4) – з коефіцієнтом сполучення 0,5; сейсмічні (навантаження 6-8) – з коефіцієнтом сполучення 1 (табл. 2).

Таблиця 2

Коефіцієнти сполучення для РСН

РСН	Навантаження							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,9	0,8	0	0,5	0	1	0	0
2	0,9	0,8	0	0,5	0	0	1	0
3	0,9	0,8	0	0,5	0	0	0	1

Відомо, що бетон – пружно-пластичний матеріал, що характеризується нелінійною залежністю між напругою та деформаціями і різними опорами на стискання й розтягування – тому необхідно виконати розрахунок з урахуванням фізичної нелінійності матеріалу колон. Також необхідно враховувати сумісну дію бетону й арматури.

Для моделювання залізобетонних елементів пропонуються 3 способи:

1) За приведеним модулем пружності: замість бетону В-25 призначаємо бетон В-30.

2) При призначенні жорсткості, в параметрах матеріалу програмного комплексу «ЛИРА 9.6», крім урахування бетону (В-25) додаємо арматуру з розрахунковими параметрами, які відповідають гарячекатаним стержням

класу А-II. В параметрах арматури задаємо відсотки армування вздовж осі Z – 3 (поздовжнє), вздовж осей X та Y – 0,1 (поперечне).

3) В кожній з гілок двогілкової колони проводимо 6 стержневі сталеві елементи діаметром 3,6 см.

В результаті лінійного розрахунку визначаємо значення інерційних сил, що виникають при сейсмічних навантаженнях. При виконанні розрахунків з урахуванням фізичної нелінійності матеріалу колон ці сили прикладаємо по висоті колони згідно з місцем їх виникнення. Таким чином динамічні навантаження замінюємо на статичні.

Для проведення нелінійного розрахунку формуємо навантаження 1-5 (відповідно табл.1) й три навантаження (6–8), в яких визначенні значення інерційних сил прикладаємо по висоті колони складу.

Далі формуємо розрахункові сполучення навантажень відповідно табл.2.

Результати досліджень. В результаті проведених розрахунків, отримуємо дані, які свідчать про те, що найбільші переміщення – в верхніх вузлах надкранової частини колони, а найбільші напруження – біля фундаменту та в місцях примикання гілок колони до її підсиленої частини (рис.2).

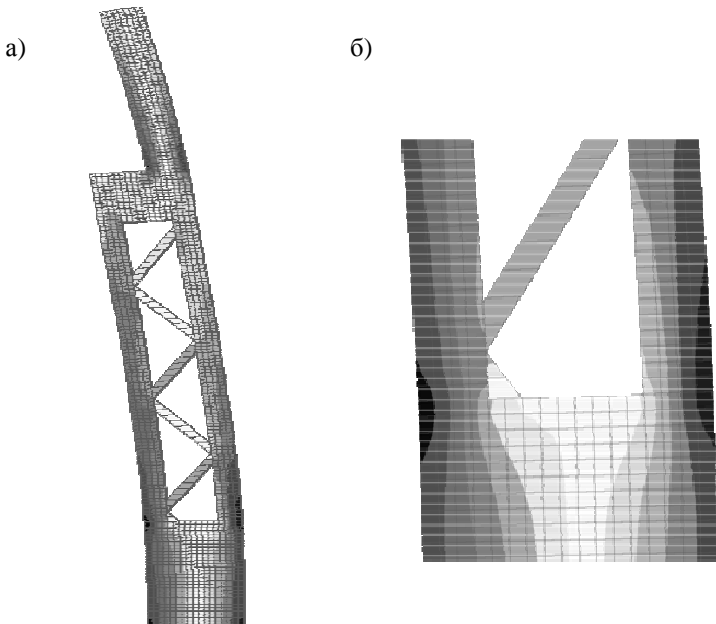


Рис. 2. Напруження в елементах колони: а – колона, б – місце примикання гілок колони до її підсиленої частини

На рис.2 найбільші напруження виділені темнішим кольором. Нейтральні напруження – білі.

Максимальні значення переміщень та напружень заносимо до табл.3.

Таблиця 3

Максимальні значення переміщень та напружень

	Математична модель								
	Приведений модуль пружності			3-відсоткове армування вздовж осі Z			6 арматурних стержнів в кожній гілці колони		
	Розрахункова сейсмічність, бали								
	7	8	9	7	8	9	7	8	9
Переміщення вздовж осі X	9,91	12,6	18	11,8	15	21,6	11,9	15,2	22
Переміщення вздовж осі Z	-1,45	-1,64	-2	-1,73	-1,95	-2,39	-1,75	-1,97	-2,42
Напруження, МПа, N_y	-3,98	-4,48	-5,48	-3,95	-4,44	-5,44	-3,97	-4,47	-5,47
Характер руйнування	Нема руйнувань	Нема руйнувань	3 % основного матеріалу з тріщинами	0,1 % основного матеріалу з тріщинами	0,1 % основного матеріалу з тріщинами	6,5 % основного матеріалу з тріщинами	0,1 % основного матеріалу з тріщинами	0,1 % основного матеріалу з тріщинами	7,2 % основного матеріалу з тріщинами, 0,1% основного матеріалу зруйновано по 1-й головній площадці при розтяганні

Висновки. Аналізуючи результати дослідження, можна зробити висновки, що:

- горизонтальні й вертикальні переміщення верхніх вузлів залізобетонної колони найбільші при моделюванні арматури в залізобетонній колоні гарячекатаними стержнями діаметром 3,6 см;
- найбільші напруження виникають при розрахунках за приведеним модулем пружності;
- найбільші руйнування несучих залізобетонних елементів відбуваються при моделюванні арматури стержнями;
- якщо порівнювати отримані переміщення й напруження, то відмінність результатів розрахунків за трьома запропонованими методами не перевищують 22%, але характер руйнування має значні відмінності.

Отже, якщо метою досліджень є напружено-деформований стан залізобетонного елемента, то всі три моделі є прийнятними, але якщо досліджується картина виникнення тріщин та характер руйнування – краще обирати моделювання арматури сталевими стержнями з відповідними характеристиками матеріалу, задаючи їх реальне положення в колоні й діаметр перерізу.

1. ДБН В.1.1-12:2006. Будівництво в сейсмічних районах України. К. 2006. – 84 с. 2. Норми проектування. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи: ДБН В.1.2–2:2006. [Чинний від 2007.01.01]. м. К.: 2006. – 60 с. 3. Отчет о научно исследовательской работе «Общее и динамическое обследование строительных конструкций. Оценка технического состояния конструктивных элементов зданий. Разработка рабочей документации на ремонтно-восстановительные работы. Составление паспортов технического состояния зданий: склада концентрата №1; корпуса 3-4 стадии дробления; пульпонасосной станции №1». Склад концентрата №1. 2005. - 299с. 4. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования. Учебное пособие. М.С.Барабаш, Ю.В.Гензерский, Д.В.Марченко, В.П.Титок – К.: издательство «Факт», 2005. – 106 с.: ил., Комп'ютерні технології проектування залізобетонних конструкцій: Навч.посіб. / Ю.В.Верюжський, В.І.Колчунов, М.С.Барабаш, Ю.В.Гензерський. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 808 с.