

УДК 525.7

Ю.А. Олейник<sup>1</sup>, В.А. Бородавка<sup>1</sup>, В.Ф. Слободянюк<sup>2</sup><sup>1</sup>Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,<sup>2</sup>Об'єднаний науково-дослідний інститут Збройних Сил, Харків**ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНИХ ШВИДКОСТЕЙ ВІТРУ З УРАХУВАННЯМ ПОРИВІВ ВІТРУ ПРИ ОБМЕЖЕННІ ІМОВІРНІСТІ ЇХ ВИНИКНЕННЯ**

*Пропонується удосконалена математична модель визначення максимальних швидкостей вітру з урахуванням поривів вітру при обмеженні імовірності їх виникнення.*

*середня швидкість вітру, пульсації швидкості вітру, пориви вітру, імовірність виникнення максимальної швидкості вітру, імовірність ризику*

**Вступ**

При визначенні імовірності виникнення максимальної швидкості вітру з урахуванням поривів вітру можливе одержання дуже малих значень, що прагнуть до 0,00001. Це означає, що такі великі швидкості вітру навряд чи виникнуть, і необхідно обмежити розглянуті значення імовірності виникнення максимальних швидкостей вітру.

**Постановка завдання.** Для аналізу максимальних швидкостей вітру необхідно знати, наскільки великі або малі імовірності їх виникнення. Занадто малі імовірності не варто розглядати, тому що великі швидкості вітру, що можливі при цьому, швидше за все не будуть виникати в атмосфері.

З іншого боку, ці мало можливі великі швидкості вітру будуть різко збільшувати можливу силу вітру, що спричинить велике підвищення запасів міцності і збільшення маси та габаритів конструкцій.

**Метою статті** є удосконалення математичної моделі визначення максимальної швидкості вітру з урахуванням поривів вітру, обмеживши імовірність події, що полягає у виникненні цього значення максимальної швидкості вітру з урахуванням поривів вітру.

**Основна частина**

У статті [1] була розглянута математична модель визначення таких величин:

$v_x^{\max}$  – максимально можливі значення горизонтальної складової швидкості вітру з урахуванням поривів вітру, м/с ;

$p(v_x^{\max})$  – імовірність виникнення величини  $v_x^{\max}$ .

Але з'ясувалося, що при збільшенні  $v_x^{\max}$  ( $v_x^{\max} > 15$  м/с [2, 3]) величина  $p(v_x^{\max})$  дуже швидко убиває і може вийти так, що  $p(v_x^{\max}) \leq 0,0001$ , що мало можливо. Повторні завдання значення параметра  $s_x^{\max}$ , що характеризує величину поривів вітру [1], і

аналіз отриманих  $p(v_x^{\max})$  можуть віднімати багато часу.

Можна піти іншим шляхом. Припустимо, що ми визначили  $V_{\max}$  або задали максимально припустиме значення  $V$ . Далі задаємо значення імовірність ризику  $p_{\text{ризик}}$ , з умовою, що

$$p(v_x^{\max}) \leq p_{\text{ризик}} \quad (1)$$

Після цього з виразів  $p(v_x^{\max}) = p_n p(s_x^{\max})$  і  $p(v_x^{\max}) = p_i p(s_x^{\max})$  статті [1] знаходимо  $p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$  – імовірність граничного (максимального) значення величини  $p(s_x^{\max})$  [1, 3]:

$$p_{\text{пр}}^{\text{гран}} = \frac{p_{\text{ризик}}}{p_n}, \quad (2)$$

або

$$p_{\text{пр}}^{\text{гран}} = \frac{p_{\text{ризик}}}{p_i}, \quad (3)$$

причому, відповідно до нерівності (1), повинна виконуватися умова

$$p(s_x^{\max}) \leq p_{\text{пр}}^{\text{гран}}. \quad (4)$$

Після цього приймаємо, що  $p(s_x^{\max}) = p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$ , тому що значення  $v_x^{\max}$  при  $p(s_x^{\max}) < p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$  занадто малі і мало можливі.

Якщо немає значення  $p(s_x^{\max}) = p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$ , то вибираємо  $p(s_x^{\max})$ , як найближче найменше к  $p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$ . Алгоритм дій при визначенні значення  $v_x^{\max}$  з урахуванням заданого значення  $p_{\text{ризик}}$  показаний на рис. 1. Ліва область алгоритму визначає  $p(v_x^{\max})$  для  $v_x^{\max}$ , а права область алгоритму визначає  $p(v_x^{\max})$  для середньої швидкості вітру  $V$ , що знаходиться в інтервалі  $V_{i-1} < V \leq V_i$ , тобто швидкості вітру, що менше значення  $v_x^{\max}$ .

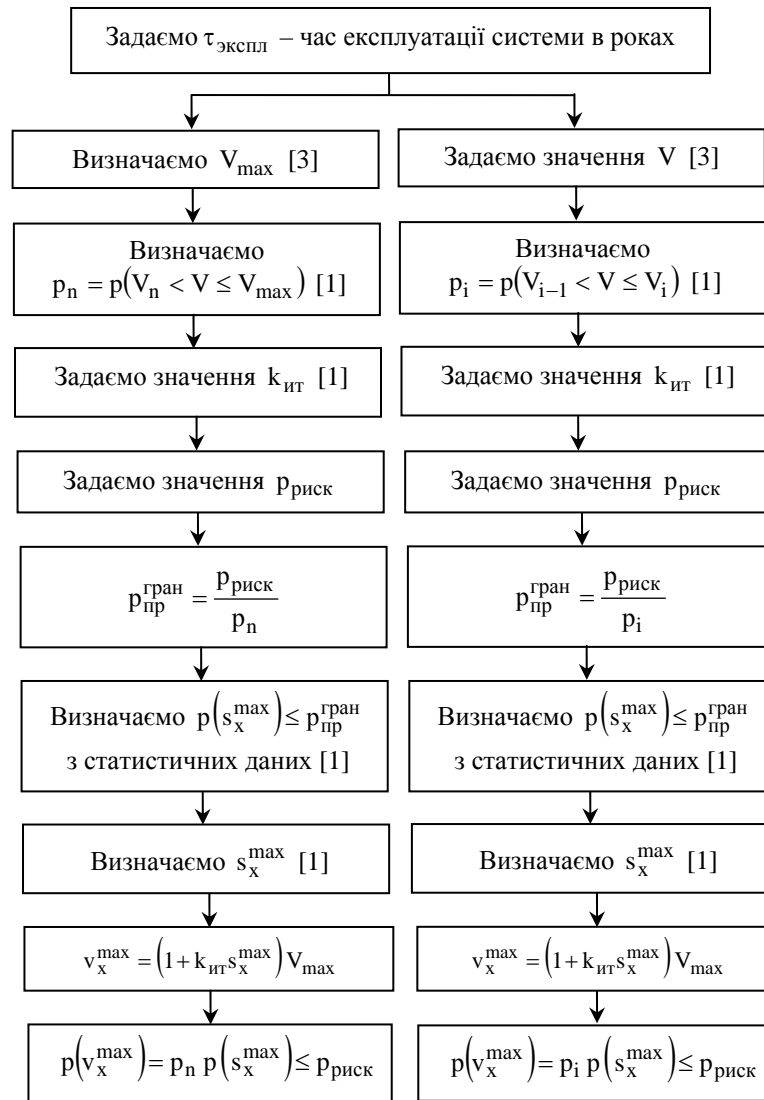


Рис. 1. Алгоритм дій при визначенні значення  $v_x^{\max}$  з урахуванням заданого значення  $p_{\text{риск}} (p(v_x^{\max}) \leq p_{\text{риск}})$

При зменшенні  $p(s_x^{\max})$  величина  $v_x^{\max}$  зростає, і ми можемо одержати конструкцію з занадто великим запасом міцності, а значить із занадто великою масою і габаритами. Тому і вибирається  $p(s_x^{\max})$  як найближче найменше к.  $p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$ . З цього випливає, що задання значення  $p_{\text{пр}}^{\text{гран}}$  – це важка і відповідальна задача, що у майбутньому має бути вирішена.

Для максимального значення горизонтальної складової сили вітру, що залежить від  $v_x^{\max}$ , запишемо [4]

$$P_x^{\max} = \frac{1}{2} c_x F_x \rho_v (v_x^{\max})^2,$$

де  $c_x$  – ф87 коефіцієнт аеродинамічного опору поверхні, перпендикулярної векторові  $\vec{V}$  (рис. 1 статті [3]);

$F_x$  – площа міделевого перетину поверхні, пе-

рпендикулярної векторові  $\vec{V}$ , м<sup>2</sup>;

$\rho_v$  – щільність повітря, кг/м<sup>3</sup>.

Якщо ми враховуємо тільки максимальну (визначену або задану) середню швидкість вітру  $V = V_{\max}$ , то

$$v_x^{\max} = V_{\max}, \tag{5}$$

а якщо ми враховуємо пориви вітру, то відповідно до формули (1) статті [1] запишемо залежність для  $v_x^{\max}$  з урахуванням поривів вітру:

$$v_x^{\max} = (1 + k_{\text{ит}} s_x^{\max}) V_{\max}, \tag{6}$$

де  $k_{\text{ит}}$  – інтенсивність турбулентності повітря;

$s_x^{\max} = (v_x^{\max} - V_{\max}) / k_{\text{ит}} V_{\max}$  – статистичне значення, отримане зі спостережень за вітром.

Прийнявши величини  $c_x$ ,  $F_x$  і  $\rho_v$  постійними, одержуємо, що максимальна сила вітру  $P_x^{\max}$  зале-

жить тільки від величини квадрата швидкості вітру  $(v_x^{\max})^2$ . З цього випливає, що для того, щоб оцінити, наскільки зросте значення  $P_x^{\max}$  при урахуванні пориву вітру, необхідно квадрат правої частини формули (6) розділити на квадрат правої частини формули (5), оскільки величини  $1/2$ ,  $c_x$ ,  $F_x$  і  $\rho_v$  при відношенні максимальних сил вітру скоротяться. Після скорочення квадрата середньої швидкості вітру  $V_{\max}^2$  одержимо таку величину:

$$(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2.$$

Величина  $s_x^{\max}$  може набувати як позитивних, так і негативних значень. Оскільки в статті розгля-

даються можливості появи максимальної сили вітру  $P_x^{\max}$ , то ми будемо оцінювати позитивні значення  $s_x^{\max}$  (при негативних значеннях  $s_x^{\max}$  порив вітру прагне зменшити швидкість вітру і силу вітру до нуля).

Щоб оцінити значення величини  $(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2$ , були узяті деякі значення параметрів  $s_x^{\max}$  і  $k_{ит}$  з таблиць, приведених у статті [1]. Значення величини  $(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2$  приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення величини  $(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2$

$s_x^{\max} = \frac{v_{хпр}^{\max}}{k_{ит} V}$	$(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2$			
	При $k_{ит} = 0,11$	При $k_{ит} = 0,173$	При $k_{ит} = 0,49$	При $k_{ит} = 0,775$
5	2,403	3,478	11,903	23,766
3,8	2,011	2,747	8,191	15,563
2,9	1,740	2,255	5,861	10,546

З табл. 1 випливає, що пориви вітру можуть збільшувати силу вітру в кілька разів: від 1,5 до 20 і більше. Чим вище значення  $(1 + k_{ит} s_x^{\max})^2$ , тим менше імовірність появи такої сили вітру, оскільки менше імовірність появи максимального пориву вітру  $p(s_x^{\max})$  і, отже, менше значення імовірності  $p(v_x^{\max}) = p_n p(s_x^{\max})$ . Крім того, необхідно відзначити, що імовірності максимальних значень середньої швидкості вітру  $p_n$  при  $V_{\max} \geq 15$  м/с (див. формулу б) зменшуються з ростом значення  $V_{\max}$ .

Значення  $s_x^{\max} = 5$  виникають тільки на висоті до 10 метрів від поверхні землі. Варто помітити, що значення середньої швидкості вітру  $V$  зі збільшенням висоти зростає [3], а значення  $s_x^{\max}$  і  $p(s_x^{\max})$  зі збільшенням висоти убуває [1].

### Висновки

Удосконалено математичну модель визначення максимальної швидкості вітру з урахуванням поривів вітру. У представленій математичній моделі обмежена мінімальна імовірність події, що полягає у виникненні значення максимальної швидкості вітру з урахуванням поривів вітру.

Представлена математична модель показує, що необхідно проводити дослідження з визначення мінімально припустимої імовірності виникнення максимальних швидкостей вітру, тобто виникнення ма-

ксимальних сил вітру. Це дозволить інженерам-розроблювачам і інженерам-дослідникам аргументовано визначити й задавати максимально можливі швидкості і сили вітру.

### Список літератури

1. Деменко М.П., Прокопов В.О., Олійник Ю.А. Визначення чисельного значення та ймовірності виникнення максимальних швидкостей вітру з урахуванням поривів вітру // Збірник наукових праць Об'єднаного науково-дослідного інституту Збройних Сил. – Х.: ОНДІ ЗС. – 2006. – Вип. 2 (4). – С. 170-174.
2. Кулижнікова Л.К., Хачатурова Л.М., Ларичева Е.П. О связи максимальной и средней скорости ветра // Труды института экспериментальной метеорологии. – М.: ИЭМ. – 1972. – Вып. 51 (142). – С. 22-29.
3. Прокопов В.А., Олейник Ю.А., Пугач В.В., Тихонов И.М. Определение вероятности возникновения средней скорости ветра в заданном интервале значений // Системи обробки інформації. – 2006. – Вип. 6 (55). – С. 146-152.
4. Барштейн М.Ф. Воздействие ветра на здания и сооружения // Динамический расчет зданий и сооружений. – М.: Стройиздат. – 1984. – С. 169-196.

Надійшла до редколегії 3.04.2007

**Рецензент:** канд. техн. наук, проф. В.О. Прокопов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.