



Doi: 10.33644/01001

УДК 624.014.2+620.172/.178.2



БЕЛОКОНЬ А.М.

Інженер 1-ї категорії, Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: abelokon1407@gmail.com, тел.: +38 044-249-38-73
ORCID:0000-0003-1840-2107



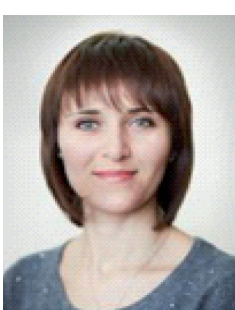
БЕНЬ І.В.

Інженер 1-ї категорії, Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: agamer1@meta.ua, тел.: +38 099-122-71-79
ORCID:0000-0003-3386-5433



ФЕСЕНКО О.А.

Канд. технічних наук., зав. сектору Державного підприємства «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: fesenko@ndibk.gov.ua, тел.: +38 249-38-19
ORCID:0000-0001-8154-2239



ЧОРНОВОЛ В.О.

Канд. технічних наук., доцент Київського Національного університету будівництва та архітектури, м. Київ, Україна, e-mail: missvik@ukr.net, тел.: +38
ORCID:0000-0002-1156-4229

ОЦІНКА НЕСУЧОЇ ЗДАТНОСТІ МЕТАЛЕВИХ ПАЛЬОВИХ СТІЙОК КАРКАСНО-МОДУЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ФОТОГАЛЬВАНІЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ НА СЛАБКИХ ГРУНТАХ

АНОТАЦІЯ

У статті було розглянуто конструктивні рішення каркасно-модульних систем фотогальванічних сонячних електростанцій (ФЕС), що являє собою каркасно-модульну конструкцію із металевих елементів похилих ригелів та пальових стійок. Фотогальванічні сонячні електростанції є одним із різновидів підприємств відновлювальної енергетики, що інтенсивно розвивається в Україні.

У статті представлено результати проведення натурних випробувань металевих пальових стійок каркасно-модульних конструкцій фотогальванічної електростанції при дії сумарних навантажень, які включають в себе власну вагу конструкцій, обледеніння, снігове та вітрове навантаження. Проведення випробувань відбувалося відповідно до Методики, яка

включала в себе вимоги, які поширюються на будівельні конструкції будівель і споруд, що зводяться, і встановлює граничні значення прогинів і переміщень несучих конструкцій. В методиці були розроблені схеми прикладення навантажень та встановлення вимірювальних приладів. Під час підготовки до проведення випробувань були проаналізовані інженерно-геологічні умови майданчика будівництва фотогальванічної сонячної електростанції. В результаті інженерно-геологічних вишукувань, що були проведені на майданчику, в межах ділянки досліджень було виділено п'ять інженерно-геологічних елементів, визначено склад ґрунту та його фізико-механічні характеристики. До початку випробування пальових стійок були виконані: огляд конструкцій



на предмет виявлення дефектів або пошкоджень, встановлення випробувального обладнання, встановлення вимірювальних приладів, перевірка роботоздатності всіх систем і приладів. Навантаження на стійку прикладалось ступенями із витримкою під навантаженням не менше десяти хвилин і фіксацією переміщень на кожній ступені. Під час випробування, здійснювалося прикладення навантаження на елементи стійок до настання втрати несучої здатності або досягнення елементами стійок граничних деформацій зазначених при проектуванні; виконувалася фіксація переміщень та деформацій пальових стійок, значення переміщень представлено на графіках.

За результатами випробувань було визначено несучу здатність пальових стійок на дію горизонтального навантаження, на вдавлювання та на висмикування вертикальним навантаженням. Експериментально було підтверджено можливість безпечного використання металевих конструкцій каркасно-модульних технологій у будівництві енергетичних об'єктів згідно з вимогами чинних нормативних документів.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: несуча здатність, інженерно-геологічні умови, пальова стійка, натурні випробування, методика випробувань

ASSESSMENT OF BEARING CAPACITY OF METAL END-BEARING PILE OF FRAME MODULAR STRUCTURES OF PHOTOVOLTAIC POWER STATION ON LOOSE SOIL

ABSTRACT

The article deals with the design solutions of frame modular systems of photovoltaic solar power station (FES), which is a frame modular structure made of metal elements of inclined crossbars and end-bearing piles. Photovoltaic solar power station is one from a number of renewable energy facilities in Ukraine.

The paper reveals the results of full-scale tests of metal end-bearing piles of frame modular structures in photovoltaic power station at total load, which include gravity, icing, snow and wind loads. Testing was carried out in accordance with the Methodology, which includes requirements that apply to the construction works being erected and sets limit values for deflections and displacements of load-bearing structures. Schemes of load application and installation of measuring instruments were developed in the methodology. Engineering and geological conditions of the construction site for the photovoltaic power station were surveyed during the preparation for the tests. As a result of engineering and geodetic survey carried out at the site, five engineering-geological elements were identified within the research area, the soil composition and its physical and mechanical characteristics were determined. Prior to the test of the end-bearing piles the following steps were taken: inspection of structures to detect defects or damage,

installation of test equipment, installation of measuring instruments, inspection of the operability of all systems and devices. The load was applied to the end-bearing pile in stages with holding the load not less than ten minutes and recording displacements at each stage. During the test, the load was applied to the elements of the end-bearing pile before the loss of bearing capacity or until the elements of the end-bearing pile reach the limit deformations described in the design; the displacements and deformations of the end-bearing piles were recorded, the values of those are presented in graphs.

According to the results of the tests, the load bearing capacity of the end-bearing piles was identified for the effect of horizontal loading, for pressing and pulling off by vertical loading. The safe use of metal structures of frame modular technologies in the construction of energy facilities has been experimentally confirmed in accordance with the requirements of the current regulatory framework.

KEY WORDS: bearing capacity, geological and engineering conditions, end-bearing pile, field tests, test methodology.

ВСТУП

Впровадження енергоефективних технологій у будівництві потребує виконання вимог Технічного регламенту [1], зокрема щодо забезпечення механічного опору та стійкості конструкцій енергетичних об'єктів під дією навантажень.

Розвиток нових технологій сонячної енергетики вважається одним із багатьох ключових рішень для задоволення зростаючого у всьому світі попиту на енергію [2]. Фотогальванічні сонячні електростанції (ФЕС) є одним із різновидів підприємств відновлювальної енергетики, що інтенсивно розвивається в Україні. За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження протягом 9 місяців 2019 року було введено в експлуатацію 7638 (298 промислових та 7340 сонячних електростанцій (СЕС) домогосподарств) об'єктів відновлюваної електроенергетики загальною потужністю 2661 МВт, з них зокрема 253 об'єкти сонячної енергетики загальною потужністю 2032 МВт [3].

Конструктивна система фотогальванічних сонячних електростанцій являє собою каркасно-модульну конструкцію із металевих елементів похилих ригелів та пальових стійок. Ці елементи застосовуються найчастіше при зведенні легких конструкцій, які не вимагають капітального фундаменту. Основними перевагами пальової стійки є:

1. Простота в монтажі, не потребує використання важкої будівельної техніки або трудомістких процесів по заливці бетону.
2. Широкий вибір видів профілю стійок, призначених для різних типів ґрунту і навантажень.



3. Дешевість матеріалу.
4. Можливість повторного використання. Якщо з якихось причин конструкцію потрібно перенести на нове місце, то забивні пальові стійки можна вийняти з ґрунту і встановити заново.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Забивні пальові стійки мають як переваги, так і недоліки. Одним із недоліків пальових стійок є обмеження по навантаженню і висоті конструкції, що зводиться. На такі пальові стійки можна встановлювати тільки легкі конструкції. В іншому разі, велика ймовірність виникнення деформацій, що можуть призводити навіть до руйнування конструкції або споруди в цілому.

Перед проведенням монтажу забивних пальових стійок варто визначити склад ґрунту, так як не для всіх видів ґрунту підходять забивні опори. Наприклад, в піщаному або заболоченому ґрунті пальові стійки не будуть надійною основою для вертикальних конструкцій. Важливо врахувати всі ці фактори, які впливають на міцність конструкції, що в свою чергу впливатиме на забезпечення відповідного рівня надійності та безпеки конструкції або споруди в цілому.

Тому єдиним шляхом вирішення поставленої проблеми є необхідність проведення оцінки несучої здатності пальових стійок в слабких ґрунтах.

МЕТОЮ СТАТТІ є оцінка несучої здатності металевих пальових стійок, встановлених в запісоченому ґрунті на дію горизонтального навантаження, а також вертикального вдавлювального та висмикувального навантажень.

КАРКАСНО-МОДУЛЬНІ КОНСТРУКЦІЇ ФЕС

Надземна каркасно-модульна конструкція фотогальванічної електростанції складається із похилих ригелів, розташованих під кутом 25° до горизонталі і розпірок, що фіксують положення ригелів відносно стійок. На похилій площині, що утворена ригелями, передбачено встановлення фотогальванічних панелей. У кожному прольоті між

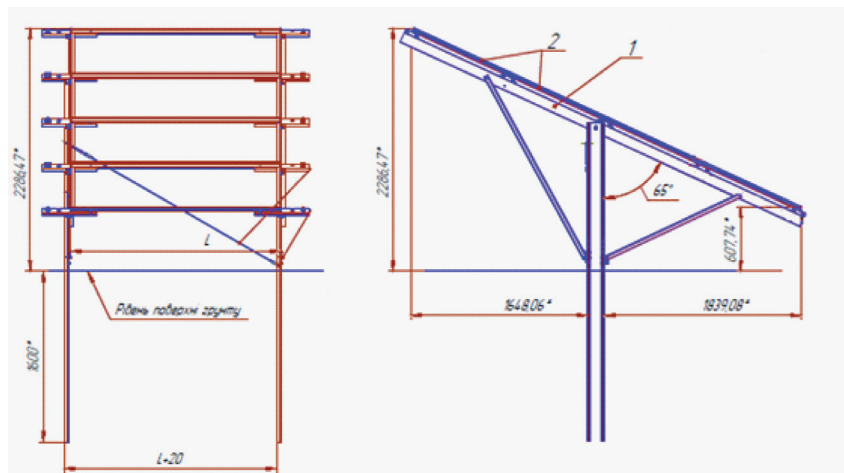


Рисунок 1 – Каркасно-модульна конструкція фотогальванічної електростанції.

1 – стійка; 2 – панель фотогальванічна

стійками передбачено влаштування чотирьох панелей. Конструктивне рішення пальових стійок наведено на рисунку 1. Стійки розташовані рядами, з кроком 2 м в кожному ряді.

Пальові стійки виконані із металевого С-подібного профілю. Розміри перерізу профілю стійок становлять $150 \times 40 \times 3$ мм, довжина профілю – 3000 мм. Пальові стійки заглиблені в ґрунт основи на 1600 мм ударним методом.

Загальний вигляд конструкцій пальових стійок до влаштування на них фотогальванічних панелей представлено на рисунку 2.



Рисунок 2 – Загальний вигляд конструкцій пальових стійок



ІНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГІЧНІ УМОВИ ДІЛЯНКИ БУДІВНИЦТВА

За результатами інженерно-геологічних вишукувань було проаналізовано інженерно-геологічні умови майданчика будівництва ФЕС. Підземні води знаходяться на глибині 0,7...3,4 м. Водонесний горизонт – безнапірний. За схемою природних умов територію можна віднести до I типу за ступенем потенційного підтоплення. Підземні води неагресивні. Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів складає 0,8 м. Категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – II (середня). Розрахункова сейсмічна інтенсивність районну будівництва визначена по карті ЗСР-2004-3 [4], і становить 5 балів. Нормативна сейсмічність майданчика будівництва для ґрунтів II категорії за сейсмічними властивостями – 5 балів.

В результаті інженерно-геологічних вишукувань [5], що були проведені на майданчику, в межах ділянки досліджень було виділено 5 інженерно-геологічних елементів (ІГЕ):

ІГЕ 1. Ґрунтово-рослинний шар, запісочений;

ІГЕ 2. Суглинок жовто-бурий, жовто-сірий, пестроцвітний, запісочений, туго-пластичний;

ІГЕ 3. Пісок жовтий, білий, мілкий, середньої щільності, з прошарками суглинку, глини;

ІГЕ 4. Глина коричнево-бура, зеленувато-сіра, щільна, напівтверда;

ІГЕ 5. Пісок жовтий, світло-сірий, білий, середньозернистий, з прошарками суглинку, середньої щільності, водонасичений.

Показники фізико-механічних властивостей ґрунтів, що визначені згідно ДСТУ Б В.2.1-3-96, ДСТУ Б В.2.1-17, ДСТУ Б В.2.1-4-96 [6-8], наведено в таблиці 1.

РЕЗУЛЬТАТИ НАТУРНИХ ВИПРОБУВАНЬ ПАЛЬОВИХ СТІЙОК

Підготовка до проведення випробувань

Для проведення випробувань паливових стійок була розроблена Методика випробувань [9], в якій були розроблені схеми встановлення вимірювальних приладів і прикладення наванта-

Таблиця 1 - Фізико-механічних властивостей ґрунтів

| № ІГЕ | Нормативні | | | | | | | | | | | | | Модуль деформації | Розрахункові | | | | | | | |
|-------|--------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|------------------|------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|----------|------------------------|
| | Природна вологість | Вологість на межі текучості | Вологість на межі пластичності | Число пластичності | Показник текучості | Щільність часток ґрунту | Щільність | Щільність сухого ґрунту | Коефіцієнт пористості | Ступінь вологості | Коефіцієнт фільтрації | Питоме зчеплення | Кут внутрішнього тертя | | α=0,95 | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | W, д. о. | W _L , д.о. | W _p , д.о. | I _p , д.о. | П _L , д. о. | P _s , кн/м³ | P, кн/м³ | P _d , кн/м³ |
| 1 | 0,17 | - | - | - | - | - | 16,2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 70 |
| 2 | 0,19 | 0,30 | 0,19 | 0,11 | 0,45 | 27,0 | 18,6 | 16,6 | 0,67 | 0,8 | 0,05 | 13 | 18 | 10 | 0,26 | 0,47 | 12 | 18 | 18,8 | - | - | |
| 3 | 0,20 | - | - | - | - | 26,6 | 17,8 | 15,5 | 0,73 | 0,67 | 5 | 4 | 28 | 13 | 0,22 | - | 4 | 27 | 18,0 | - | - | |
| 4 | 0,23 | 0,43 | 0,23 | 0,20 | 0,23 | 27,4 | 19,7 | 16,0 | 0,71 | 0,74 | 0,01 | 40 | 16 | 17 | 0,23 | 0,24 | 39 | 15 | 19,7 | - | - | |
| 5 | 0,25 | - | - | - | - | 26,8 | 19,2 | 16,0 | 0,66 | 0,81 | 10 | 1 | 36 | 28 | - | - | 1 | 35 | 19,2 | - | - | |



жень. Відповідно до Методики та ДСТУ Б В.2.6-10 [10] випробування пальових стійок відбувалися на дію горизонтального навантаження, а також на висмикування і вдавлювання вертикальним навантаженням.

До початку випробування пальових стійок були виконані такі підготовчі заходи:

- огляд конструкцій на предмет виявлення дефектів або пошкоджень;
- встановлення випробувального обладнання;
- встановлення вимірювальних приладів;
- перевірка роботоздатності всіх систем і приладів.

Значення навантажень на стійки під час випробування були прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2 [11]. Під час випробувань контролювалися значення переміщень за показаннями вимірювальних приладів для порівняння з їх граничними значеннями відповідно до ДСТУ Б В.1.2-3 [12].

Результати випробування пальової стійки на дію горизонтального навантаження

Випробування відбувалося шляхом прикладення горизонтального навантаження на рівні верхнього кінця пальової стійки. Навантаження на стійку прикладалось ступенями по 100 кгс із витримкою під навантаженням не менше

10 хв і фіксацією переміщень на кожній ступені. Значення горизонтального навантаження на кожній ступені фіксувалось за допомогою динамометра ДОУ-5. Схема прикладення горизонтального навантаження наведена на рисунку 3.

Горизонтальне переміщення верхнього кінця стійки вимірювалось прогиноміром 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм. Граничне значення переміщення за проектом визначене таким, що становить 20 мм.

Показання вимірювального приладу і значення переміщень верхнього навантаженого кінця пальової стійки під час випробувань наведені на рис. 4.

Отримавши результати випробування на дію горизонтального навантаження можна зробити висновок, що: прослідковується лінійна залежність між переміщенням та навантаженням.

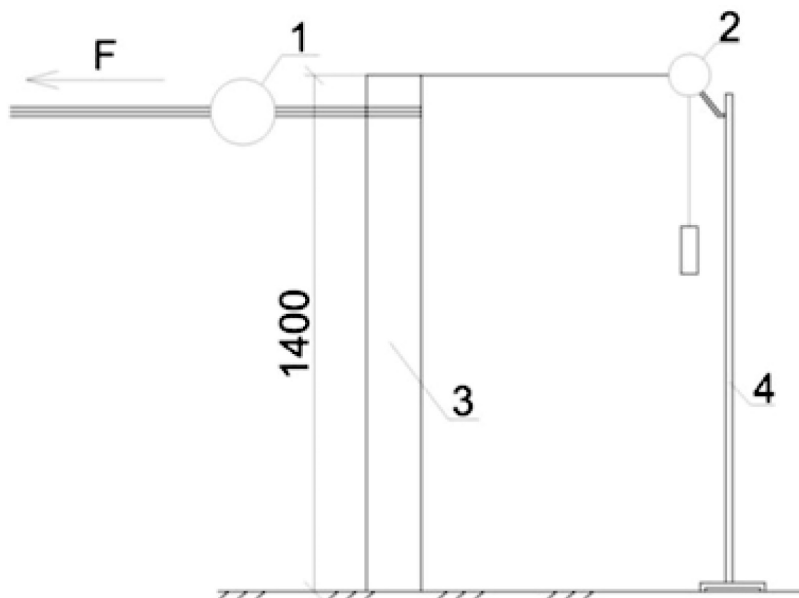


Рисунок 3 – Схема випробування стійки на дію горизонтального навантаження.

1 – динамометр ДОУ-5; 2 – прогиномір 6ПАО;
3 – пальова стійка; 4 – штатив

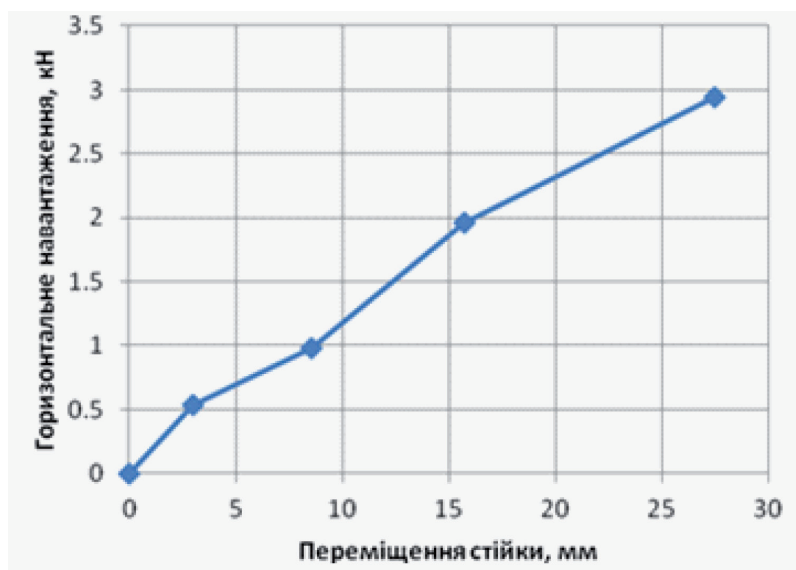


Рисунок 4 – Графік переміщень пальової стійки під час випробувань на дію горизонтального навантаження

При горизонтальному навантаженні 2,94 кН (300) кгс значення переміщення становило 27,47 мм, що перевищує граничне значення 20 мм. Робоче горизонтальне навантаження становить 2,0 кН (203,6) кгс. Стійкість пальової стійки не порушена.

Результати випробування пальової стійки на висмикування вертикальним навантаженням

Випробування відбувалося шляхом прикладення вертикального навантаження за допомогою гідравлічного домкрату через опорний елемент, що закріплений на рівні нижньої части-



ни пальної стійки. Навантаження на стійку прикладалося ступенями по 100 кгс із витримкою під навантаженням не менше 10 хв і фіксацією переміщень на кожній ступені. Вертикальне переміщення стійки вимірювалось прогиноміром 6ПАО з ціною поділки 0,01 мм. Схема прикладення вертикального навантаження під час випробування на висмикування наведена на рисунку 5.

Випробування проводились до моменту порушення зчеплення бічної поверхні стійки із ґрунтом основи, що супроводжувалося вертикальним переміщенням стійки після раптового стрімкого зниження рівня навантаження. Графік переміщень пальної стійки під час випробувань на висмикування вертикальним навантаженням наведено на рисунку 6.

Після досягнення максимального значення навантаження 24,53 кН (2500 кгс) було зафіксовано його зниження, що супроводжувалося переміщенням пальної стійки.

Результати випробування пальної стійки на вдавлювання вертикальним навантаженням

Випробування відбувалося шляхом прикладення вертикального навантаження, що включає власну вагу фотогальванічних панелей (190 кгс) і снігове навантаження (1200 кгс), прийняте згідно з ДБН В.1.2-2 [11]. Навантажування стійки здійснювалось ступенями по 200 кгс із витримкою під навантаженням не менше 10 хв і фіксацією переміщень на кожній ступені. Вертикальне і горизонтальне переміщення стійки вимірялось прогиномірами 6ПАО із ціною поділки 0,01 мм. Схема прикладення вертикального навантаження під час випробування на висмикування наведена на рисунку 7.

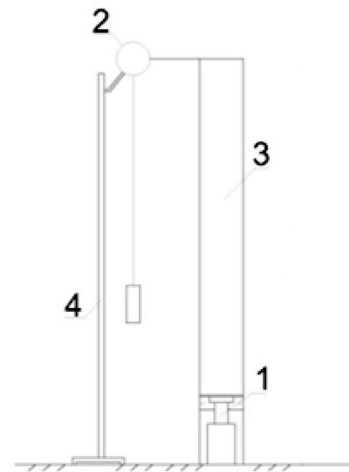


Рисунок 5 – Схема випробування стійки на висмикування вертикальним навантаженням
1 – гідравлічний домкрат; 2 – прогиномір 6ПАО; 3 – пальова стійка; 4 – штатив

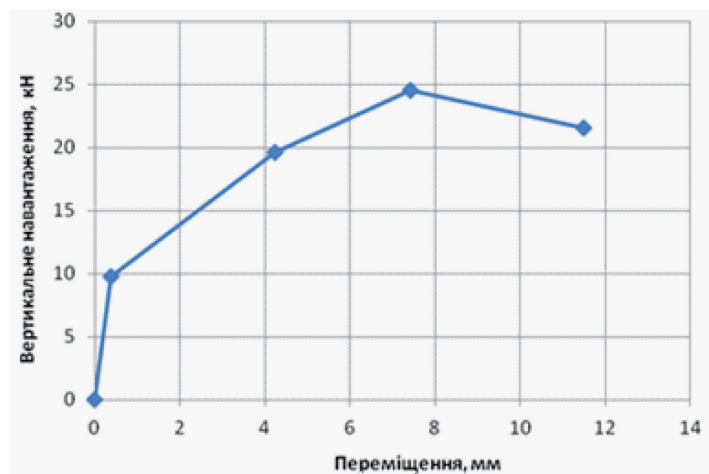


Рисунок 6 – Графік переміщень пальної стійки під час випробувань на висмикування вертикальним навантаженням



Рисунок 8 – Графік переміщень пальної стійки під час випробувань на вдавлювання вертикальним навантаженням

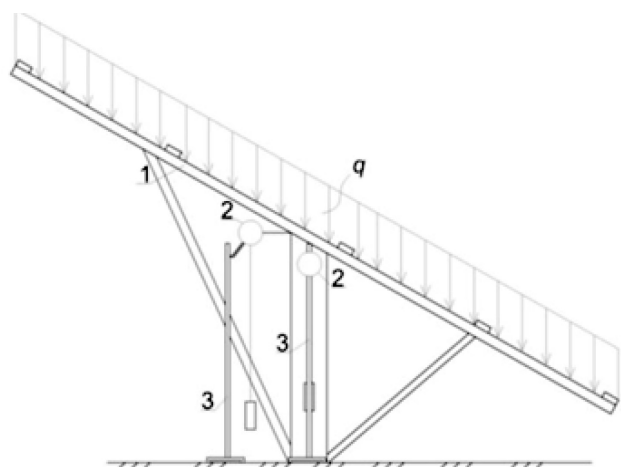


Рисунок 7 – Схема випробування стійки на вдавлювання вертикальним навантаженням.
1 – пальова стійка; 2 – прогиноміри 6ПАО; 3 – штативи



Графік переміщень пальової стійки під час випробувань на вдавлювання вертикальним навантаженням наведено на рисунку 8.

Значення вертикального переміщення пальової стійки під час проведення випробування знаходилось в межах 0,2 мм. При вертикальному навантаженні 2 кН, що дорівнює власній вазі фотогальванічних панелей, горизонтальних та вертикальних переміщень не зафіксовано. Після прикладення вертикального навантаження 13,64 кН (1390 кгс) руйнування або втрати стійкості пальової стійки не зафіксовано.

ВИСНОВКИ:

За результатами натурних випробувань металевих пальових стійок каркасно-модульних конструкцій фотогальванічної електростанції, встановлених в записоченому ґрунті було визначено наступне:

- несуча здатність пальових стійок на дію горизонтального навантаження для даної місцевості становить 1,96 кН (200) кгс на стійку;
- несуча здатність пальових стійок на висмикування від дії вертикального навантаження становить 24,53 кН (2500) кгс;
- несуча здатність пальових стійок на вдавлювання від дії вертикального навантаження 13,64 кН (1390 кгс) забезпечена.

Аналізуючи отримані результати натурних випробувань була підтверджена техніко-економічна доцільність використання забивних пальових стійок для будівництва фотогальванічної електростанції. Отримано експериментальне підтвердження розрахункового методу, використаного при проектуванні ФЕС.

Оцінка несучої здатності пальових стійок, встановлених в записоченому ґрунті, на дію горизонтальних та вертикальних навантажень забезпечує безпечну експлуатацію комплексу споруд ФЕС.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Технічний регламент будівельних виробів, будівель і споруд, затверджений Постановою Кабінету Міністрів України №1764 від 29 грудня 2006 р.
2. Kabir E., Kumar P., Kumar S., Adelodun A.A., Ki-Hyun Kim. Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2018. Vol. 82, Part 1, P. 894-900. URL: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
3. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф (станом на 01.10.2019). URL: <http://saee.gov.ua/sites/default/files/VDE%20III.pdf>

4. ДБН В.1.1-12:2014 Будівництво в сейсмічних районах України. Київ: Мінрегіон України, 2014.
5. Науково-технічний висновок з інженерно-геологічних вишукувань «Нове будівництво комплексу будівель та споруд: фотогальванічна електростанція "Баранівка" на території Баранівської міської ради Баранівського району Житомирської області (м. Баранівка, вул. І. Франка)», ФОП Земляний В.В., 14/19-1-ПФ, 2019, 24 с.
6. ДСТУ Б В.2.1-3-96 Ґрунти. Лабораторні випробування. Загальні положення. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997.
7. ДСТУ Б В.2.1-17:2009 Ґрунти. Метод лабораторних визначень фізичних характеристик. Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
8. ДСТУ Б В.2.1-4-96. Ґрунти. Метод лабораторних визначень характеристик міцності і деформованості. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997.
9. МЕН-221-6860.19-001 Методика натурних випробувань по визначенню несучої здатності пальових стійок, виконаних із металевих С-подібного профілю на об'єкті: «Нове будівництво комплексу будівель та споруд: фотогальванічна електростанція "Баранівка" на території Баранівської міської ради Баранівського району Житомирської області (м. Баранівка, вул. І. Франка). Київ: ДП НДІБК, 2019, 10 с.
10. ДСТУ Б В.2.6-10-96 Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталеві будівельні. Методи випробування навантаженням. Київ: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1997.
11. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ: Мінбуд України, 2006.
12. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Прогини і переміщення. Вимоги проектування. Київ: Мінбуд України, 2006.

REFERENCES

1. Cabinet of Ministers of Ukraine. Technical regulation of construction products, buildings and structures. Decree No. 1764. (2006).
2. Kabir, E., Kumar, P., Kumar, S., Adelodun, A.A., & Ki-Hyun, Kim. (2018). Solar energy: Potential and future prospects. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 82(1), 894-



900. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.094>
3. Information on the capacity and volumes of electricity production by the renewable energy generation facilities operating at “green” tariff (as of 01.10.2019). (2019). Retrieved from <http://saee.gov.ua/sites/default/files/VDE%20III.pdf>
 4. Construction in seismic regions of Ukraine: DBN V.1.1-12:2014. (2014).
 5. Zemlianyi, V.V. (2019). Scientific and technical conclusion on engineering-geological surveys "New construction of the buildings and structures complex - the photovoltaic power station "Baranivka" in the territory of the Baranivka Town council of the Baranivskyi District of Zhytomyrska Oblast (Town of Baranivka, I.Franka St.)" (14/19-1-ПФ).
 6. Soils. Laboratory testing. General requirements: DSTU B V.2.1-3-96. (1997).
 7. Soils. Laboratory methods for determination of physical characteristics: DSTU B V.2.1-17:2009. (2010).
 8. Soils. Laboratory methods for determination of the strength and strain characteristics: DSTU B V.2.1-4-96. (1997).
 9. The field tests method for determining the bearing capacity of end-bearing piles made of metal C-shaped profile at the site "New construction of the buildings and structures complex - the photovoltaic power station "Baranivka" in the territory of the Baranivka Town council of the Baranivskyi District of Zhytomyrska Oblast (Town of Baranivka, I.Franka St.)" (MEB-221-6860.19-001). (2019). Kyiv: SE NDIBK.
 10. Constructions of buildings and structures. Steel building constructions. Loading test methods: DSTU B V.2.6-10-96. (1997).
 11. The system of reliability and safety assurance in building projects. Loads and impacts. Design rules: DBN V.1.2-2:2006. (2006).
 12. The system of reliability and safety assurance in building projects. Deflections and displacements. Design rules: DSTU B 1.2-3:2006. (2007).

Стаття надійшла до редакції 29.11.2019