

МОДЕЛЮВАННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ВИСОТНОЇ ДИМОВОЇ ТРУБИ

Вінницький національний технічний університет;

Анотація

Розглянуто основи моделювання димової труби, що внаслідок комплексної реконструкції перетворюється у зовнішній залізобетонний каркас. Засобами програмного комплексу «СКАД» розроблена скінченно-елементна модель висотної димової труби, виконано розрахунок на стійкість конструкції.

Ключові слова: промислові димові труби, димова труба з монолітного залізобетону, скінченно-елементна модель, стійкість конструкції.

Abstract

The basis of the simulation of the chimneys is considered, which, as a result of the complex reconstruction, is transformed into an external reinforced concrete frame. By means of the software complex «SCAD» a finite-element model of high-altitude chimney has been developed, the calculation for the stability of the design.

Keywords: industrial chimneys, monolithic concrete chimney, super-elements model, design stability.

Вступ

Проектування промислових димових труб, особливо висотних, – складна інженерна задача, яка складається з двох етапів. Етап 1 – розрахунок напружено-деформованого стану моделі труби під дією комплексу кліматичних, технологічних та сейсмічних навантажень. Етап 2 – конструювання.

На стадії моделювання споруди важливо адекватно виконати збір навантажень на конструкцію.

На надземному частину несучого остову монолітної димової труби можуть впливати наступні навантаження:

- Постійні (власна вага несучих частин споруди, сервісних майданчиків та драбин);
- Довготривалі (надлишковий тиск і розрідження в стволі труби; температурні технологічні та кліматичні впливи; вага відкладень пилу та конденсату, якщо їх накопичення не виключено відповідними заходами; снігові навантаження);
- Короткотривалі (вітрові навантаження; навантаження від ожеледі);
- Особливі (сейсмічні навантаження) [1].

Далі більш детально розглянемо кліматичні навантаження, на прикладі димової труби у м. Южному, на території котельного цеху АТ «Одеський припортовий завод».

Основна частина

Об'єкт дослідження – тонкостінна залізобетонна оболонка (каркас) у вигляді зрізаного конуса висотою 150 м, з діаметрами основи – 14,6 м і оголовку – 6,8 м.

Розрахунок тривимірної комп'ютерної моделі виконувався за допомогою проектно-обчислювального комплексу SCAD, в якому реалізується скінченно-елементне моделювання розрахункових схем будівель і споруд. Даний програмний комплекс призначений для чисельного дослідження на ЕОМ напружено-деформованого стану та стійкості конструкцій.

Розрахункова схема споруди була прийнята у вигляді просторової системи, що складається з пластинчастих (оболончастих) та стрижневих елементів. Елементи оболонки використовували для моделювання залізобетонних конструкцій споруди. Стрижневі елементи – для моделювання внутрішнього металевих каркасу.

Під час розрахунків постійні навантаження від власної ваги несучих конструкцій були визначені у автоматичному режимі при розрахунку у середовищі програмного комплексу «СКАД». Розрахункові граничні значення навантажень визначали з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженнями у відповідності до вимог ДБН В.1.2-2:2006.

З усього комплексу кліматичних навантажень, визначальними для міцності і жорсткості ствола димової труби є вітрові навантаження, схема прикладання яких до довільного перерізу ствола показана на рис. 1.

Максимальні переміщення верхніх вузлів моделі були отримані при розрахунку на основне сполучення експлуатаційних навантажень, що містить вітрове навантаження включаючи пульсаційну складову. Результати розрахунку ствола споруди за другою групою граничних станів показані на рис. 2. Розрахунок виконаний з урахуванням нелінійної поведінки залізобетону під дією навантажень. Так максимальне розрахункове переміщення на відмітці +150 м дорівнює – 234,7 мм (1/639 висоти), що менше граничного допустимого значення 1/500 [2]. Тобто, за нормальних умов експлуатації горизонтальні переміщення димової труби не перевищуватимуть допустимих значень.

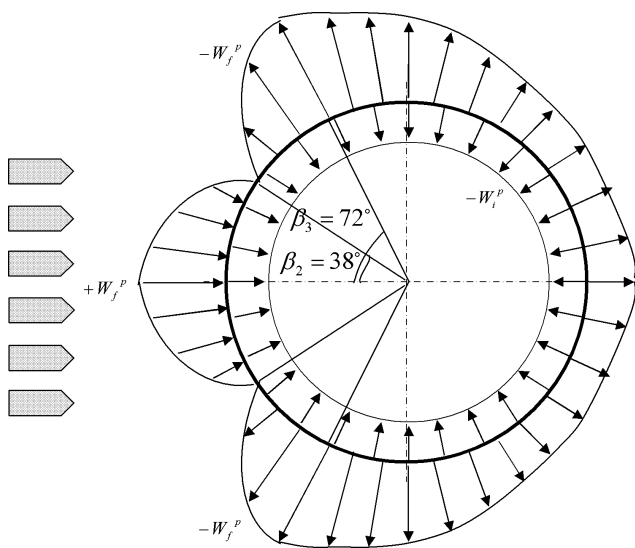


Рис. 1. Розподіл вітрового тиску у довільному перерізі конічної оболонки димової труби на зовнішній та внутрішній поверхнях. Від’ємний тиск всередині оболонки $-W_i^p$ – тяга димової труби, виникає тільки у випадку, якщо верхній переріз труби – відкритий. При реконструкції для створення нової витяжної системи зі склопластиковим осердям верхній переріз труби – глушиться.

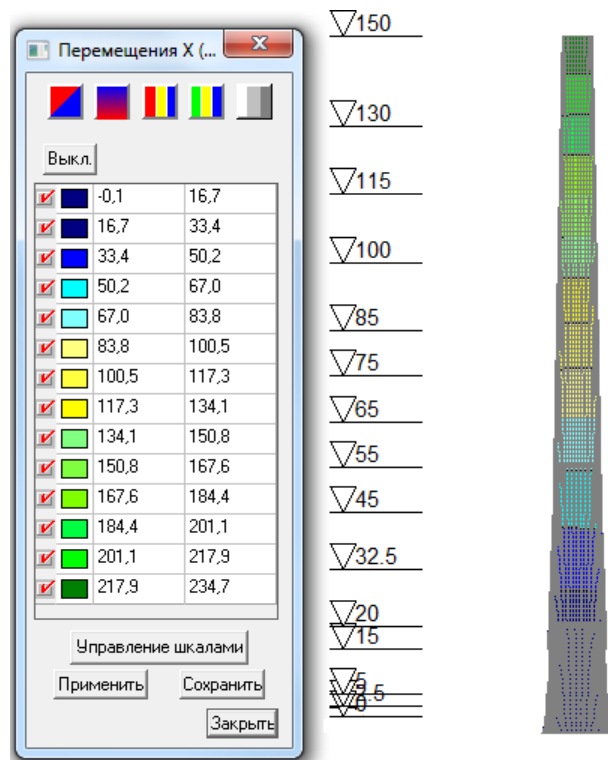


Рис. 2. Ізополя горизонтальних переміщень ствола димової труби від сполучення експлуатаційних навантажень (постійні+вітрове).

Висновки

В результаті проведених досліджень моделей напружено-деформованого стану надземної частини димової труби, було розроблено модель напружено-деформованого стану залізобетонної димової труби висотою 150 м під дією кліматичних впливів. Виявлено, що для конструкцій такого типу найбільш невідгідним сполученням навантажень є стан, який виникає внаслідок вітрових впливів.

Засобами програмного комплексу «СКАД» розроблено скінченно-елементну модель висотної димової труби, виконано розрахунок на загальну стійкість консольно защемленої у основі конструкції, який показав, що максимальне розрахункове переміщення оголовку труби менше граничного допустимого значення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дымовые трубы: традиции и инновации: монография / В. М. Асташкин, В. С. Жолудов, А.З. Корсунский и др.; под ред. д-ра техн. наук, проф. В. М. Асташкина и канд. техн. наук А. З. Корсунского. – Челябинск: Издательский центр ЮурГУ, 2011. – 496 с.

2. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. ДСТУ Б В.1.2-3:2006. Введ. з 1 січня 2007 р. на заміну розділу 10 СНиП 2.01.07-85. К.: Мінбуд України, 2006. – 10 с
3. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. ДБН В.1.2-14-2009. [На заміну ГОСТ 27751, СТ СЭВ 3972-83, СТ СЭВ 3973-83, СТ СЭВ 4868-84]. [Чинний від 2009-12-01] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.
4. Навантаження і впливи. Норми проектування. ДБН В.1.2-:2006. [На заміну СНиП 2.01.07-85 (крім розділу 10)]. [Чинний від 2007-01-01] – К. : Мінбуд України, 2006. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).
5. Карпиловский В.С. Вычислительный комплекс SCAD: В.С. Карпиловский, Э.З. Криксунов, А.А. Маляренко, А.В. Перельмутер та ін. – М.: Издательство АСВ; 2004 г. - 592 с.
6. Попов В.О. Моделювання напружено-деформованого стану елементів підсилення димової труби висотою 150 м для раціонального проектування. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. / В. О. Попов, Білоус О. О., Власко А. А Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2015- 1. С. 6 – 12.

Попов Володимир Олексійович — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: v.a.popov.vntu@gmail.com

Дорохова Наталія Дмитрівна — студентка 5 курсу, Факультет будівництва, теплоенергетики та газопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: dorohovand96@gmail.com.

Popov Vladimir O. — Ph.D. docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: v.a.popov.vntu@gmail.com

Dorohova Nataliya D. — student, Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: dorohovand96@gmail.com