

А. М. Кльон¹, А. В. Трет'як²

¹ Донбаська національна академія будівництва і архітектури, Краматорськ, Україна

² Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА БАШТОВИЙ КРАН ЗА ГОСТ 1451-77 ТА ДБН В.1.2-2:2006

Анотація. У статті розглянуте питання визначення вітрового навантаження на баштовий кран за двома нормативними документами: ГОСТ 1451-77 «Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения» та ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування». Методика, викладена в першому нормативному документі, не враховує змін, що відбулися в нормативній документації України за останні десятиліття, зокрема в області кліматології. Так, карта районування території колишнього СРСР за характеристичними значеннями вітрового тиску, наведена в додатку 3 до ГОСТ 1451-77, не збігається з відповідною картою районування України, яка наведена у ДБН В.1.2-2:2006. То ж у статті було поставлено задачу порівняння вітрового навантаження на кран, підрахованого за двома наведеними нормативними документами. Розрахунок, проведений для неробочого стану баштового крана із заданими параметрами, встановленого у третьому вітровому районі України, показав приблизне співпадіння результатів (похибка не перевищує 10-12%), однак про повну еквівалентність методик розрахунку за двома вказаними нормативними документами можна казати лише після додаткових досліджень. Крім того, ДБН В.1.2-2:2006 може застосовуватися як альтернативний стандарт при визначенні вітрового навантаження лише у певних випадках, оскільки не містить рекомендацій щодо розрахунку вітрового навантаження на баштовий кран у робочому стані та вітрового навантаження, діючого на вантаж.

Ключові слова: баштовий кран, вітрове навантаження.

Вступ

Мета роботи. Порівняння вітрового навантаження на кран, підрахованого за ГОСТ 1451-77, з аналогічним навантаженням, визначеним за ДБН В.1.2-2:2006.

Постановка проблеми. При розрахунку металевих конструкцій, механізмів та стійкості баштових кранів, що працюють на відкритій місцевості, постає питання у визначенні вітрового навантаження на кран.

Основним нормативним документом, що дозволяє вирішити цю задачу, є ГОСТ 1451-77 «Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения» [1].

Методика, викладена в цьому нормативному документі, рекомендується до застосування в спеціалізованій літературі, присвяченій розрахункам кранів [2-5]. І хоча ГОСТ 1451-77, не дивлячись на свій вік, досі є діючим, деякі його положення на сьогодні є застарілими та не враховують змін, що відбулися в нормативній документації України за останні десятиліття, зокрема в області кліматології.

Так, карта районування території колишнього СРСР за характеристичними значеннями вітрового тиску, наведена в додатку 3 цього стандарту, не збігається з відповідною картою районування України, яка наведена у ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проектування» [6].

Тож інтерес викликає порівняння вітрового навантаження на кран, підрахованого за ГОСТ 1451-77, з аналогічним навантаженням, визначеним за ДБН В.1.2-2:2006.

Оскільки окремі елементи баштового крана (такі як башта та стріла) є по суті звичайними будів-

ельними металевими конструкціями, до них можна застосувати ті методи розрахунку, що викладені у документі [6].

Основна частина

Згідно з нормативним документом [1], вітрове навантаження повинне визначатись як сума статичної та динамічної складових.

Статична складова вітрового навантаження, яка діє на i – й елемент конструкції крана або вантаж, визначається формулою:

$$F_i = A_i p_i, \text{ Н}, \quad (1)$$

де A_i – розрахункова площа i – того елементу конструкції крана або вантажу, м^2 ;

p_i – розподілене вітрове навантаження на одиницю розрахункової площі i – того елементу конструкції крана або вантажу.

$$p_i = q k c n, \text{ Па}, \quad (2)$$

де q – динамічний тиск вітру, Па;

k – коефіцієнт, що враховує зміну динамічного тиску за висотою;

c – коефіцієнт аеродинамічної сили; n – коефіцієнт перевантаження.

Усі величини, що входять до формули (2), є довідковими та визначаються за рекомендаціями, наведеними у нормативному документі [1].

При цьому розподілене вітрове навантаження p , а отже, і статичне вітрове навантаження F_i , визначається для двох станів крана: робочого та неробочого.

Розглянемо визначення вітрового навантаження для вантажу та основних елементів баштового

крана (башта, стріла) з наступними характеристиками:

номінальна вантажопідйомність 10т;
максимальна висота підйому 40м;
конструкція башти – гратчаста, поперечним перерізом 1,6 x 1,6м (квадрат),
коефіцієнт заповнення тіньової площі грані $\varphi = 0,4$, висота 45м;
конструкція стріли – гратчаста, поперечним перерізом 1,5 x 1,5 x 1,5 м (трикутник), коефіцієнт заповнення тіньової площі бічної грані = 0,3, довжина 40м.

В *робочому стані* динамічний тиск вітру для баштового крана, призначеного для будівельно-монтажних робіт, $q = 125$ Па; коефіцієнт перевантаження $n = 1$.

Коефіцієнти k та c залежать від геометричних параметрів елементів крана, їх розташування над поверхнею землі та визначаються згідно з довідковими даними [1]. $k = k_{max} = 1,55$ – максимальне значення коефіцієнту, що враховує зміну динамічного тиску за висотою, для висоти 40м.

Для більш точних розрахунків башту слід розбити на окремі зони висотою до 10м та підрахувати для них окремі значення розподіленого вітрового тиску із врахуванням змінного коефіцієнту k по висоті башти [1].

Коефіцієнт аеродинамічної сили $c = 2,47$ – для башти, яка є гратчастою конструкцією квадратного перерізу та складається зі стрижнів некруглого перерізу і з врахуванням коефіцієнту заповнення тіньової площі грані $\varphi = 0,4$; $c = 2,33$ – для стріли, яка є гратчастою конструкцією трикутного перерізу і з врахуванням коефіцієнту заповнення тіньової площі грані $\varphi = 0,3$; $c = 1,2$ – для вантажу.

За визначенням розподіленням вітровим навантаженням p_i згідно з рівнянням (1) розраховуються статичні складові вітрового навантаження F_i^{PC} на елементи конструкції крана та вантаж відповідно до розрахункової площі A_i граней башти та стріли, при цьому $A_b = 10 \text{ м}^2$ – розрахункова площа вантажу для крана вантажопідйомністю 10т [1].

В *неробочому стані* динамічний тиск вітру для баштового крана залежить від зони його встановлення та, наприклад, для Донецької області (III зона) становить $q = 450$ Па.

З урахуванням цього за формулою (2) визначаються значення розподіленого вітрового навантаження для основних елементів крана та вантажу p_i , а потім за формулою (1) – відповідні значення статичних складових вітрового навантаження F_i^{HC} .

Динамічна складова вітрового навантаження, що враховує пульсацію швидкості вітру, визначається за нормативно-технічною документацією або нормам проектування кранів даного типу.

Згідно з РД 22-166-86 «Краны башенные строительные. Нормы расчета» [7], динамічна скла-

дова вітрового навантаження, яка діє на i – тий елемент конструкції крана або вантаж, визначається за формулою:

$$S_i = m_n \xi F_i, \text{ Н}, \quad (3)$$

де m_n – коефіцієнт пульсації вітру, який залежить від висоти розташування опорного шарніру стріли H_0 ;

для $H_0 = 40\text{м}$ значення $m_n = 0,105$;

ξ – коефіцієнт динамічності, який залежить від періоду вільних коливань; для крана з прийнятими параметрами $\xi \approx 2,55$ [7].

Для вантажу динамічна складова вітрового навантаження дорівнює 0,1 від статичного навантаження [7].

Розглянемо тепер визначення вітрового навантаження на елементи крана у неробочому стані згідно з ДБН В.1.2-2:2006.

В цьому разі граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначається за такою формулою:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C, \text{ Па} \quad (4)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності, який залежить від середнього періоду повторюваності (експлуатації) T , для $T = 10$ років $\gamma_{fm} = 0,69$;

W_0 – характеристичне значення вітрового тиску залежно від вітрового району, для півночі Донецької області (3 вітровий район) $W_0 = 500$ Па;

C – коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$C = C_{aer} C_h C_{alt} C_{rel} C_{dir} C_d, \quad (5)$$

де C_{aer} – аеродинамічний коефіцієнт, що залежить від геометричних параметрів конструкції;

C_h – коефіцієнт висоти конструкції, для конструкцій висотою 40м, встановлених на рівнинній місцевості, $C_h = 2,25$ [6];

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти, при розміщенні конструкції на висоті менше 0,5 км над рівнем моря $C_{alt} = 1$;

C_{rel} – коефіцієнт рельєфу, для рівнинної місцевості $C_{rel} = 1$;

C_{dir} – коефіцієнт напрямку, зазвичай дорівнює одиниці;

C_d – коефіцієнт динамічності, що враховує пульсаційну складову вітрового навантаження, дорівнює 1,2 згідно табл. 9.9 [6].

Аеродинамічний коефіцієнт C_{aer} для просторових гратчастих конструкцій визначається такою формулою:

$$C_{aer} = C_x (1 + \eta) k, \quad (6)$$

де C_x, η, k – довідкові коефіцієнти, що визначаються за додатками до нормативного документу [6].

Для башти $C_x = 1,4$; $\eta = 0,48$; $k = 1$.

Для стріли $C_x = 1,4$; $\eta = 0,56$; $k = 1$.

Результати розрахунків зведемо у табл. 1.

Таблиця 1 – Вітрове навантаження (кН), діюче на елементи баштового крана та вантаж

Елементи крана / складові вітрового навантаження	Башта	Стріла	Вантаж
Вітрове навантаження у робочому стані за ГОСТ 1451-77			
Статична складова F_i^{PC}	13,8	8,1	2,3
Динамічна складова S_6^{PC}	3,7	2,2	0,2
Сумарне	17,5	10,3	2,5
Вітрове навантаження у неробочому стані за ГОСТ 1451-77			
Статична складова F_i^{HC}	49,6	29,2	-
Динамічна складова S_6^{HC}	13,4	7,9	-
Сумарне	63,0	37,1	-
Вітрове навантаження у неробочому стані за ДБН В.1.2-2:2006			
Сумарне	56,3	36,9	-

Висновки

1. Вітрове навантаження на баштовий підйомний кран визначається за ГОСТ 1451-77 «Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения», який на сьогодні не в повній мірі відповідає нормативно-технічній документації України.

2. Вітрове навантаження, яке діє на елементи крана у неробочому стані, можна визначати за ДБН В.1.2-2:2006, розглядаючи ці елементи як звичайні будівельні конструкції.

3. Як показав проведений розрахунок, вітрові навантаження на елементи крана у неробочому ста-

ні, розраховані за ГОСТ 1451-77 та ДБН В.1.2-2:2006 для баштового крана з визначеними параметрами та встановленого у третьому вітровому районі України, приблизно співпадають (похибка не перевищує 10-12%), однак про повну еквівалентність методик розрахунку за двома вказаними нормативними документами можна казати лише після додаткових досліджень.

4. ДБН В.1.2-2:2006 не може в повній мірі замінити собою ГОСТ 1451-77, адже не містить рекомендацій щодо розрахунку вітрового навантаження на кран у робочому стані та вітрового навантаження, діючого на вантаж.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- ГОСТ 1451-77. Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и метод определения.
- Александров М.П. Подъемно-транспортные машины: Учеб. для машиностроит. спец. вузов. – 6-е изд., перераб. М.: Высш. шк., 1985. – 520 с.
- Вайнсон А.А. Подъемно-транспортные машины: Учебник для вузов по специальности «Подъемно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование» - 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1989. – 536 с.
- Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: Підручник / В.С. Бондарев, О.І. Дубинець, М.П. Колісник та ін. - К.: Вища шк., 2009. – 734 с.
- Вантажопідйомні машини: Навч. посібник / О.В. Григоров, Н.О. Петренко. – Харків: НТУ "ХПІ", 2005. - 304 с.
- ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування.
- РД 22-166-86. Краны башенные строительные. Нормы расчета. СКТБ «Стройдормаш». М, 1987. – 62 с.

Received (Надійшла) 15.09.2022

Accepted for publication (Прийнята до друку) 16.11.2022

Determination of wind load on a tower crane according to GOST 1451-77 and DBN V.1.2-2:2006

A. Klyon, A. Tretiak

Abstract. The article examines the question of determining the wind load on a tower crane according to two normative documents: GOST 1451-77 "Hoisting cranes. Wind load. Norms and methods of determination" and DBN V.1.2-2:2006 "Loads and influences. Design standards". The methodology outlined in the first normative document does not take into account the changes that have taken place in the normative documentation of Ukraine over the past decades, particularly in the field of climatology. Thus, the zoning map of the territory of the former USSR according to the characteristic values of wind pressure, given in Appendix 3 to GOST 1451-77, does not coincide with the corresponding zoning map of Ukraine, which is given in DBN V.1.2-2:2006. Also, in the article, the task of comparing the wind load on the crane, calculated according to the two cited normative documents, was set. The calculation carried out for the non-working state of the tower crane with the specified parameters, installed in the third wind region of Ukraine, showed an approximate coincidence of the results (the error does not exceed 10-12%), however, the full equivalence of the calculation methods according to the two specified regulatory documents can be said only after additional research. In addition, DBN V.1.2-2:2006 can be used as an alternative standard when determining the wind load only in certain cases, since it does not contain recommendations for the calculation of the wind load on the tower crane in working condition and the wind load acting on the load.

Keywords: hoisting tower crane, wind load.