

Аннотація

В статті пропонується численні методи розрахунку сталевобетонних плит з профільованим настилом, які представляють собою неоднорідні композитні конструкції, для яких необхідно мати надійні та доведені до практичного застосування методи їх розрахунку, які б враховували неоднорідну структуру елементів конструкцій, реальні схеми навантаження, крайові умови та тому подібне.

Ключові слова: сталевобетонні плити з профільованим настилом, неоднорідні композитні конструкції, численні методи розрахунку напружено-деформованого стану, метод кінцевих елементів.

Стаття надійшла до редакції у березні 2018р.

УДК 621. 016.27(022.1)

Мартиненко І.О.⁸, асистент

porovich_ivanna1992@ukr.net, ORCID 0000-0001-8595-7554

Першаков В. М., д.т. наук, професор

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ЧИСЕЛЬНІ РОЗРАХУНКИ
КОНСТРУКЦІЙ ЦЕХУ СКЛОТАРИ ПІСЛЯ АВАРІЇ**

Наведено опис скінченно-елементної моделі з коротким описом застосованих скінченних елементів на ПК LIRA 9.6, їх фізико-механічних характеристик, а також приведений опис постійних та тимчасових навантажень. Розраховано переміщення вузлів скінченної-елементної моделі та напруження в несучих елементах залізобетонних колон від різноманітних можливих комбінацій навантажень. Враховано умови експлуатації будівлі при розрахунку міцності і жорсткості конструкцій на вогнестійкість. Виконано аналіз напружено-деформованого стану конструктивних елементів цеху склотари після аварії під дією різноманітних навантажень та термічного впливу розжареної скломаси внаслідок аварійного витoku.

⁸ © Мартиненко І.О., Першаков В.М.

Ключові слова: конструктивні елементи конструкцій, напружено-деформований стан, скінченні елементи, температура, аварійний виток, навантаження.

Постановка проблеми. Вогнестійкість і її межа в загальному плані характеризують накопичення і прояв небезпечних чинників пожежі. Оцінку вогнестійкості будівельних конструкцій ведуть по двох напрямках – це експериментальні методи оцінки об'єктів, конструкцій моделей, зразків і розрахункові методи оцінки вогнестійкості конструкцій.

Розробкою методології вогневих іспитів матеріалів і конструкцій у даний час займаються ряд міжнародних дослідницьких центрів й іспитових станцій. Їхню роботу і спрямованість досліджень координує Робоча група 15 Міжнародної ради по будівництву (МРБ).

Враховувати умови експлуатації будівлі при розрахунку міцності і жорсткості конструкцій на вогнестійкість дозволяють такі програмні комплекси такі як, Ansys, «ЛІРА-САПР».

Найважливішим етапом вирішення задачі є складання розрахункової схеми конструкції. Заміна вихідної конструкції сукупністю дискретних елементів має на меті рівність енергій конструкції та її дискретної моделі.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Теоретичну основу дослідження становлять роботи, присвячені проблемам вогнестійкості залізобетонних конструкцій таких авторів, як Б. Бартелемі, В.П. Бушева, Гусакова В. Н., Б.Г. Демчини, Т.Т. Лі, В.В. Жукова, М.І. Колякова, М.М. Кулешова, Ж. Крюппа, А.Ф. Мілованова, Е.Ф.Панюкова, В.А. Пчелінцева, А.В. Пчелінцева, В.М. Ройтмана, М.Я. Ройтмана, І.Т. Романенкова і В.Н. Зігерн-Корна, О.А. Стельмаха, С.Л. Фоміна, Е.Д. Чихладзе, В.С. Шмуклера, А.І. Яковлева та ін. дослідників.

При нормальних температурах дослідженню залізобетонних конструкцій присвячені роботи В.М. Бондаренко, А.А. Гвоздева, А.С. Городецького, А.А. Диховічного, С.М. Крилова і ін. Нелінійна теорія залізобетону створена завдяки роботам Є.М. Бабіча, А.Я.

Барашикова, В.М. Бондаренко, А.М. Бамбури, А.Б. Голишева, А.І. Звездова, А.С. Залесова, Т.А. Мухамедієва, Е.А. Чистякова, Н.І. Карпенко, В.І. Корсуна, О.П. Крічевського та ін.

Ціль і задача дослідження. Провести огляд протидії пожежної небезпеки та аналіз методів розрахунку вогнестійкості будівель, провести візуальний огляд та інструментальні обстеження конструктивних елементів для визначення і надання оцінки фактичному технічному стану та виконати моделювання прогресуючого руйнування колон при дії вогню в ПК Ліра.

Результати дослідження. Залізобетонні колони цеху склотари під піч і вироботочні канали в осях 4-7/Д-К залізобетонні монолітні, з розмірами поперечного перерізу – 750x750 мм, довжина колони складає 7,92 м. Колони відокремлені від решти конструкцій каркасу цеху і розраховані на навантаження від власної ваги конструкції та ваги пічці та вироботочних каналів. Аварія виникла в результаті витоку розжареної скломаси температурою 1100°C, тим самим викликала пожежу в будівлі.

Для забезпечення просторової жорсткості колон проектом передбачено встановлення металевих зв'язків у повздовжньому та поперечному напрямку у вигляді сталевих хрестових зв'язів.

Для виконання розрахунків за першою та другою групою граничних станів була розроблена модель МСЕ (методу скінченних елементів) колон під скловарну піч та вироботочні канали.

Загальна скінченно-елементна модель містить 53 вузли та 51 скінченний елемент. На рис.1 наведено 3D сітки залізобетонних колон під піч і вироботочні канали.

Фізико-механічні та жорсткісні характеристики матеріалів конструкції. Основним матеріалом колон цеху склотари під піч і вироботочні канали є монолітний залізобетон. У результаті інструментального та візуального обстеження конструкцій залізобетонних колон було встановлено фактичний клас бетону та характеристики поперечного перерізу колон.

Даний факт був врахований при призначенні жорсткісних характеристик залізобетонних колон, для відображення їхньої адекватної роботи та фактичного технічного стану. Типи жорсткостей залізобетонних колон наведені в таблиці 1.

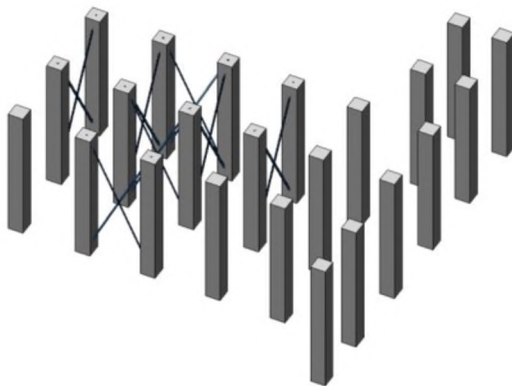


Рис. 1. 3D вид залізобетонних колон під скловарну піч

*Таблиця 1
Типи жорсткостей СЕ колон*

Тип жорсткості	Переріз (см) Клас бетону	Параметри (перерізу (см), жорсткості (т,м), розподіленої ваги (т,м))
	Брус 75 X 75 (Бетон_B15)	Ro=2.5, E=2.3e+006, GF=0
		B=75, H=75
		EF=1.29375e+006, EI _y =60644.5
		EI _z =6.06e+004, GI _k =4.08e+004
		Y1=4.66e-010, Y2=4.66e-010, Z1=6.05e+012, Z2=0
	Брус 75 X 75 (Бетон_B10)	Ro=2.5, E=1.8e+006, GF=0
		B=75, H=75
		EF=1.0125e+006, EI _y =47460.9
		EI _z =4.75e+004, GI _k =3.19e+004
		Y1=4.66e-010, Y2=4.66e-010, Z1=6.05e+012, Z2=0
	Брус 75 X 75 (Бетон_B20)	Ro=2.5, E=2.7e+006, GF=0
		B=75, H=75
		EF=1.51875e+006, EI _y =71191.4
		EI _z =7.12e+004, GI _k =4.78e+004
		Y1=4.66e-010, Y2=4.66e-010, Z1=6.05e+012,

Проблеми розвитку міського середовища. Вип.2 (21) 2018

		$Z2=0$
Брус 75 X 75 (Бетон_V25)		$R_o=2.5, E=3e+006, GF=0$
		$B=75, H=75$
		$EF=1.6875e+006, EI_y=79101.6$
		$EI_z=7.91e+004, GI_k=5.32e+004$
		$Y1=4.66e-010, Y2=4.66e-010, Z1=6.05e+012, Z2=0$
Брус 75 X 75 (Бетон_V30)		$R_o=2.5, E=3.25e+006, GF=0$
		$B=75, H=75$
		$EF=1.82812e+006, EI_y=85693.4$
		$EI_z=8.57e+004, GI_k=5.76e+004$
		$Y1=4.66e-010, Y2=4.66e-010, Z1=6.05e+012, Z2=0$

Навантаження, впливи та їх комбінації. Розрахункові навантаження на колони цеху склотари під піч і вироботочні канали визначались згідно: чинним нормам ДБН В В.1.2-2:2006 [1]; технічним умовам технологічного навантаження на колони (HORN креслення АО); сейсмічним умовам (ДБН В.1.1-12:2006 [2] та картою ОСР-2004-С); умов надійності конструкцій за призначенням від рівня відповідальності ДБН В.1.2-14-2009 [3]. При цьому розрахунок проводився на власну вагу, навантаження від технологічного обладнання, сейсмічні впливи та комбінації цих навантажень. Навантаження на розрахункову схему залізобетонних колон задавались у вигляді окремих завантажень та включали:

Завантаження 1 – описує постійне навантаження від власної ваги залізобетонних колон, яке моделюється у вигляді місцевих розподілених сил, які діють по напрямку осі Z загальної системи координат. Власна вага скінченних елементів розрахункової схеми вираховується автоматично. Коефіцієнт надійності за навантаженням прийнятий рівним 1,1 у відповідності до вимог (табл.5.1 ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи») [1].

Завантаження 2, 3 – описують сейсмічні навантаження. У відповідності з ДБН В.1.1-12:2006 [2] та картою ОСР-2004-С, територія розташування заводу скловиробів (що відноситься до

об'єкту з коефіцієнтом надійності 1,2 згідно ДБН В.1.2-14-2009) [3] з 1% ймовірністю перевищення сейсмічної інтенсивності в балах шкали MSK-64 на протязі 50 років (період повторюваності землетрусів один раз в 5000 років) відноситься до зони інтенсивності землетрусів на середніх ґрунтах, рівною 6 балам. На основі вимог ДБН В.1.1-12:2006 [2], за сейсмічними властивостями ґрунти розташовані в межах ділянки будівництва відносяться до III категорії.

Завантаження 4 – описує довготривале навантаження від технологічного обладнання скловарної печі та вироботочних каналів, яке моделюється у вигляді місцевих розподілених сил, які діють по напрямку осі Z загальної системи координат. Навантаження від технологічного обладнання скловарної печі та вироботочних каналів було отримане від замовника, даний вид навантаження моделюється у вигляді місцевих зосереджених сил у верхніх вузлах колон, яке діє по напрямку осі Z загальної системи координат. На рис.4 наведено довготривале навантаження від технологічного обладнання на залізобетонні колони скловарної печі.

За результатами статичного розрахунку залізобетонних колон скловарної пічці в програмному комплексі ЛІРА 9.6, були визначені максимальні зусилля та їх комбінації. Далі виконувалась перевірка перерізів елементів залізобетонних колон за фактичним армуванням в системі ЛІР-АРМ (локальний). Система ЛІР-АРМ (локальна) призначена для визначення та перевірки армування в стержневих елементах та пластин.

Вихідні дані для перевірконого розрахунку експортувалися з системи ЛІР-АРМ з їх подальшим корегуванням та уточненням. На рис. 2 наведена схема армування залізобетонних колон та характеристика арматури.

Висновки:

1. Виконано аналіз напружено-деформованого стану конструктивних елементів під дією різноманітних навантажень.
2. Для виконання розрахунків за першою та другою групою граничних станів була розроблена модель МСЕ (методу скінченних елементів) колон під скловарну піч та вироботочні канали.

3. Основні відповідальні (несучі) конструктивні елементи каркасу будівлі від температурного впливу не втратили міцності, жорсткості, стійкості, працюють в межах гранично допустимих норм, за першою та другою групою граничних станів. Вони придатні до подальшої нормальної експлуатації.

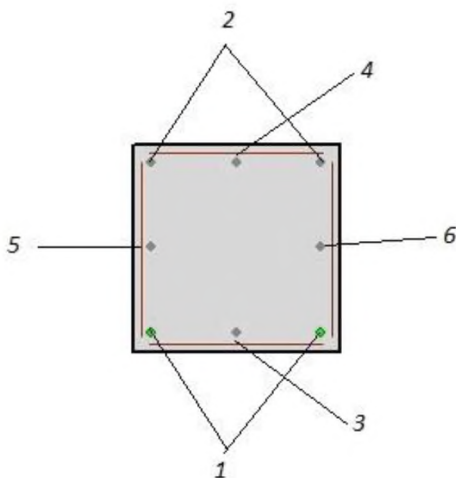


Рис. 2. Схема армування колон.

Повздожжня арматура: 1. Кутова нижня - 2Ø22,

2. Кутова верхня - 2Ø22, 3. Нижня 1 ряд - 1Ø22, 4. Верхня 1 ряд - 1Ø22, 5. Ліва бокова 1 ряд - 1Ø22, 6. Права бокова 1 ряд - 1Ø22; поперечна арматура Ø8 крок 300 мм

Список використаної літератури:

1. ДБН В В.1.2-2:2006 / Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Чинний від 01.01.2007]. / Мінбуд України. – К.: 2006. – 78 с.

2. ДБН В.1.1-12:2006 / Будівництво у сейсмічних районах України — [Чинний від 02.01.07]. – К.: Міністерство будівництва України, 2006. – 84 с. (Національний стандарт України).

3. ДБН В.1.2-14-2009 / Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних

конструкцій та основ / – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 45 с.

Аннотація

Приведены описание конечно-элементной модели с коротким описанием примененных конечных элементов на ПК LIRA 9.6, их физико-механических характеристик, а также приведено описание постоянных и временных нагрузок. Рассчитано перемещения узлов конечно-элементной модели и напряжения в несущих элементах железобетонных колонн от различных возможных комбинаций нагрузок. Учтены условия эксплуатации здания при расчете прочности и жесткости конструкций на огнестойкость. Выполнен анализ напряженно-деформированного состояния конструктивных элементов цеха стеклотары после аварии под действием различных нагрузок и термического воздействия раскаленной стекломассы в результате аварийной утечки.

Ключевые слова: конструктивные элементы конструкций, напряженно-деформированное состояние, конечные элементы, температура, аварийный виток, нагрузки.

Abstract

A description of the finite element model with a brief description of the finite elements applied on the PC LIRA 9.6, their physical and mechanical characteristics, as well as a description of the permanent and temporary loads is given. The displacement of finite-element cell nodes and stresses in the supporting elements of reinforced concrete columns from various possible combinations of loads is calculated. The terms of operation of the building are taken into account when calculating the strength and rigidity of structures for fire resistance. The analysis of the stress-strain state of structural elements of the glass shop after the accident is performed under the influence of various loads and the thermal impact of the heated glass as a result of an accidental leakage, establish the actual class of concrete and the characteristics of the cross-section of the columns as a result of the instrumental and visual inspection of the reinforced concrete columns, calculate their own weight, load on the technological equipment, seismic influences and combinations of these loads, and determine all parameters of the stress-strain state for each finite element for each load and combination of loads.

Key words: structural elements of structures, stress-deformed state, finite elements, temperature, emergency turning, loading.

Стаття надійшла до редакції у березні 2018р.