

ЧИРВА В.М., НАСТИЧ О.Б., РОМАНЕНКО К.М., САВЧЕНКО А.А.

ДВНЗ «Криворізький національний університет»
м. Кривий Ріг, Україна

УДК 624.042.7

ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЙСМОСТІЙКОСТІ ПРОМИСЛОВОЇ СПОРУДИ ТА ЕФЕКТИВНОСТІ ЇЇ ПРЕВЕНТИВНОГО ПІДСИЛЕННЯ КОМПОЗИТНИМИ СТРІЧКАМИ

Ключові слова: сейсмостійкість, промислова споруда, просторова модель, підсилення.

В статті наведена реалізація розрахунків на сейсмостійкість просторової моделі промислової споруди в ПК «ЛИРА 9.6». Проаналізовано напружено-деформований стан споруди при сейсмічності 6, 7 та 8 балів. За результатами досліджень зроблені висновки.

В статті приведена реалізація розрахунків на сейсмостійкість просторової моделі промислового спорудження в ПК «ЛИРА 9.6». Проаналізовано напружено-деформоване стан спорудження при сейсмічності 6, 7 та 8 балів. По результатам досліджень зроблені висновки.

The article presents seismic stability calculations for a three-dimensional model of an industrial structure made by "Lira 9.6". It also analyzes the deflected mode of the structure at 6, 7, 8-point seismicity and gives conclusions of the research.

ВСТУП

Кривий Ріг – велике промислове місто, в якому працюють такі гіганти металургійної промисловості як ВАТ «Південний ГЗК», ВАТ «Північний ГЗК», ВАТ «НКГЗК», ВАТ «Інгулецький ГЗК», відомий у всьому світі гірничо-металургійний комбінат ВАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» та інші. Однією із складових таких підприємств є одноповерхові промислові споруди, більшість з яких

збудована ще у 70 – 80 роки 20 ст. і на теперішній час перебувають у незадовільному стані. Варто зауважити, що багато з них знаходиться на території, наближеній до залізрудних кар'єрів і тому зазнають шкідливий вплив від регулярних вибухів (технологічний процес добучі руди).

Також слід зауважити, що відповідно до чинних норм, м. Кривий Ріг відноситься до 6-ти бальної зони, але на території України велика кількість промислових будівель знаходиться на 7-ми бальній території - тому питання сейсмостійкості промислових споруд є актуальним не лише для криворізького залізрудного басейну.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розробці засобів сейсмотехніки та вивченню роботи підсиленних будівельних конструкцій присвячені роботи багатьох учених. Аналізуючи літературні джерела, можна сказати, що істотний внесок в вивчення цих питань зробили: Я.М.Айзенберг, А.Я.Барашиков, О.І.Валовой, В.С.Беляев, Т.А.Белаш, К.В.Єгупов, Л.Ш.Килимнік, Б.Г.Коренев, И.Л.Корчинський, В.С.Кукунаєв, В.В.Назін, Ю.І.Немчинов та інші.

ПОСТАНОВКА МЕТИ І ЗАДАЧ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою досліджень було визначення сейсмостійкості промислової будівлі та ефективності її підсилення композитними стрічками. Композитні стрічки S&P CFK-Lamelle (Швейцарія) є готовим виробом з вуглецевих волокон, запаяних в матрицю з епоксидної смоли. Стрічки призначені для посилення бетонних, залізобетонних, попередньо напружених і сталевих конструкцій шляхом їх приклеювання до основи двокомпонентним епоксидним клеєм Resin 220.

**МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ
ДОСЛІДЖЕНЬ**

З огляду на зазначену мету був проведений цілеспрямований математичний експеримент та проаналізовано напружено-деформований стан конструктивних елементів промислової споруди до та після її підсилення.

Об'єктом моделювання є одна із споруд кисневого цеху ВАТ «Південний ГЗК» - споруда компресії.

Проблемою забезпечення надійності й довговічності будівельних конструкцій споруд кисневого цеху за останні роки є поступове наближення відкосів кар'єру до забудови й підвищеній дії вибухових хвиль на споруди при проведенні вибухових робіт в кар'єрі. Додатковою проблемою щодо сейсмостійкості цих споруд є послаблення ґрунтів – адже відомо, що на послаблених ґрунтах навіть при землетрусі інтенсивністю 6 балів можуть бути непередбачувані руйнівні наслідки.

Моделювання промислової споруди реалізоване в програмному комплексі

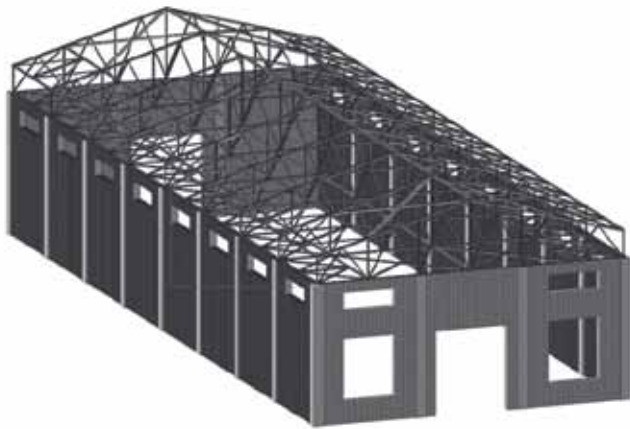


Рис.1. Просторова модель споруди

“ЛИРА 9.6” згідно з вимогами чинних норм [1, 2, 6] та рекомендаціями [3 - 5]. Просторова модель наведена на рис. 1.

В програмному комплексі задавали декілька навантажень. Навантаження 1 – вертикальні навантаження від власної ваги конструктивних елементів промислової споруди; навантаження 2-5 – сейсмічні навантаження інтенсивністю 6, 7, 8 та 9 балів відповідно.

Для дослідження напружено-деформованого стану конструктивних елементів промислової споруди при одночасній дії вертикального (навантаження 1) та горизонтального (сейсмічного) навантажень формували розрахункові сполучення навантажень (РСН 1-4). В цих РСН, згідно з [1] постійне навантаження (навантаження 1) враховується з коефіцієнтом сполучення 0,9, а сейсмічні (навантаження 2-5) – з коефіцієнтом сполучення 1 (табл. 1).

Згідно з п.п. 3.1.6.1 [2] величина розрахункової міцності бетону на стиск визначається як:

$$f_{cd} = a_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c \quad (1)$$

Таблиця 1. Коефіцієнти сполучення для РСН

РСН	Навантаження				
	1	2	3	4	5
1	0,9	1	0	0	0
2	0,9	0	1	0	0
3	0,9	0	0	1	0
4	0,9	0	0	0	1

Таблиця 2. Визначення опорів конструкцій з важкого бетону класу С25

	Хар-ки міцності [2], МПа	Коефіцієнт γ_c [1] при кількості балів				$f_{cd} (ctd) \cdot \gamma_c$, МПа при кількості балів			
		6	7	8	9	6	7	8	9
f_{cd}	9,67	0,95	0,8	0,7	0,6	9,186	7,736	6,769	5,802
f_{ctd}	1,15					1,092	0,92	0,805	0,69

Таблиця 3. Визначення опорів цегли та розчину кам'яної кладки

Матеріал	Хар-ки міцності [3], МПа	Коефіцієнт γ_s [1] при кількості балів				Опір, МПа при кількості балів			
		6	7	8	9	6	7	8	9
Цегла	1,5985	0,95	0,8	0,7	0,6	1,518	1,278	1,118	0,959
Розчин	1,2356					1,173	0,988	0,864	0,741

де γ_c - коефіцієнт надійності для бетону, який згідно з п.п.2.4.1 [2] =1,5; f_{ck} - характеристична (нормативна) міцність бетону на стиск, яка згідно з табл.3.1 [2] дорівнює 14,5 МПа; a_{cc} - коефіцієнт, що враховує вплив тривалості дій та несприятливих впливів, що викликані способом прикладання навантаження, на міцність бетону при стиску (згідно з п.п.3.1.6.1 [2] $a_{cc}=1,0$).

Отже: $f_{cd}=1 \cdot 14,5 / 1,5$; $f_{cd}=9,67$ МПа.

Згідно з п.п.3.1.6.2 [2] величина розрахункової міцності бетону на розтяг визначається як:

$$f_{ctd} = a_{ct} \cdot f_{ctk,0,05} / \gamma_{ct} \quad (2)$$

де γ_{ct} - коефіцієнт надійності для бетону, який згідно з п.п.2.4.1 [2] =1,3; $f_{ctk,0,05}$ - характеристична (нормативна) міцність бетону на розтяг, яка згідно з табл.3.1 [2] дорівнює 1,5 МПа; a_{ct} - коефіцієнт, що враховує вплив на міцність бетону при розтягу тривалості дій та несприятливих впливів, що викликані способом прикладання навантаження, (згідно з п.п. 3.1.6.2 [2] $a_{ct}=1,0$).

Отже: $f_{ctd}=1 \cdot 1,5 / 1,3$; $f_{ctd}=1,15$ МПа.

Розрахунок рами протяжної промислової споруди на сейсмічні навантаження здійснювали за граничними станами першої групи. Для перевірки міцності конструкції з важкого бетону С25, згідно з [2] та [1] визначали розрахункову міцність, наведену в табл.2. Коефіцієнт γ_s враховує зниження міцності матеріалів при знакозмінних сейсмічних навантаженнях (його врахування необхідне при розрахунках залізобетонних та кам'яних несучих елементів конструкції [1]).

На момент обстеження споруди експериментальним шляхом були встановлені наступні показники [3]:

міцність цегли з кам'яної кладки на стиск (1,5985 МПа);

міцність розчину кам'яної кладки (1,2356 МПа)

Визначення опорів цегли та розчину кам'яної кладки наведені в табл. 3.

За результатами розрахунків отримують значення внутрішніх напружень, які виникають в конструктивних елементах промислової споруди під дією зовнішніх

навантажень. Максимальні напруження виникають в елементах колон та кам'яній кладці. Найбільші – в елементах колон, які розташовані біля фундаменту. Тому в результатах розрахунків зазначають напруження саме в цих елементах (табл. 4) та порівнюють їх зі значеннями опорів, визначених в табл. 2 та в табл. 3.

На рис. 2 наведено деформації при дії сейсмічних навантажень.

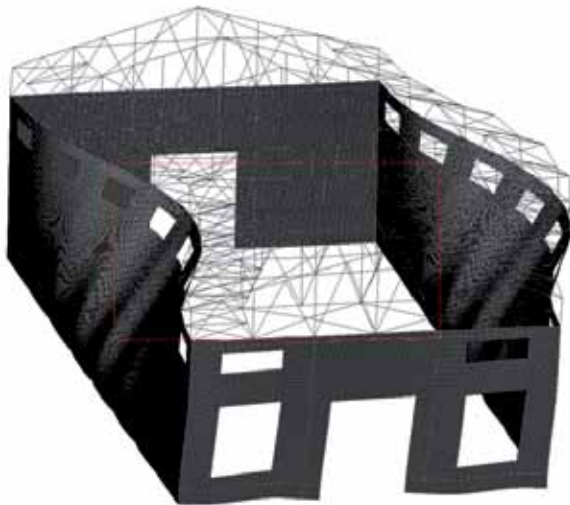


Рис.2. Деформації споруди при дії сейсмічних навантажень.

Таблиця 4. Напруження в колонах та в кам'яній кладці

РСН	Колона		Кам'яна кладка	
	Максимальні напруження, МПа			
	До підсилення	Після підсилення	До підсилення	Після підсилення
1	4,3806	4,245	0,401	0,369
2	5,6177	5,460	1,310	0,789
3	6,7950	6,605	1,920	1,210
4	7,9330	7,750	2,530	2,340

Підсилення моделювали трьома варіантами розташування стрічок S&P Lamelle (модуль пружності 300 ГПа, розміри поперечного перерізу: 120*1,4 мм): по всьому контуру споруди на рівні +7,7 метрів розташовували 3 стрічки; по всьому контуру споруди на рівні +7,7 розташовували одну стрічку, а на рівні +0,6 метрів розташовували дві стрічки; по всьому контуру споруди на рівні +0,6 метрів розташовували 3 стрічки.

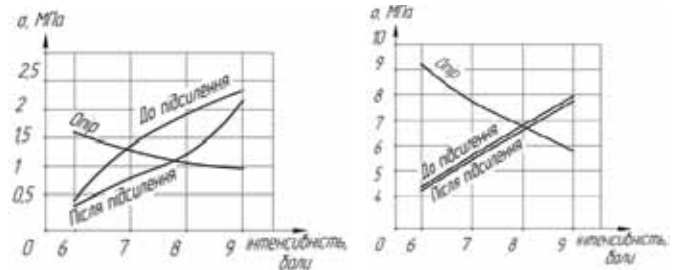


Рис.3. Опір та максимальні напруження, які виникають в:
а) – кам'яній кладці; б) – залізобетонній колоні.

Найбільше зниження напружень відбулося при розташуванні трьох композитних стрічок на рівні +0,6 метрів. Відповідні результати наведені в табл. 4 та на рис. 3.

ВИСНОВКИ:

Аналіз результатів розрахунків дозволяє зробити наступні висновки:

- до підсилення максимальні напруження в кам'яній кладці перевищують допустимі при сейсмічних навантаженнях інтенсивністю вище 7 балів (рис. 3 а), а в залізобетонних колонах – вище 8-ми балів (рис. 3 б);
- після підсилення максимальні напруження в кам'яній кладці перевищують допустимі при сейсмічних навантаженнях інтенсивністю вище 8 балів (рис. 3 а), а в залізобетонних колонах – вище 9-и балів (рис. 3 б).

Отже, проведені превентивні заходи дозволяють конструктивним елементам досліджуваної споруди витримувати сейсмічні навантаження на 1 бал більше. Враховуючи той факт, що, відповідно до чинних норм, опір будівельних конструкцій з цегли, бетону та залізобетону з підвищенням інтенсивності сейсмічних навантажень зменшується – підсилення композитними стрічками є ефективним методом підсилення для подібних споруд в сейсмонебезпечних районах України.

Зважаючи на велику кількість промислових підприємств, що знаходяться на сейсмічно небезпечних територіях нашої країни ще й на послаблених ґрунтах (при урахуванні яких розрахункову сейсмічність сміливо можна підвищувати на 1...1,5 бали) та на зношеність їх основних фондів, зростає актуальність проведення науково-дослідних робіт в цьому напрямку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Будівництво в сейсмічних районах України: ДБН В.1.1–12:2014. – [Чинний від 2014–01–07]. - К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2014. – 117 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення: ДБН В.2.6–98:2009. – [Чинний від 2007–01–01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 71с. – (Державні будівельні норми України).
3. Техническое обследование зданий кислородного цеха ОАО ЮГОК: отчет о научно-исследовательской работе, 1997. - 53с.
4. ЛИРА 9.2. Примеры расчета и проектирования: учебное пособие / [Барабаш М.С., Гензерский Ю.В., Марченко Д.В., Титок В.П.]. – К.: Факт, 2005. – 106 с.: ил.,
5. Комп'ютерні технології проектування залізобетонних конструкцій: навч. посіб. / [Веружський Ю.В., Колчунов В.І., Барабаш М.С., Гензерський Ю.В.]. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2006. – 808 с.
6. Навантаження і впливи. Норми проектування: ДБН В.1.2 – 2 – 2006. – [Чинний від 2007–01–01]. – К.: Мінбуд України, 2006. – 71 с. – (Національний стандарт України).