

УДК 622.242.32

ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА НЕСУЧІ КОНСТРУКЦІЇ СПУСКО-ПІДЙІМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

С.Л. Свід

ДП "Чернігівнафтогазогеологія" НАК "Надра України", 14000,
м. Чернігів, вул. Шевченка, 15, тел. (04622) 73423

Осуществлен анализ отечественных направлений относительно определения ветровых нагрузок, которые воздействуют на несущие конструкции спуско-подъемного комплекса буровых установок. На основании проведенных исследований в зависимости от конструктивных форм несущих конструкций спуско-подъемного комплекса скомпонованы нормативные и расчетные ветровые нагрузки

The analysis of domestic and foreign directions concerning definition of wind loadings is carried out which influence bearing constants of a descent-ascent of complex of chisel installations. On the basis of the carried out researches it is recommended to enter into the working specifications settlement parameters updated to real to operational-economic use of wind weight

Постановка проблеми

Відсутність досконалої методики визначення вітрових навантажень [1] не дає змоги проводити з достатньою ймовірністю розрахунки несучих конструкцій спуско-підйімального комплексу.

У процесі проектування несучих конструкцій для визначення вітрових навантажень на сьогоднішній день користуються нормами і правилами, що стосуються розрахунку вантажо-підйімальних кранів [2], та будівельними нормами, в яких наведено дані щодо розрахунку вітрових навантажень [3]. При цьому через специфічності конструктивного виконання несучих конструкцій бурових установок немає можливості прямо використовувати вказані нормативні джерела. Слід також зазначити, що питання вітрових навантажень по-різному трактуються авторами монографій [1,4] та інших публікацій. Найбільш досконалий підхід до розв'язання поставлених питань подано в ГСТУ 320.02829777.014-99 [5]. Але викладки даної роботи потребують деяких пояснень відносно визначення коефіцієнта динамічності пульсування швидкісного напору вітру та аеродинамічного коефіцієнта і обчислення мінімального моменту інерції поперечного перерізу для різного типу конструкцій бурових установок.

На основі вищенаведеного в даній роботі нами зроблено спробу вирішити питання щодо вітрових навантажень, які діють на несучі конструкції бурових установок, а особливо бурових веж та щогл.

Основи визначення вітрових навантажень

Розрахункове вітрове навантаження на несучі конструкції визначають за формулою [3]

$$q_p = q_0 \cdot k \cdot c \cdot \beta \cdot n, \quad (1)$$

де: q_0 - нормативне навантаження на несучі конструкції; k - коефіцієнт зміни швидкісного вітрового потоку від висоти; c - аеродинамічний коефіцієнт; β - коефіцієнт динамічного

пульсування вітрового потоку; n - коефіцієнт перевантажень, для висотних споруд згідно СНіП 11-6-74 - $n = 1,3$

Значення коефіцієнта зміни швидкісного вітрового потоку від висоти k приймається за таблицею 1.

Для проміжних висот коефіцієнт зміни швидкісного вітрового потоку k визначається шляхом лінійної інтерполяції.

Найбільш трудомістким для визначення в формулі (1) є нормативне навантаження на несучі конструкції та аеродинамічний коефіцієнт.

Нормативне навантаження на несучі конструкції можна приймати на основі досліджень [5].

Згідно з даними досліджень визначення вітрових навантажень, які діють на несучі конструкції спуско-підйімального комплексу, рекомендується проводити в режимах:

1 - бурова установка без комплекту свічок за пальцем;

2 - бурова установка з комплектом свічок за пальцем;

3 - максимального навантаження на гаку Q_{mac} (спуск обважених труб або проведення ловильних операцій);

4 - навантаження на гаку від маси бурильної колони $0,67Q_{mac}$.

Перший режим розглядає дію вітрових навантажень у період неробочого стану бурової установки.

У процесі проектування несучих конструкцій спуско-підйімального комплексу величину швидкісного напору вітру можна визначати за таблицею 2 [6].

Для визначення коефіцієнта динамічності пульсування швидкісного напору вітру можна використати формулу [1]:

$$\beta = 1 + m_n \cdot \xi, \quad (2)$$



Таблиця 1 - Значення коефіцієнта зміни швидкісного вітрового потоку на висоті

Висота над поверхнею землі, м	10	20	40	60	100
Коефіцієнт зміни швидкісного вітрового потоку, k	1	1,25	1,55	1,75	2,1

Таблиця 2 – Розрахункові величини допустимого напору вітру

Найменування параметрів	Швидкість вітру, V		Напір вітру, $MПа$
	$\frac{км}{год}$	$\frac{м}{с}$	
Бурова установка без комплекту свічок за пальцем	185	51,5	$16,522 \times 10^{-4}$
Бурова установка з комплектом свічок за пальцем	120	33,4	$6,949 \times 10^{-4}$
Навантаження на гаку від маси бурильної колони $0,67 Q_{мас}$	70	19,5	$2,362 \times 10^{-4}$
Максимальне навантаження на гаку $Q_{мас}$ (спуск обсадних труб або проведення ловильних операцій)	30	8,35	$0,442 \times 10^{-4}$

Таблиця 3 – Залежність коефіцієнта динамічності від періоду вільних коливань

Період вільних коливань, T , с	Коефіцієнт динамічності ξ
0,25	0,44
0,5	0,88
1,0	1,75
2,0	2,25
3,0	2,65
4,0	2,96

де m_n - коефіцієнт пульсування швидкісного напору вітру, $m_n = 0,12$; ξ - коефіцієнт динамічності.

Визначення коефіцієнта динамічності пульсування швидкісного напору

У даній формулі коефіцієнт динамічності ξ залежить від періоду вільних коливань T . Залежність наведено у таблиці 3.

Величину періоду вільних коливань можна знайти за формулою [5]

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{H^3 \cdot M_n}{E \cdot I}}, \quad (3)$$

де: M_n – зведена маса; H – висота конструкції, м; E – модуль пружності стояків, Па; I – мінімальний момент інерції поперечного перерізу, що визначається на висоті $H/3$ від точки закріплення бурових веж та щогл.

Зведену масу можна знайти за формулою [5]

$$M_n = m_1 + m_2 + \frac{(m_3 + m_4 + m_5)}{3} + 0,5m_6, \quad (4)$$

де: m_1 - маса крон блока; m_2 - маса гакоблока; m_3 - маса бурової вежі та сходів; m_4 - маса пакета свічок, установлених за пальцем; m_5 - маса полатів; m_6 маса бурильної колони.

Як показали дослідження [7], для більшості веж і щогл період вільних коливань перевищує 1 с, тому при проектуванні рекомендується приймати коефіцієнт динамічності пульсування швидкісного напору вітру β у межах $\beta = 1,8...2,0$

Знаходження мінімального моменту інерції

Мінімальний момент інерції поперечного перерізу для конструкцій:

а) бурових веж з чотирма несучими стояками, як зображено на рисунку 1, можна визначати за формулою

$$\begin{aligned} I_x &= 4I_0 + A \cdot a^2, \\ I_y &= 4I_0 + A \cdot b^2; \end{aligned} \quad (5)$$

б) бурових веж з трьома несучими стояками, як зображено на рисунку 1, можна визначати за формулою

$$\begin{aligned} I_x &= 3I_0 + \frac{1}{2} A \cdot a^2, \\ I_y &= 3I_0 + \frac{1}{2} A \cdot b^2, \end{aligned} \quad (6)$$

де: I_0 - осьовий момент інерції поперечного перерізу стояка відносно центра; A – площа поперечного перерізу стояка; a і b – відповідно відстані між осями стояків, як зображено на рисунку 1.

Знаходження аеродинамічного коефіцієнта



Таблиця 4 - Коефіцієнт дії вітру на конструкцію паралельно розміщеної ферми

$\frac{H}{d}$	C_1	C_2	C_3	C_4
1/6	0,8	0,5	0,5	0,8
1/3	0,9	0,6	0,6	0,8
1	1,0	0,8	0,6	0,8

Таблиця 5 - Залежність коефіцієнта конструктивного виконання η від φ та відношення відстаней b між площинами конструкцій до їх ширини h

$\frac{b}{h}$	φ					
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
1/2	0,93	0,75	0,56	0,38	0,19	0
1	0,99	0,81	0,65	0,48	0,32	0,15
2	1	0,87	0,73	0,59	0,44	0,3
4	1	0,9	0,78	0,65	0,52	0,4
6	1	0,93	0,83	0,72	0,61	0,5

Аеродинамічний коефіцієнт C знаходять відповідно:

- для обшитих поверхонь вежі або щогли згідно з рисунком 2 та таблицею 3;

- для необшитих поверхонь чотиригранного поперечного перерізу, як зображено на рисунку 3. Зведений аеродинамічний коефіцієнт для обшитих поверхонь вежі або щогли буде дорівнювати

$$C_{np}^o = C_\phi \cdot (1 + \eta), \quad (7)$$

де: C_ϕ – коефіцієнт лобового опору для плоскої ферми; η – коефіцієнт дії вітру на конструкцію паралельно розміщеної ферми.

- для необшитих поверхонь чотиригранного поперечного перерізу щогл під час дії вітру, як зображено на рисунку 4, зведений аеродинамічний коефіцієнт буде дорівнювати

$$C_{np}^n = C_\phi \cdot (1 + \eta_1 + \eta_2), \quad (8)$$

де η_1 і η_2 – відповідно коефіцієнти дії вітру на третю та четверту конструкції паралельно розміщених ферм.

Зведений аеродинамічний коефіцієнт для не обшитих поверхонь тригранного поперечного перерізу, як зображено на рисунку 2, буде дорівнювати

$$C_{np}^1 = 0,9 \cdot C_\phi \cdot (1 + \eta). \quad (9)$$

Зведений аеродинамічний коефіцієнт для необшитих поверхонь чотиригранного поперечного перерізу, як зображено на рисунку 3 за умови направлення вітру по діагоналі, буде дорівнювати

$$C_{np}^2 = 1,1 C_\phi \cdot (1 + \eta). \quad (10)$$

Коефіцієнт лобового опору елемента конструкції C_x за умови направлення вітру перпендикулярно до профілю елемента, як зображено на рисунку 5, приймається рівним $C_x = 1,4$.

Коефіцієнт заповнення конструкції φ визначається за формулою

$$\varphi = \frac{\sum f_i}{S}. \quad (11)$$

де: f_i – площа проекції i -го елемента на площину конструкції; S – площа площини конструкції.

Коефіцієнт конструктивного виконання η залежить від φ та відношення відстаней b між площинами конструкцій до їх ширини h і визначається за таблицею 5.

Висновки

1 На основі проведених досліджень залежно від конструктивної форми несучих конструкцій спуско-підйомного комплексу скомпоновані нормативні і розрахункові вітрові навантаження.

2 Впровадження результатів досліджень дасть можливість за рахунок урахування підрахунків реальних вітрових навантажень значно зменшити металомісткість несучих конструкцій спуско-підйомного комплексу, і відповідно, знизити їх вартість.

Література

1 Кирсанов А.Н., Зиненко В.П., Кардыш В.Г. Буровые машины и механизмы. - М.: Недра, 1981.

2 ГОСТ 1451-71 Краны грузоподъемные. Нагрузка ветровая. Нормы и методы определения.

3 СНиП 11-6-74. Нагрузки и воздействия.

4 Денисов П.Г. Сооружение буровых. - М.: Недра, 1989.

5 ГСТУ 320.02829777.014-99 Неруйнівний контроль та оцінка технічного стану металоконструкцій бурових веж в розібраному і зібраному стані. – 136 с.

6 Свід С. Л. До розрахунку бурових вишок на вітрові навантаження // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. - 2003. - № 3 (8). - С. 113 - 116.

