

оружений и конструкций методом "стена в грунте", НИИСП, 1973.

4. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення". Мінрегіонбуд України, Київ, 2012.

АННОТАЦІЯ

В статье рассмотрены особенности конструкции, технология и механизмы, которые применялись при устройстве шпунтового ограждения строительного котлована "холодной зоны" при реконструкции НСК "Олимпийский".

Рассмотрены недостатки конструкции и технологии устройства ограждения котлована и предложены способы их решения в рамках научного сопровождения.

Показана необходимость дополнительного расчета дощатой забирки с учетом давления на нее переувлажненного грунта.

Предложен расчет максимально допустимой высоты проема между стойками подпорной стенки, в пределах которой следует начинать укладку досок забирки.

Ключевые слова: НСК "Олимпийский", "холодная зона", котлован, временное ограждение, стоек, дощатая забирка, расчет.

ANOTATION

In the article considered structural features, technology and mechanisms that have been used during arrangement of sheet piling construction of "cold zone" ditch during reconstruction NSK "Olympic".

Considered the design and technology disadvantages of arrangement ditch inclosure and proposed solutions within scientific support.

The necessity of additional calculation boarded insertion with the pressure on her water-logged soil shown.

Proposed a calculation of maximum allowable height of the aperture between the posts of retaining wall within which should to start laying boarded insertion.

Keywords: NSK "Olympic", "cold zone", ditch, temporary inclosure, post, boarded insertion, calculation.

УДК 624. 046. 2

П.М. Кір'язєв, к.т.н., доцент, ДонДТУ;

М.С. Барабаш, к.т.н., доцент;

М.А. Ромашкіна, НАУ, Київ

СПОСІБ ЧИСЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ВИСОТНОЇ СПОРУДИ В НЕЛІНІЙНІЙ ПОСТАНОВЦІ

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається модель вежі вітроенергетичної установки (ВЕУ), створеної за допомоги ПК "ЛІРА-САПР", яка має фізично і геометрично нелінійні елементи і яка розрахована з урахуванням схеми зведення та порядку навантаження. Мета теоретичних досліджень полягає у встановленні впливу процесу зведення та порядку навантаження на напружено-деформований стан елементів конструкції ВЕУ.

Ключові слова: моделювання, процес зведення, вітроенергетична установка

Актуальність теми. Сучасні програмні комплекси, що використовуються у будівництві, дозволяють розрахувати та запроектувати споруди будь-якої складності [1]. Процес проектування значно відрізняється від традиційного, тому що при проектуванні складних, нетипових будівель та споруд необхідно враховувати сумісну роботу усіх конструктивних елементів між собою та сумісну роботу наземної частини будівлі з ґрунтовою основою. При лінійному традиційному розрахунку неможливо врахувати реальну роботу конструктивних елементів. Єдина вимога тут — співвідношення жорсткостей у запроектованій конструкції має бути таким, як у вихідних даних при визначенні зусиль. При проведенні розрахунку з врахуванням нелінійних властивостей елементів можливо змоделювати реальну роботу усієї будівлі або споруди, в тому числі провести аналіз надійності.

Нижче наведені деякі результати дослідження напружено-деформованого (НДС) стану системи, яка має і фізично, і геометрично нелінійні елементи.

Об'єкт дослідження. У представленій роботі розглядається модель вежі вітроенергетичної установки (ВЕУ), створеної за допомоги ПК "ЛІРА-САПР" [2], для якої визначалося критичне навантаження при розрахунку в нелінійній постановці

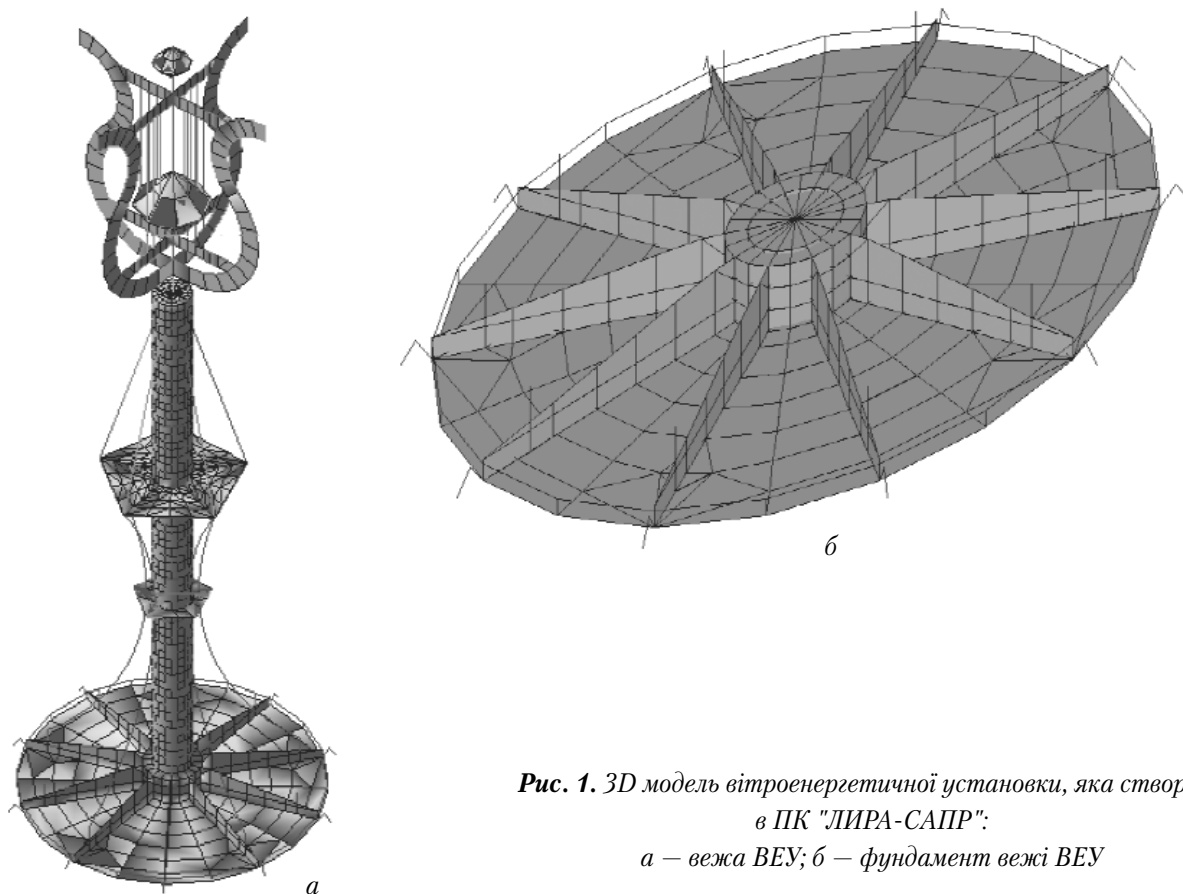


Рис. 1. 3D модель вітроенергетичної установки, яка створена в ПК "ЛИРА-САПР":
а – вежа ВЕУ; б – фундамент вежі ВЕУ

окремих елементів системи (в даному випадку – фундаментної плити) і усієї системи разом.

Вежа ВЕУ – в плані кругла споруда діаметром 4м. Висота вежі до опорної площадки вітрового генератора – 61м.

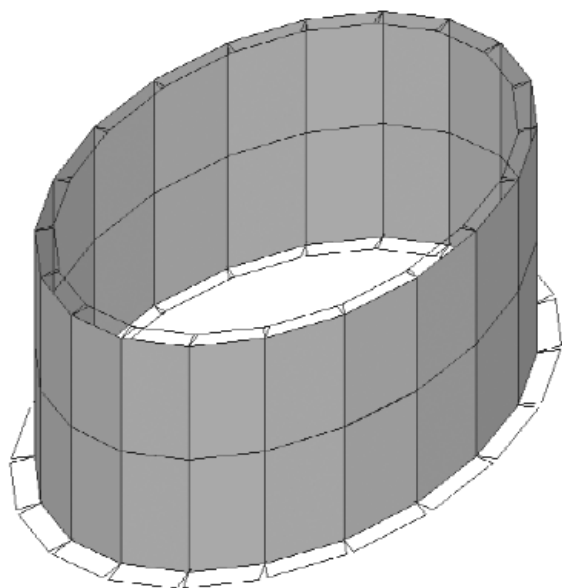


Рис. 2. Закладний металевий циліндр

Для збільшення жорсткості вежа посилена попередньо напруженими вантами, які з'єднують вершину вежі з опорною площадкою. Загальний вид вежі ВЕУ показаний на рис. 1,а.

Фундамент вежі (рис. 1,б) – залізобетонна ребриста плита радіусом 18м. Ребра фундаменту – балки змінного перерізу. Плита посилена кільцевим ребром жорсткості постійного перерізу.

У центрі плити – закладна металева оболонка для кріплення каркаса вежі діаметром 4м. Оболонка посилена кільцевими ребрами (рис. 2).

Для створення комп'ютерної моделі вежі ВЕУ використовувалися різні типи скінченних елементів [1], в тому числі нелінійні скінченні елементи для моделювання фундаментної плити.

Характеристики ґрунту приєднаної до моделі вежі ВЕУ, властивості ґрунтів основи [3] наведені в таблиці 1.

Спосіб розрахунку. Виконано процедури уніфікації стержневих і пластинчастих елементів та підбір арматури фундаментної залізобетонної ребристої плити вежі ВЕУ. Здійснений імпорт даних підбору арматури за лінійним розрахунком для подальшого розрахунку конструкції фундаменту в

Таблиця 1. Характеристики ґрунту приєднаної до моделі вежі ВЕУ

Номер ПГЕ	Найменування ґрунту	Модуль деформації, тс/м ²	Коефіцієнт Пуассона	Питома вага ґрунту, тс/м ³	Природна вологість	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Зчеплення, тс/м ³	Кут внутрішнього тертя
1	Наситний ґрунт	1500	0,3	1,9	0,2	0,2	0,67	1,5	25
2	Пісок тилуватий	1800	0,3	1,75	0,25		0,54	0,1	31
3	Супісок	2000	0,3	1,82	0,26	0,26	0,72	0,8	22
4	Суглинок	2100	0,3	1,7	0,17	0,26	0,68	2,5	20
5	Скельний ґрунт (базальт)	100000	0,2	2,8	0,08		0,098	0	0

нелінійній постановці. Фундаментна залізобетонна ребриста плити вежі ВЕУ була розрахована у фізично лінійній постановці та було виконано підбір арматури. Після цього було виконано варіантне проектування з урахуванням фізичної нелінійності елементів конструкції, після цього проект конструкції був скоригований так, чином, щоб не руйнувались її елементи. Потім були виконані три розрахунки: 1) розрахунок без монтажу; 2) розрахунок з урахуванням монтажу, коли вітрове навантаження прикладається після монтування усіх елементів схеми; 3) розрахунок з урахуванням монтажу, коли вітрове навантаження прикладається одночасно з кожною окремою стадією монтажу.

У другому та третьому розрахунках був використаний процесор "МОНТАЖ", що дало змогу дослідити НДС усієї споруди з урахуванням схеми зведення та порядку навантаження [4].

Було враховано наступні стадії монтажу вежі вітроенергетичної установки:

стадія 1 – монтаж основи вежі ВЕУ (рис. 4 а);

стадія 2 – монтаж фундаментної плити та вежі ВЕУ (рис. 4 а, б);

стадія 3 – монтаж попередньо напружених вант вежі ВЕУ (рис. 5 а);

стадія 4 – монтаж вітрогенератора вежі ВЕУ (рис. 5 б);

Етапи розрахунку:

етап 1 – розрахунок напружено-деформованого стану тришарового ґрунтового масиву:

– стадія монтажу 1 – усі елементи ґрунту;

– завантаження 1 – власна вага ґрунту.

етап 2 – розрахунок напружено-деформованого

стану ґрунтового масиву, фундаментної плити та вежі ВЕУ без урахування історії завантаження 1 для виключення деформацій від власної ваги ґрунту:

– стадія монтажу 2 – усі елементи фундаментної плити та вежі ВЕУ;

– завантаження 2 – власна вага фундаментної плити та вежі ВЕУ (у третьому розрахунку на цьому етапі додаткове завантаження – вітрове навантаження на вежу ВЕУ);

етап 3 – розрахунок напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, фундаментної плити, вежі ВЕУ при попередньому напруженні вант вежі:

– стадія монтажу 3 – усі елементи ванти;

– завантаження 4 – власна вага вант, їх натягнення (у третьому розрахунку – вітрове навантаження на ванти);

етап 4 – розрахунок напружено-деформованого стану ґрунтового масиву, фундаментної плити, несучих колон і поздовжніх колон фахверкового типу, попередньо напружених вант вежі та вітрогенератора вежі ВЕУ:

– стадія монтажу 4 – усі елементи вітрогенератора вежі ВЕУ;

– завантаження 4 – власна вага вітрогенератора вежі ВЕУ та вітрове навантаження на вітрогенератор.

Встановлено, що для схеми без урахування монтажу переміщення та напруження в елементах ВЕУ менше ніж для схем з урахуванням зведення та порядку навантаження. Переміщення та напруження для розрахунку з урахуванням монтажу, коли вітрове навантаження прикладається одночасно з кожною окремою стадією монтажу, більші ніж

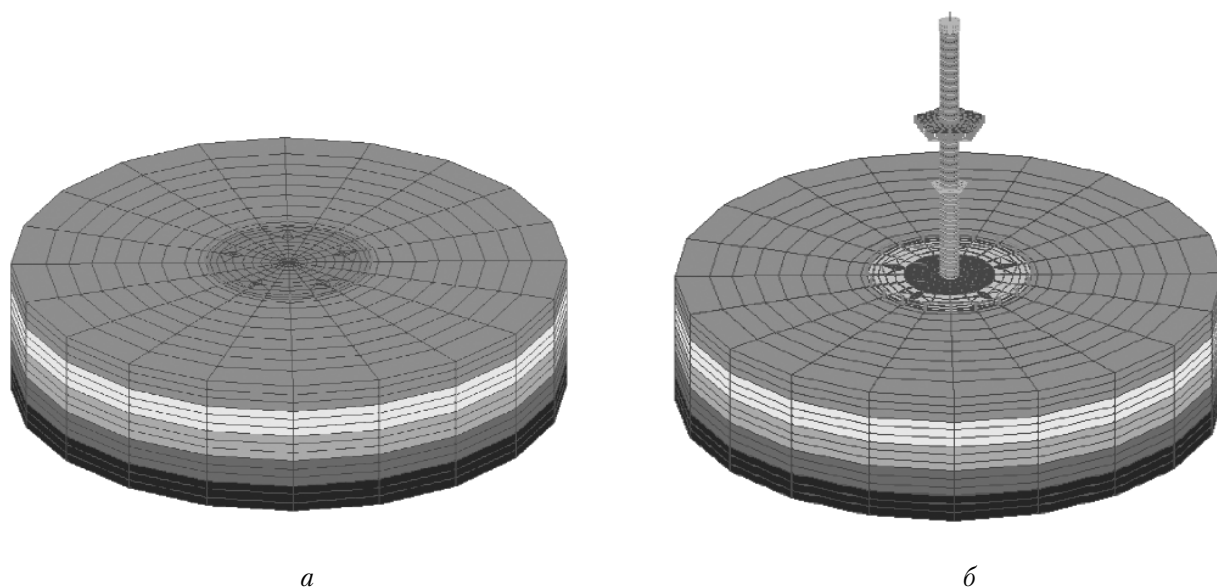


Рис. 4. Стадії монтажу:

а – стадія 1 – монтаж основи вежі ВЕУ; б – стадія 2 – монтаж фундаменту та вежі ВЕУ

для розрахунку з урахуванням монтажу за І варіантом (див. табл. 2). Це можна пояснити тим, що під час монтажу вітрогенератора вежа ВЕУ була зігнута через вплив вітру, за рахунок чого сталося збільшення стискальних напружень на увігнутій стороні вежі і зменшення напруження на опуклій стороні.

Висновок. При створенні проекту будь-якої висотної споруди або нетипової споруди, яка має складну конфігурацію, необхідно враховувати реальну роботу конструкцій та зміну НДС конструктивних елементів у процесі зведення, для чого доцільно виконувати розрахунок з врахуванням фізичної і геометричної нелінійності конструктивних елементів, розраховувати систему "наземна

частина – основа – ґрунт" в цілому з урахуванням зміни розрахункової схеми об'єкта в процесі зведення.

Вибір математичної моделі, максимально наближений до реальних умов роботи конструкції, дозволяє отримати адекватну картину стану (НДС) та уникнути помилок та аварійних ситуацій при подальшому конструюванні несучих елементів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С., Евзеров И.Д. Компьютерные модели конструкций. – М: Изд-во АСВ, 2009. – 360 с.
2. Барабаш М.С. Компьютерное моделирование

Таблиця 2. Переміщення та напруження в елементах ВЕУ для заключної стадії монтажу

Параметри напружено-деформованого стану	Розрахунок без монтажу	Розрахунок з урахуванням монтажу (І варіант)	Розрахунок з урахуванням монтажу (ІІ варіант)
Максимальне переміщення усієї споруди по Y, мм	293÷-133	298÷-135	309÷-140
Максимальне переміщення усієї споруди по X, мм	114÷-118	112÷-124	119÷-129
Максимальне переміщення усієї споруди по Z, мм	-81,4	-88,3	-86,9
Максимальне переміщення фундаментної плити Y, мм	1,17÷-0,818	1,19÷-0,828	1,21÷-0,834
Максимальне переміщення фундаментної плити по X, мм	8,66÷-0,945	8,62÷-0,947	8,63÷-0,948
Максимальне переміщення фундаментної плити по Z, мм	18,9	-18,8	-18,8
Максимальне напруження в елементах фундаментної плити по Nx, т/м ²	-112÷299	-112÷297	-113÷300
Максимальне напруження в елементах фундаментної плити по Ny, т/м ²	-77÷266	-76,4÷265	76,9÷267

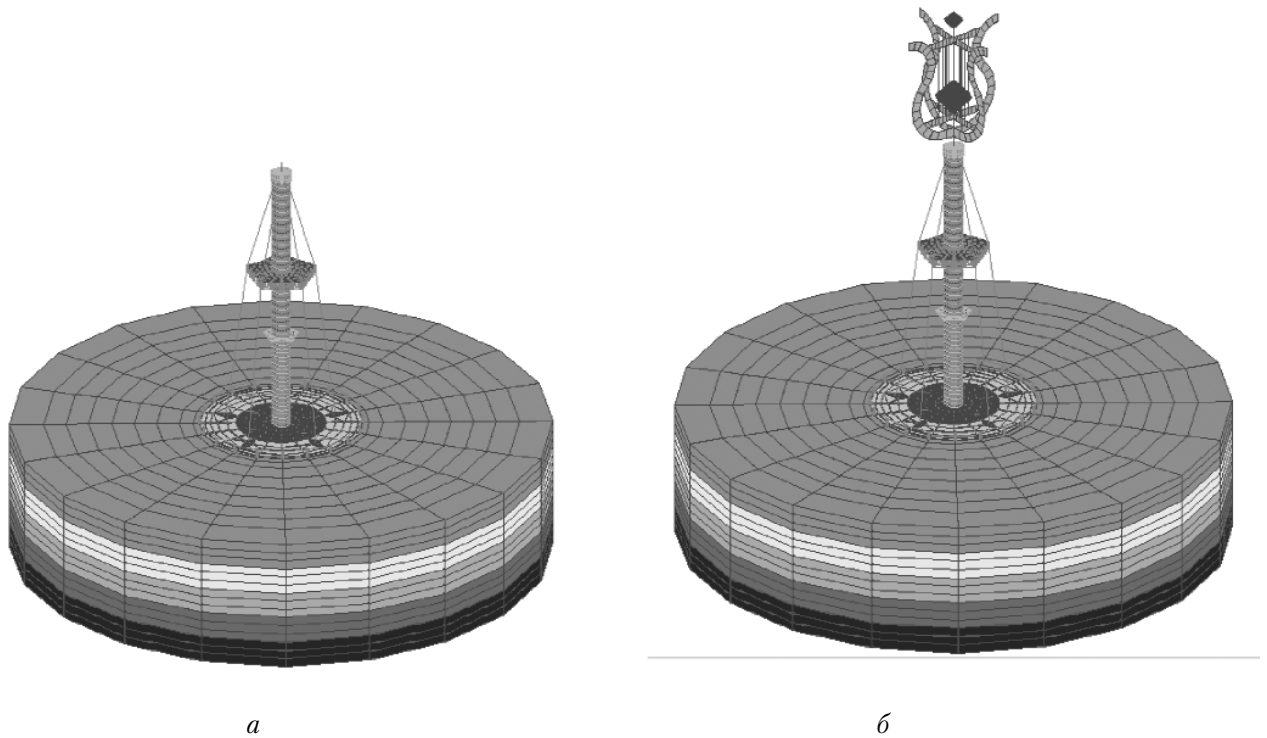


Рис. 5. Стадії монтажу: а – стадія 3 – монтаж вант; б – стадія 4 – вітрогенератора

уникальных строительных объектов средствами программных комплексов семейства ЛИРА. *Научно-производственный журнал: Будівництво України.* - 2012. – №4 – С. 25 – 32.

3. *Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01 – 83).* М.: Стройиздат, 1986. – 414 с.

4. Барабаш М.С. Влияние процесса возведения на пространственную работу несущих систем зданий. *Строительство, материаловедение, машиностроение //Сб. научн. Трудов.* – Дн-вск: ПГАСА, 2012. – Вып.65. – С.29 – 34.

5. Аверин Г.А. Влияние слоистости на оседание земной поверхности Г.А.Аверин, П.Н.Кирьязов, О.Г.Доценко// *Уголь Украины.* – 2010. – №10. – С. 34-35.

6. Аверин Г.А. Механические характеристики пород кровли./ Г.А.Аверин, П.Н.Кирьязов, О.Г.Доценко//*Уголь Украины.* – 2010. – №4. – С. 38-40.

7. Кирьязов П.Н.. Определение влияния горной выработки на напряженно-деформированное состояние существующего здания./ П.Н. Кирьязов, Е.Г.Федоренко//*Сборник научных работ студентов ДонГТУ.* – Алчевск, 2011.

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается модель башни ветроэнергетической установки (ВЭУ), созданной при помощи ПК "Ли́ра-САПР", которая имеет физически и геометрически нелинейные элементы и рассчитана с учетом схемы возведения и порядка нагружения. Цель теоретических исследований состоит из установления влияния процесса возведения и порядка нагружения на напряженно-деформированное состояние элементов конструкции ВЭУ.

Ключевые слова: моделирование, процесс возведения, ветроэнергетическая установка.

ANNOTATION

In given article is considered the model of tower of the wind turbine created by PC "LIRA-SAPR 2011". The model has physical and geometrical nonlinear elements and is calculated taking into account the erection's scheme and order of loading. The aim of theoretical research was concluded in determination of erection process and order of loading influence on bearing systems` stress-strain state of wind turbine.

Keywords: modeling, erection process, wind turbine.