

УДК 525.7

Ю.А. Олійник, Д.В. Дяченко, В.А. Бородавка, В.В. Логінов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВІТРУ

Відомо, що випадковий вектор швидкості вітру характеризується багатьма величинами, що характеризують положення вектору швидкості вітру у просторі. Тому виникає питання, які характеристики вітру необхідно враховувати і якими характеристиками вітру можна зневажати при оцінці вітрового навантаження. Для цього бажано мати в розпорядженні всі відомі величини, які характеризують вітер. Ці характеристики необхідно систематизувати згідно їх фізичних та математичних властивостей. В статті наведено початок систематизації величин, які характеризують дію вітру на системи, що експлуатуються в атмосфері Землі.

Ключові слова: механічні величини, числові характеристики, ймовірність виникнення параметру.

Вступ

При інженерних розрахунках для оцінки впливу турбулентного руху повітряного середовища (вітру) на системи та конструкції, що експлуатуються в атмосфері Землі, звичайно використовуються такі параметри, як сила, потужність та енергія вітру. Ці динамічні характеристики залежать від кінематичних параметрів вітру, а також параметрів, які характеризують повітря та систему, на яку діє повітря. Які кінематичні, динамічні, геометричні та імовірнісні характеристики швидкості та сили вітру знаходити для оцінки вітрового навантаження – важливе питання, яке потребує ретельного аналізу.

Постановка завдання. Сила вітру характеризується багатьма параметрами. Для розв'язання прикладних задач безпосередньо використовуються окремі величини, що знаходяться при дослідженнях впливу вітру на конкретну систему. Скільки величин та параметрів при цьому потрібно? Як систематизувати ці величини для їх використання інженерами? Ці питання будуть розглянуті в представленій статті.

Мета статті. Систематизувати величини, які характеризують дію вітру на системи та конструкції, що експлуатуються в атмосфері Землі.

Основна частина

Для визначення характеристик вітру найчастіше використовують середню його швидкість. При відомих характеристиках атмосфери Землі та системи, що експлуатується в даних умовах, знаходження сили та потужності вітру не являє собою складної задачі [1]. Відомо, що добуток потужності вітру на час дії його сили дає енергію вітру [1].

Як показано в [2], середня швидкість вітру визначається як математичне очікування значення швидкостей вітру. На цій підставі можливо знайти математичні очікування сили, потужності та енергії вітру [3]. При інженерних розрахунках досить часто виникає питання про значення дисперсій сили, потужності та енергії вітру [3]. Але їх знаходження пов'язано з досить складною задачею визначення дисперсій квадрату та кубу швидкості вітру [3], які на практиці звичайно не досліджуються.

Відомо, що швидкість вітру – це кінематична величина, а сила, потужність та енергія вітру – динамічні величини. В [3] показано, як отримувати числові характеристики швидкості вітру та його динамічних параметрів. Але на практиці можлива ситуація, коли необхідно знаходити ймовірність появи той чи іншої швидкості вітру, а також його динамічних параметрів по відомим значенням, які спостерігаються. Тобто виникає задача враховувати механічні параметри вітру як реальні випадкові величини, а не детерміновані, на підставі яких звичайно враховується швидкість та сила вітру. При цьому інженерні розрахунки поведінки сили вітру та вітрового навантаження ускладнюються, але оцінка параметрів вітру більш наближається до реального, випадкового стану атмосфери.

Взагалі, перехід від детермінованих величин до числових характеристик та імовірнісних оцінок при вивченні характеристик вітру – це об'єктивний розвиток наукових досліджень що до дії вітру. Зрозуміло, що характеристики вітру не можуть бути детермінованими, так як стан атмосфери Землі постійно змінюється. В незмінному стані атмосфера може знаходитися лише, знов таки, з якоюсь імовірністю.

Виникає питання, які характеристики потрібні для дослідження дії вітру при інженерних розрахунках? На рис. 1 представлена загальна схема необхідних для цього характеристик вітру, де вказані групи потрібних величин. Для повної характеристики вітру розглядаються три типи величин: механічні, геометричні та випадкові (рис. 1). Найчастіше використовують механічні величини, які поділяються на дві підгрупи: кінематичні та динамічні. Кінематичні – це швидкість та прискорення вітру. Прискорення вітру дуже рідко зустрічається в метеорологічних дослідженнях і, як правило, зовсім не використовується в інженерних розрахунках. Причина цього в тому, що сила вітру знаходиться не по формулі другого закону Ньютона, а за допомогою добутку тиску вітру на площину дії цього тиску (формула Паскаля). В свою чергу, тиск вітру знаходиться з урахуванням рівняння Бернуллі, яке визначає, як знаходити тиск руху газу при знанні його швидкості та щільності.

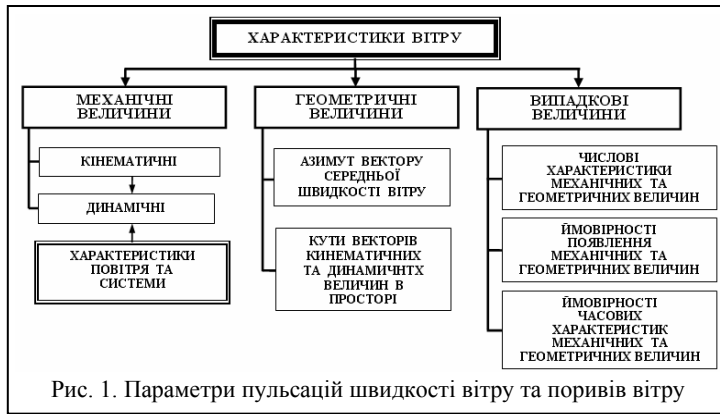


Рис. 1. Параметри пульсацій швидкості вітру та поривів вітру

Можна сказати, що при цьому параметри ваги та прискорення вітру замінюється параметрами щільності та швидкості, що значно спрощує розрахунки, введу того, що знаходження прискорення вітру це більш складне завдання чим знаходження його швидкості.

Динамічні величини, в цьому випадку, знаходяться за допомогою використанні кінематичних характеристик вітру, а також характеристик атмосфери та системи, яка випробовує вітрове навантаження (рис. 1). Наступна група величин – геометричні (рис. 1). В метеорології, в цьому випадку, звичайно, використовується величина азимуту вектору середньої швидкості вітру, що в подальшому використовується для прогнозування погоди. В інженерних розрахунках ця величина не враховується, так як вважається, що сила вітру може діяти на систему з усіх можливих напрямків.

Для вивчення процесу змінення напрямку векторів швидкості і сили вітру в просторі, застосовуються величини кутів векторів кінематичних та динамічних величин в просторі (рис. 1). Перше, що вивчається – це напрям в просторі вектору швидкості вітру \vec{v}_B . Для цього його розкладають на три складові: горизонтальну \vec{v}_x , вертикальну \vec{v}_y та бокову \vec{v}_z (рис. 2) [4]. Складові вектору швидкості вітру перпендикулярні між собою ($\vec{v}_x \perp \vec{v}_y \perp \vec{v}_z$), а вектор \vec{v}_y паралельний вектору прискорення сили тяжіння \vec{g} (рис. 2) [4]. Вектор середньої швидкості вітру \vec{V} (рис. 2) знаходиться на осі OX, де лежить ве-

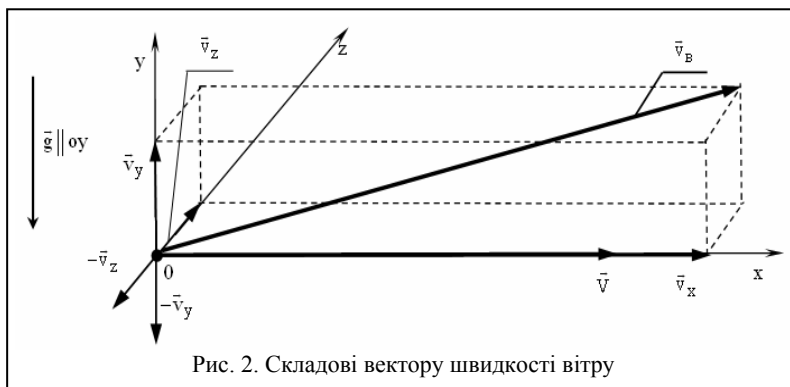


Рис. 2. Складові вектору швидкості вітру

ктор \vec{v}_x , так як кут між векторами \vec{V} та \vec{v}_x прагне до нуля [4].

Визначив кути між векторам \vec{v}_B та осями OX, OY, OZ, можна оцінити зміну напрямку вектору \vec{v}_B , а також значення векторів \vec{v}_x , \vec{v}_y , \vec{v}_z , що відіграє суттєву роль при інженерних розрахунках дії сили вітру. Наприклад, при зльоті чи посадці літака, який летить вздовж осі OX, при рості значень векторів \vec{v}_y та \vec{v}_z , значення вектору \vec{v}_x буде зменшуватись, а відповідно і

буде зменшуватись підйомна сила, яка діє на літак. Зміна напрямку \vec{v}_B при зльоті чи посадці літака може зменшувати витрату повітря в компресорі газотурбінного двигуна, що приводить до зменшення його тяги.

З рис. 2 видно, що, значення \vec{v}_x залежить не тільки від значення \vec{v}_B , але і от напрямку \vec{v}_B в просторі. Таким чином, властивості системи при експлуатуванні в атмосфері будуть чутливі не тільки к зміненню значення \vec{v}_B , а й к зміненню напрямку \vec{v}_B .

Наступний і останній тип величин - випадкові величини (рис. 1). Це, по перше, числові характеристики механічних та геометричних величин. В якості числових характеристик, як правило, використовуються математичне очікування, дисперсія та середньоквадратичне відхилення. Наприклад, вектор середньої швидкості вітру \vec{V} – це математичне очікування вектору \vec{v}_x (рис. 2). А так як кут між \vec{V} та \vec{v}_x прагне до нуля, то $M[v_x] = V$.

При змінні ймовірностей виникнення різних значень швидкості вітру також буде змінюватися і ймовірність виникнення різних значень сили вітру. Наведені приклади для поведінки ймовірностей швидкості та сили вітру використовуються в інженерних розрахунках. Але любий механічний чи геометричний параметр має ймовірність виникнення при досягненні конкретного значення на інтервалі, що розглядається, чи в розглядаємої точці [2, 4, 5]. Для метеорології важливо знати ймовірність виникнення визначеного азимуту швидкості вітру, для інженера важливо знати ймовірність виникнення мак-

симально можливої швидкості вітру, тобто випадкові параметри вітру використовуються в залежності від поставлених перед дослідником чи інженером завдань.

Можливо, що числові характеристики можуть повністю задовольнити дослідника визначених характеристик вітру. При більшому уточненні властивостей того чи іншого випадкового механічного або геометричного параметру, числових хара-

ктеристик вже недостатньо. Постає необхідність додатково використовувати ймовірнісні характеристики розглядаємого випадкового параметру.

Після числових характеристик випадкових величин на рис. 1 показані величини ймовірності появи механічних та геометричних величин. Зрозуміло, що швидкість вітру заданого значення може виникати з якоюсь ймовірністю. Велика швидкість вітру (більш 20 м/с) має достатньо малу ймовірність виникнення, менша швидкість вітру (від 10 до 15 м/с) виникає з більшою ймовірністю. Але це стосується поверхні Землі, де висота не більш 30 м. На висотах понад 300 м швидкість вітру досягає 50 м/с [1] і ймовірності виникнення швидкості вітру заданого значення будуть іншими, ніж на менших висотах.

При знанні ймовірності виникнення відомої швидкості та сили вітру наступне питання, яке виникає у інженера, – це скільки часу розглядаємый параметр існує? Наприклад, сила вітру, що розглядається за де який час, здійснює роботу над системою і чим довше ця сила вітру діє, тим більшу роботу вона здійснює. Чи, наприклад, швидкість вітру може мати напрямок в заданому інтервалі азимуту, але який час буде зберігатися цей напрямок і з якою ймовірністю? Щоб враховувати часові властивості випадкових механічних та геометричних величин, необхідно розраховувати ймовірності часових характеристик цих величин. Група ймовірностей часових характеристик механічних та геометричних величин показана в останньому блоці рис. 1.

Часові характеристики можуть не враховуватись коли ми вивчаємо, наприклад, тільки значення сили вітру. Але, коли нас цікавить енергія вітру чи імпульсне навантаження системи при поривах вітру [2], то без часових характеристик обійтись неможливо. Вивчення можливостей щодо виникнення пориву вітру [2] також неможливо без урахування ймовірності часових характеристик кінематичних та геометричних параметрів вітру.

При завданні ймовірності напрямку та значення середньої швидкості вітру \bar{V} ми вже стикаємося з

необхідність завдання наступних ймовірнісних характеристик: ймовірність виникнення \bar{V} в заданому напрямку, ймовірність напрямку \bar{V} за розглядаємый час, ймовірність значення V в заданому інтервалі [4], ймовірність існування значення V за розглядаємый час. Зараз ці ймовірнісні характеристики не враховуються, що значно спрощує оцінку швидкості та сили вітру, але не відбиває реального стану атмосфери.

Висновки

В статті систематизовані характеристики вітру, які необхідно знаходити та досліджувати для вивчення поведінки вітру як випадкового процесу зміни стану атмосфери. Вказані основні величини, що достатні для знаходження найбільш розповсюджених характеристик вітру.

Список літератури

1. Барштейн М.Ф. Воздействие ветра на здания и сооружения // Динамический расчет зданий и сооружений. – М.: Стройиздат. – 1984. – С. 169-196.
2. Олійник Ю.А., Бородавка В.А., Слободянюк В.Ф. Визначення характеристик параметрів випадкової функції швидкості вітру. Збірник наукових праць // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 5 (63). – С. 93-96.
3. Олійник Ю.А., Бородавка В.А., Логінов В.В., Дяченко Д.В. Визначення числових характеристик сили, потужності та енергії вітру. – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. 1(55). – С. 57-59.
4. 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. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 6 (55). – С. 146-152.
5. Венцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Высшая школа. – 2001. – 575 с.

Надійшла в редколлегию 3.03.2008

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЕТРА

Ю.А. Олейник, В.А. Бородавка, В.В. Логиков, Д.В. Дяченко

Известно, что случайный вектор скорости ветра характеризуется многими величинами, которые характеризуют положение вектора скорости ветра в пространстве. Поэтому возникают вопросы, какие характеристики ветра необходимо учитывать и какими характеристиками ветра можно пренебречь при оценке ветровой нагрузки. Для этого желательно иметь в распоряжении все известные величины, которые характеризуют ветер. Эти характеристики необходимо систематизировать согласно их физических и математических свойств. В статье проведено начало систематизации величин, которые характеризуют действие ветра на системы, которые эксплуатируются в атмосфере Земли.

Ключевые слова: механические величины, числовые характеристики, вероятность возникновения параметра.

PARAMETERS OF WIND

Yu.A. Oleynik, V.A. Borodavka, V.V. Loqinov, D.V. Dyacshenko

The Known that casual vector to velocities winds is characterized many value, which characterize the position of the vector to velocities winds in space. So appear in-ask, what features winds necessary to take into account and what feature winds possibly neglects at estimation winds loads. For this advisable have at the disposal all known-ranks, which characterize the wind. These features necessary to systematize according to their physical and mathematical characteristic. In article is organized begin systematizations of the values, which characterizes action winds on systems, which are used in atmosphere of the Land.

Keywords: the mechanical values, random quantities, numeric features, probability of the arising the parameter.