

*студентка Казачонок Ю.А.**студент Охріменко Б.С.**науковий керівник: к.т.н., доцент Михайловський Д.В.**кафедра Металевих і дерев'яних конструкцій**Київський національний університет будівництва і архітектури*

НАПРУЖЕНО – ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН КОНСТРУКЦІЇ З КЛЕСНОЇ ДЕРЕВИНИ В ФОРМІ ДІАГРІДА ПРИ РЕАЛЬНОМУ ВІТРОВОМУ ВПЛИВІ

Об'єктом статті є конструкція з клеєної деревини в формі діагонально-сітчастих несучих конструкцій. Метою даної роботи є дослідження напружено-деформованого стану конструкції з клеєної деревини в формі діагонально-сітчастих несучих конструкцій з врахуванням реального вітрового впливу. В рамках поставленої мети вирішуються такі задачі: аналіз несучих конструкцій будівлі з врахуванням реального впливу з використанням ПК LIRA-SAPR, з позиції НДС та загальної жорсткості будівлі. Для цього були розглянуті основні чинники, які мають сильний вплив на аеродинаміку будівлі, які необхідно враховувати при проектуванні. Було виявлено, що для визначення реального розподілу вітрових потоків слід враховувати існуючу або проектну забудову.

Ключові слова: напружено-деформований стан, аеродинаміка, аеродинамічні коефіцієнти, дерев'яні конструкції, висотні будинки, клеєна деревина, чисельне моделювання, навантаження.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття

Зі збільшенням висоти будинків вплив на просторову жорсткість горизонтальних навантажень зростає. З огляду на підвищену відповідальність висотних будівель, високий рівень вертикальних і горизонтальних (вітрових) навантажень, до висотних будівель повинні пред'являтися підвищені вимоги до розрахунку, які полягають в використанні найбільш точних і науково обґрунтованих методів розрахунку і підвищених критеріїв [1-2,5-6]. Просторовий розрахунок конструктивної системи проводиться методом скінченних елементів (МСЕ) за сертифікованим в Україні програмним комплексом LIRA-SAPR 2018.

У даній дослідницькій роботі розглянуто два проекта розташованих у місті Київ. Перший проект – це 36-ти поверхова вежа з загальною висотою 117 метрів. Другий проект комплекс із шести 36-ти поверхова вежа з загальною висотою 117 метрів. За формою, секція вежі – це однопорожнинний гіперболоїд обертання.

Будівля має в основі коло діаметром 40 м, потім будівля плавно звужується, досягаючи мінімального діаметра в 30 метрів. Далі будівля знову розширюється досягаючи діаметра 40 м. В якості основних несучих конструкцій будівлі прийнята клеєна деревина класу міцності GL 36h, виготовлена шляхом склеюванням водостійким клеєм декількох шарів дошок з практично паралельним розташуванням волокон, розмірами перерізу 700 × 300 мм. Для основних елементів, стін та плит перекриття прийняті панелі з перехресно-клеєної деревини (CLT - Cross Laminated Timber).

Було визначено вітрове навантаження на будівлі за формулою [3]:

$$W_m = \gamma_{fm} \square W_0 \square C \tag{1}$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням вітрового навантаження;

W_0 – характеристичне значення вітрового тиску;

C – коефіцієнт, визначений за формулою:

$$C = C_{aer} \square C_h \square C_{alt} \square C_{aer} \square C_{rel} \square C_{dir} \square C_d \tag{2}$$

де C_{aer} - аеродинамічний коефіцієнт; C_h – коефіцієнт висоти споруди; C_{alt} - коефіцієнт географічної висоти; C_{rel} - коефіцієнт рельєфу; C_{dir} - коефіцієнт напрямку; C_d - коефіцієнт динамічності.

Оскільки форма будівлі відрізняється від класичних схем наведених в ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» [3], прийняти аеродинамічні коефіцієнти за нормативною документацією неможливо.

Визначення аеродинамічних коефіцієнтів було проведено за допомогою чисельного моделювання в програмному комплексі ANSYS Workbench на базі програмного модуля ANSYS Fluent. Це пов'язано перш за все з бурхливим зростанням можливостей обчислювальної техніки, що дозволяє реалізовувати на практиці ANSYS математичні моделі, які адекватно відображають складні фізичні процеси обтікання різних елементів будівельних конструкцій [4].

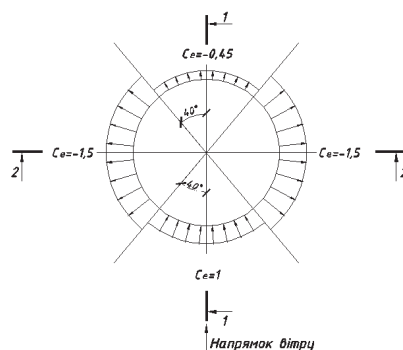


Рис. 1. Одержані значення аеродинамічних коефіцієнтів за результатами чисельного моделювання для однієї вежі

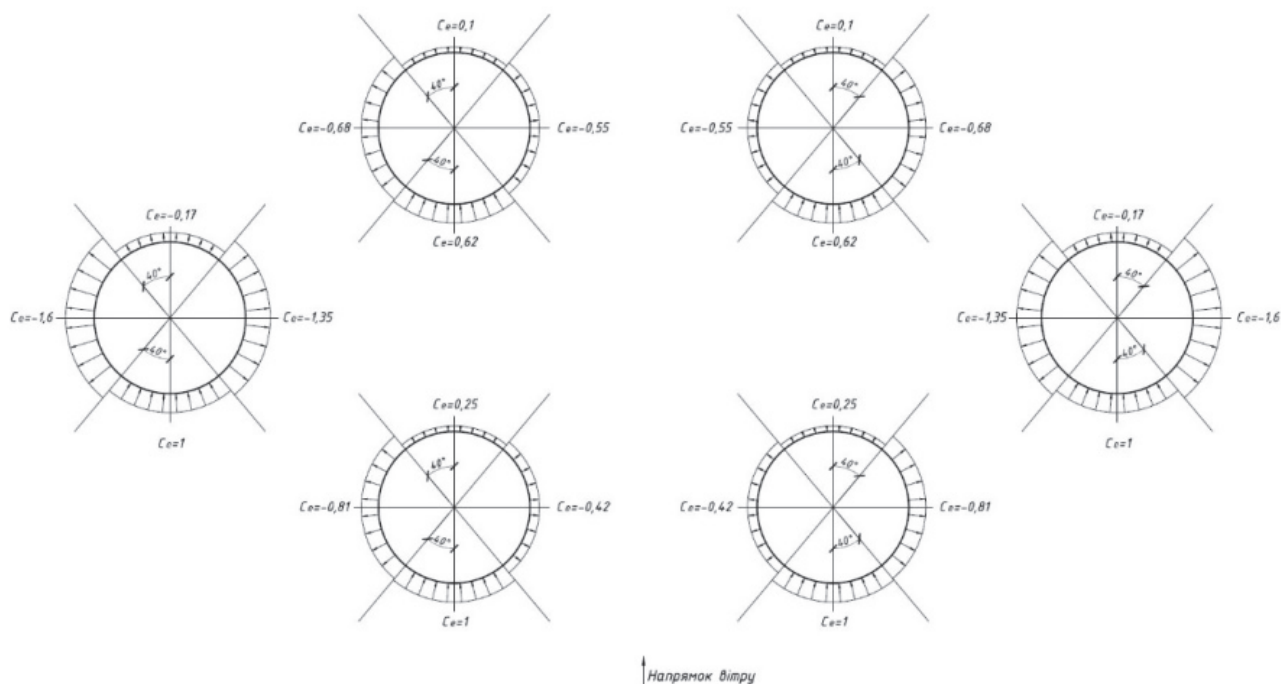


Рис. 2. Одержані значення аеродинамічних коефіцієнтів за результатами чисельного моделювання для комплексу із шести веж.

Розрахунок і аналіз напружено-деформованого стану при вітровому впливі

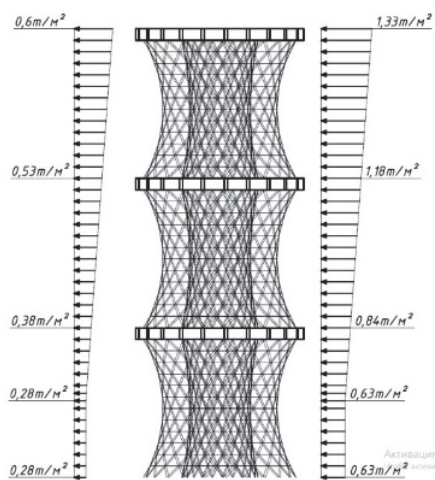


Рис. 3. Розріз 1-1

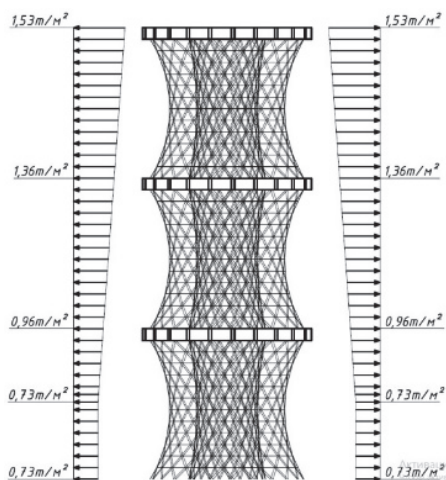


Рис. 4. Розріз 2-2

Аеродинамічні коефіцієнти було застосовано при визначенні реальних навантажень, які було прикладено до розрахункових схем будівлі (рис.3;4). Розрахунок зроблений в програмному комплексі LIRA-SAPR 2018.

Результати розрахунку в частині загальної жорсткості будівлі (переміщення) та значення в максимально напружених діагональних елементах з клеєної деревини представлені в табл.1.

Табл. 1.Результати досліджень

Характеристика розрахунку	Модель з однією вежею	Модель з шести веж
Загальні переміщення каркасу		
Z,мм	440	460
Y,мм	480	242
X,мм	123	32.7
Найбільш напруженні зусилля в елементі каркаса №586		
N,кН	-3050	-2997,55
M _y , кНм	87,298	74,827
M _z ,кНм	21,879	22,591
Q _z , кН	-49,519	-43,267
Q _y , кН	7,584	8,117

Враховуючи високу деформативність будівлі, було змодельовано ту саму розрахункову схему з заміною ядра жорсткості на монолітне залізобетонне.

Порівняння цих варіантів наведено в табл.2.

Табл. 2.Результати досліджень

Аналіз результатів розрахунків двох варіантів моделей з залізобетонним ядром та з дерев'яним каркасом показав такі відмінності.:

- при влаштуванні залізобетонного ядра переміщення по осі у складає всього 103мм, що на 79% менше ніж в моделі без ядра. Якщо аналізувати значення повздовжньої сили, то виявляється, що вона на 64% менше. Зважаючи

Характеристика розрахунку	Модель з з/б ядром	Модель дерев'яного каркаса
Переміщення каркаса		
Z,мм	215	440
Y,мм	103	480
X,мм	12,4	123
Найбільш напруженні зусилля в елементі каркаса №586		
N,кН	-1108,44	-3050
M _x ,кНм	3,113	6,905
M _y , кНм	8,988	87,298
Q _z , кН	-7,153	-49,519
Q _y , кН	4,808	7,584

на значну деформативність та великі зусилля у моделі без ядра, рекомендується для таких конструктивних форм влаштувати залізобетонні ядра.

Проведені дослідження дозволяють зробити наступні висновки.

1. Влаштування залізобетонного ядра жорсткості значно розвантажує дерев'яний каркас з клеєної деревини, а також значно підвищує жорсткість будівлі в цілому.
2. Розроблена методика розрахунку нормативних параметрів вітрових впливів і визначення аеродинамічних коефіцієнтів будівлі, має обов'язково застосовуватись при розрахунку аналізу будівель складної геометричної форми як в плані так і по висоті, та в умовах існуючої чи проектної забудови.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бекмаматова Л.Н., Алексеенко В.Н., Жиленко О.Б. Особенности оценки ветрового воздействия на высотные здания // Молодежный научный форум: технические и математические науки. 2016. №1(30). С.4.
2. Горохов Е.В., Пичугин С.Ф., Махинько А.В., Назим Я.В. Экспериментальное определение результирующих аэродинамических характеристик моделей зданий и сооружений // Металлические конструкции. 2011. Т.17. №2. С.85-95.
3. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи».
4. Кубенин А.С., Федосова А.Н. Прогнозирование ветровой нагрузки на уникальное высотное здание на основе численного моделирования // Научное обозрение. 2015. №8. С.130-135.
5. Маклакова, Т. Г. Высотные здания М.: Издательство «Ассоциации строительных вузов». 2010. С. 20-21.
6. Реттер Э. И. Строительная аэродинамика М.: Издательство «Стройиздат». 1984.С. 295.

Аннотация: Объектом статьи является конструкция из клееной древесины в форме диагонально-сетчатых несущих конструкций. Целью данной работы является исследование напряженно-деформированного состояния конструкции из клееной древесины в форме диагонально-сетчатых несущих конструкций с учетом реального ветрового воздействия. В рамках поставленной цели решаются следующие задачи: анализ несущих конструкции здания с учетом реального воздействия с использованием ПК LIRA-SAPR, с позиции НДС и общей

жесткости здания. Для этого были рассмотрены основные факторы, которые оказывают сильное влияние на аэродинамику здания, которые необходимо учитывать при проектировании. Было обнаружено, что для определения реального распределения ветровых потоков следует учитывать существующую или проектную застройку.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, аэродинамика, аэродинамические коэффициенты, деревянные конструкции, высотные дома, клееная древесина, численное моделирование, нагрузки.

Annotation: The object of the article is the construction of glued wood in the form of diagonal mesh supporting structures. The purpose of this work is to study the stress-strain state of the construction of laminated wood in the form of diagonal mesh supporting structures, taking into account the real wind exposure. In the framework of the goal, the following tasks are solved: analysis of the bearing structure of the building with regard to the real impact using the LIRA-SAPR software package, from the perspective of VAT and the overall rigidity of the building. To do this, we considered the main factors that have a strong influence on the aerodynamics of the building, which must be considered when designing. It was found that, in order to determine the actual distribution of wind flows, existing or project development should be taken into account.

Keywords: *stress-strain, aerodynamics, aerodynamic coefficients, wooden structures, high-rise buildings, glass trees, numerical simulation, loads.*