

*The cultivation of crops causes a decrease of the humus content, and hence soil fertility. The introduction of the relevant norms of manure ensures the maintenance of humus at the initial level.*

*An important factor in increasing the fertility of the soil is quality organic fertilizers, thus improving the technical means for their introduction is important. Existing Roskin the device body machines for applying solid organic fertilizers does not fully satisfy the agricultural requirements of the quality of grinding and the uniformity of fertilizer distribution across the field. Designed machines for applying solid organic fertilizers with a spreader device, the reels which are mounted at an angle of 45° to the direction of movement and equipped with a replaceable teeth. Theoretically justified parameters broadcast device that more efficiently pulverizes and distributes solid organic fertilizer on the field surface, with the width of their inclusion increases significantly, and therefore increases the productivity of the machine.*

**Keywords: solid organic fertilizer, spreader, grinding-broadcast drum, teeth of drum, conveyor**

УДК 624.042.4

## **ВИЗНАЧЕННЯ ВІТРОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ ЩІЛЬНОЇ МІСЬКОЇ ЗАБУДОВИ**

**Є. А. Бакулін, кандидат технічних наук  
В. М. Бакуліна**

**Національний університет біоресурсів і  
природокористування України  
e-mail: bakulin959@ukr.net**

**Н. О. Костира, кандидат технічних наук  
Національний авіаційний університет  
e-mail: iakos62@ukr.net**

**Анотація.** При будівництві висотних будівель в умовах щільної міської забудови змінюються лінії вітрового потоку. Зміна вітрового потоку приводить до утворення підвітряних хвиль і їх генерації, це створює додаткові навантаження, збільшуючи тиск на бічні поверхні оточуючих будівель. Із-за неоднорідності вітрового потоку розподіл тиску на бічні стіни будівлі нерівномірний. В результаті, на бічній поверхні утворюються моменти кручення, що може привести до значних напружень у вузлових з'єднаннях, особливо в конструкціях фасадних систем.

© Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира, 2016

*У даному випадку розглядається варіант розташування об'єктів, при якому спостерігається хвилеутворення та взаємодія підвітряних хвиль, що призводить до їх інтерференції. Геометричні розміри областей впливу підвітряних хвиль, знаходяться всередині клина Кельвіна де відбувається їхній негативний вплив і накладання зон інтерференції. За даних умов наведено методику розрахунку додаткових хвильових навантажень діючих на будівлі, що знаходяться в щільній міській забудові. Методика базується на визначенні границь області розповсюдження підвітряних хвиль і накладанні зон інтерференції. Запропоновано алгоритм розрахунку для врахування довільності розташування джерел хвилеутворення. Наведено розрахунки з визначення: параметрів інтерференції; радіуса вектору в зони інтерференції, що спричиняє повітряну хвилю; кінетичної енергії хвиль вітру і додаткових вітрових навантажень. Ефект інтерференції запропоновано визначати двома способами: перший - перетворенням величин тиску в коефіцієнти лобового опору та підйомної сили (бічної сили); другий - як коефіцієнт відношення, відповідного значення параметра з присутністю будівлі до відповідного значення параметра без будівлі.*

**Ключові слова:** *вітрові навантаження, підвітряні хвилі, інтерференція, хвильовий вектор, висота хвилі*

**Постановка проблеми.** Згідно ДБН В.1.2-12-2008 «Будівництво в умовах щільної забудови. Вимоги безпеки» необхідно проводити комплексну оцінку умов ділянки будівництва (аерація, інсоляція, шумовий режим, вібраційні впливи, тощо), а також визначити характер і зону взаємного впливу висотної проектованої будівлі та існуючих прилеглих об'єктів. З включенням висотної новобудови в оточення існуючої забудови, моделювання вітрових навантажень стає досить складним. Зміна ліній вітрового потоку як результуючий розподіл тиску на будівлі [1] наведено на рис. 1.

В даному випадку, змінюється напрям вітрових хвиль і частина зрушеного шару прискорюється навколо внутрішньої бічної стіни будівлі, що розташована далі відносно вітрового потоку. Це призводить до збільшення негативного тиску (розрідження) на внутрішній бічній стороні та генерує вітрові хвилі, які створюють додаткове навантаження. В результаті неоднорідності вітрового потоку, розподіл вітрового тиску на бічних поверхнях будівлі нерівномірний, що створює додатковий момент кручення. Виникнення моменту кручення може привести до значних напружень у вузлах з'єднаннях конструкцій, особливо при проектуванні навісних фасадних систем.

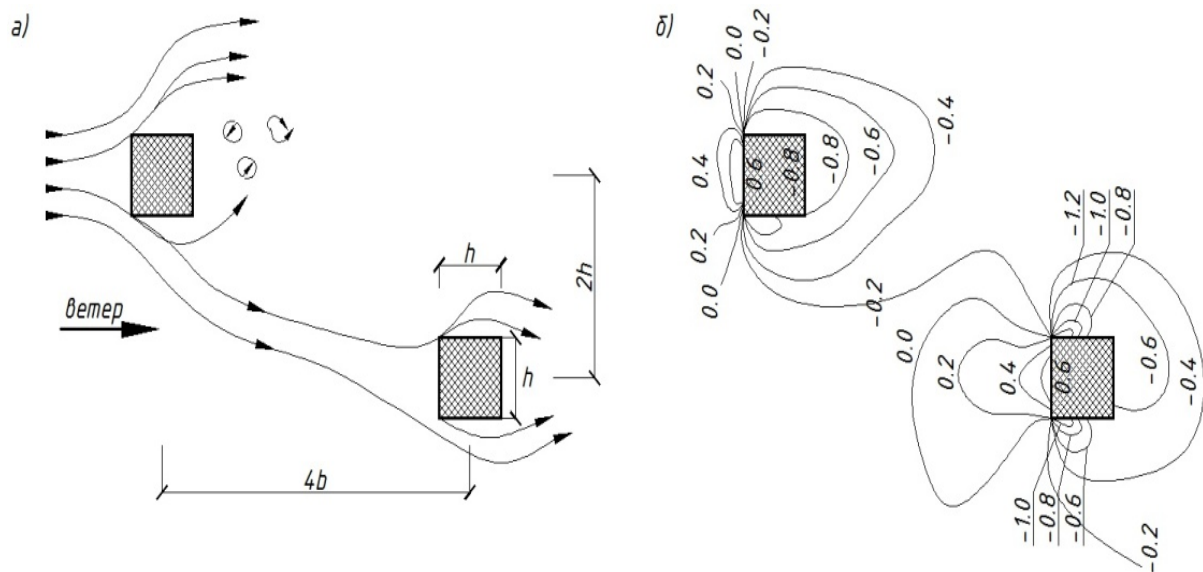


Рис. 1. Вітрові навантаження на дві поряд розташовані будівлі в умовах щільної міської забудови: а) модель потоку навколо двох будівель; б) розподілення тиску навколо будівель.

**Мета досліджень.** Визначити розміри області та відповідні зони інтерференції в яких хвилеутворення буде створювати додаткові навантаження. Визначити кінетичну енергію хвилі та додаткові вітрові навантаження.

**Результати досліджень.** Розглянемо декілька варіантів розташування об'єктів і визначимо розміри областей (рис. 2), в яких спостерігаються хвилеутворення та взаємодія підвітряних хвиль, в окремих випадках призводячи до їх інтерференції.

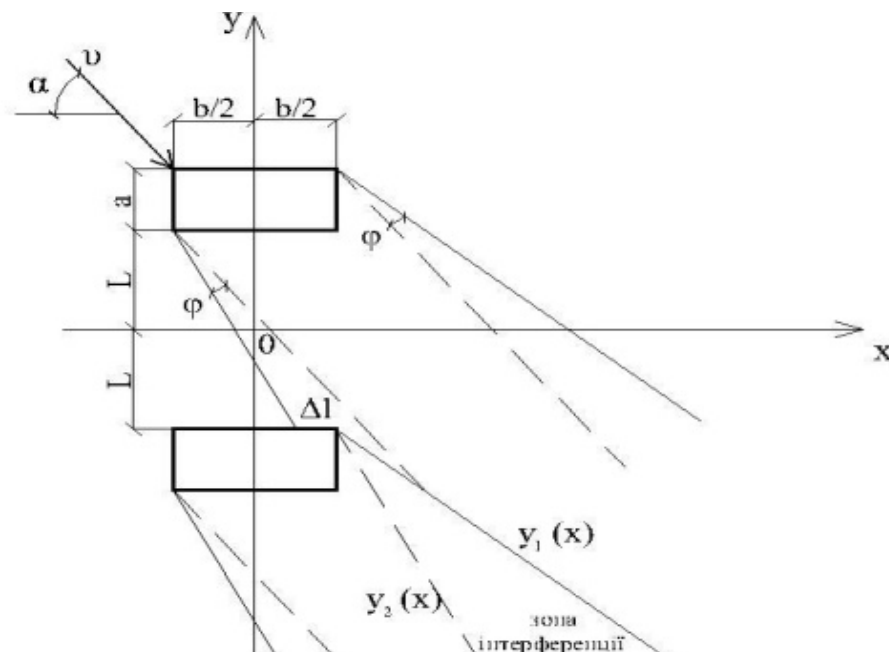


Рис. 2. Розрахункова схема визначення зони інтерференції підвітряних хвиль.

Утворені підвітряні хвилі знаходяться всередині клина Кельвіна, геометричні розміри якого визначені [2], тому результати можливо застосувати для опису геометричних розмірів областей впливу хвилеутворення на додаткові вітрові навантаження. Кутові розміри клина Кельвіна визначаються в залежності від напрямку повітряного потоку [3]. Для випадків:

$$90^\circ - \alpha - \varphi < \arctg \frac{b}{L}, \quad \text{тоді} \quad \alpha > 90^\circ - \varphi - \arctg \frac{b}{L},$$

де:  $\alpha$  – напрямок вітрового потоку:  $y_0 = -L$ ;  $x_0 = \frac{b}{2}$ .

В області, розташованій між прямими  $y_1(x)$  і  $y_2(x)$ , буде спостерігатися взаємодія підвітряних хвиль і інтерференція (рис. 3).

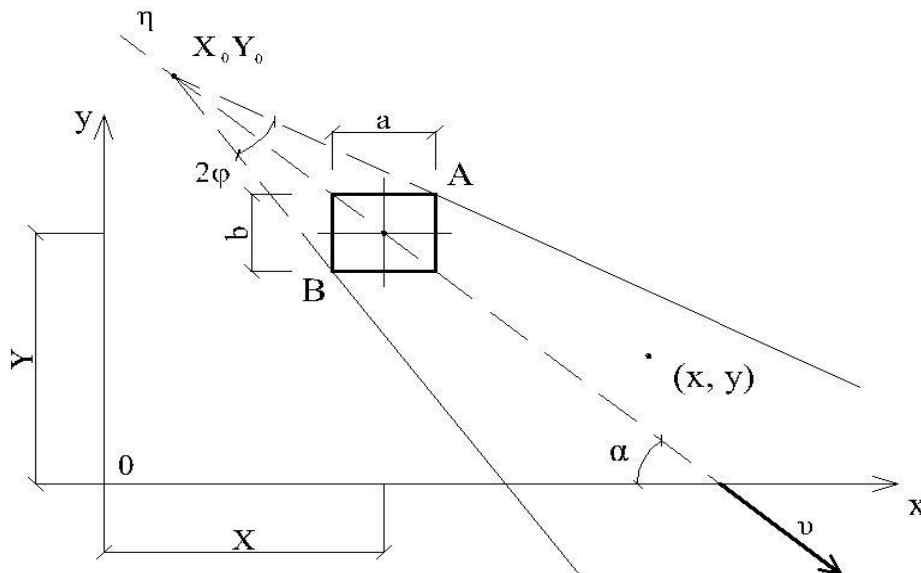


Рис. 3. Схема визначення границь області розповсюдження підвітряних хвиль.

Для врахування довільності розташування джерел хвилеутворення необхідно використовувати наступний алгоритм:

1. Вибирається досліджуваний напрям вітру.
2. У напрямку вітру для кожного джерела від крайніх точок проводяться прямі, що утворюють клин Кельвіна, джерелом хвилеутворення вибирається точка сходження прямих.
3. В областях, де немає положення хвильових областей, розрахунок хвильового тиску визначається за формулою:

$$\Delta P_i = \frac{P \cdot g}{32 \nu T} \cdot z_i^2(t, r_i).$$

4. Визначається область, де відбувається накладання зон інтерференції.

5. Формула для визначення  $r$ :

$$r_i = \sqrt{(x - X_0)^2 + (y - Y_0)^2}.$$

Для точки А:  $Y_0 = -\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \cdot X_0 + b_1$ .

Для точки Б:  $Y_0 = -\operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \cdot X_0 + b_2$ .

$$[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)] \cdot X_0 = b_2 - b_1.$$

$$X_0 = \frac{b_2 - b_1}{\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) - \operatorname{tg}(\alpha - \varphi)}.$$

Визначення коефіцієнтів  $b_2$  і  $b_1$ :

$$b_1 = Y + \frac{b}{2} + \operatorname{tg}(\alpha - \varphi) \cdot \left( X + \frac{a}{2} \right).$$

$$b_2 = Y - \frac{b}{2} + \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \left( X - \frac{a}{2} \right).$$

Визначимо зону інтерференції для симетрично розташованих будівель, напрямку вітру в даному випадку буде збігатися з горизонтальною віссю координат (рис. 4).

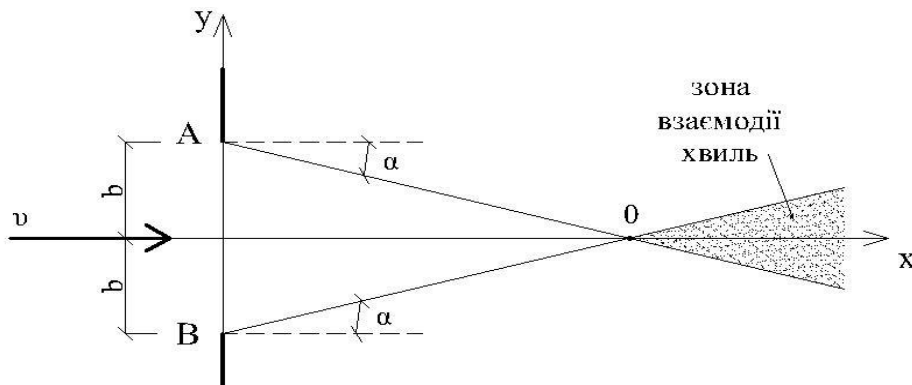


Рис. 4. Випадок зони інтерференції для будівель, розташованих на одній прямій.

Початок координат розташуємо на прямій, що з'єднує максимальні перерізи будівель в напрямку хвилі, вісь  $X$  спрямована вздовж напрямку вітру, вісь  $Y$  – перпендикулярно їй. Хвилі від будівлі:

$$\begin{cases} z_1 = A_1 \cos(\omega_1 t - k_1 x) \\ z_2 = A_2 \cos(\omega_2 t + k_2 x) \end{cases}$$

Якщо геометричні параметри будівель однакові, то результуючі коливання будуть мати такий вигляд:

$$z = 2a \cos\left(\omega t - \frac{kd}{2}\right) \cos\left(kx - \frac{kd}{2}\right)$$

де:  $d$  – відстань між будівлями (спорудами);  $\omega$  – частота коливань;  $k$  – хвильовий вектор.

Область, в якій виникає інтерференція підвітряних хвиль:

$$\begin{cases} x \geq \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} \\ y \geq -\operatorname{tg} \alpha x + b \\ y \leq \operatorname{tg} \alpha x - b \end{cases} \quad x_0 = \frac{\operatorname{tg} \alpha \cdot a}{2 \operatorname{tg} \alpha} + \frac{2b}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \frac{a}{2} + \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} \quad y_0 = \operatorname{tg} \alpha \left( \frac{a}{2} + \frac{b}{\operatorname{tg} \alpha} \right) - b = \frac{a \operatorname{tg} \alpha}{2}.$$

У даній області відбувається взаємодія хвиль.

Визначення енергії та тиску хвиль [4]. Кутова швидкість руху частинки по орбіті, яка зв'язана з періодом хвилі:

$$\omega = \frac{2\pi}{\tau}.$$

Із формул:  $c_\phi = \frac{\lambda}{\tau}$  і  $c = \sqrt{\frac{g\lambda}{2\pi}}$  маємо  $\tau = \sqrt{\frac{2\pi\lambda}{g}}$ .

Відповідно, кінетична енергія частинки з одиничною масою буде рівна:

$$\Delta E_K = \frac{v^2}{2} = \frac{\omega^2 r^2}{2} = \frac{4\pi^2 r^2}{2\tau^2} = \frac{4\pi^2 g r^2}{2\pi\lambda}.$$

Після скорочення:

$$\Delta E_K = \frac{g\pi r^2}{\lambda}.$$

Таким чином, кінетична енергія частинки з одиничною масою дорівнює потенціальній. Повна енергія це сума кінетичної та потенціальної енергій:

$$\Delta E = \Delta E_n + \Delta E_k = \frac{2g\pi r^2}{\lambda}.$$

Кількість енергії, яким володіє стовп повітря товщиною  $db$  з основою, рівній одиниці, і щільністю  $\rho$ , буде:

$$dE = \Delta E \rho db = 2g\rho \frac{\pi r^2}{\lambda} db.$$

Для отримання повної енергії, укладеної в стовпі повітря з одиничною основою, тобто енергії, що припадає на одиницю поверхні хвилі, необхідно проінтегрувати цей вираз по всій товщі від нуля до нескінченності:

$$E = \int_0^\infty 2g\rho \frac{\pi r^2}{\lambda} db.$$

Замінемо  $r = r_0 e^{\frac{2\pi}{\lambda} b}$ , отримаємо  $E = 2g\rho \frac{\pi r_0^2}{\lambda} \int_0^\infty e^{\frac{4\pi}{\lambda} b} db = \frac{g\rho r_0^2}{2}$ ,

враховуючи, що  $r_0 = \frac{h_0}{2}$ , знайдемо енергію, що припадає на одиницю

поверхні хвилі, приймаючи, що висота хвилі дорівнює  $h_0$ ,  $E = \frac{1}{8} \rho g h_0^2$ .

З формули видно, що енергія, укладена під одиничною площею, залежить тільки від висоти хвилі. Квадратична залежність вказує на швидке зростання енергії при зростанні висоти хвилі. Оскільки радіуси орбіт з глибиною швидко зменшуються, основна енергія хвилі зосереджена у її верхній частині. Вираз справедливо для двовимірної хвилі, у якої висота хвилі не змінюється вздовж гребня. Ефект інтерференції може бути обчислений двома способами: перший – беруться величини тисків у певних точках на досліджуваних моделях і перетворюються в коефіцієнти лобового опору та підйомної сили (бічний сили), другий – приймає моменти або прискорення нагорі моделі висотного будинку. Ефект інтерференції визначається як коефіцієнт інтерференції та обчислюється за формулою:

$$IF = \frac{K1}{K2},$$

де  $K1$  – відповідне значення параметра з присутністю будівлі,  $K2$  – відповідне значення параметра без будівлі.

**Висновки.** Розрахунок додаткових хвильових навантажень повинен проводитися за наступною методикою:

1. Визначення геометричних параметрів області та відповідно до них зони інтерференції  $x \geq x_0$ ,  $y_2 \leq y \leq y_1$ .

2. Розрахунок радіуса вектора в точці середини зони інтерференції на відстань між даною точкою та центром будівлі, що спричинив повітряну хвилю.

3. Розрахунок кінетичної енергії хвиль і додаткових вітрових навантажень.

### Список літератури

1. Реттер Э. И. Архитектурно-строительная аэродинамика / Э. И. Реттер. – М.: Стройиздат, 1984. – 294 с., ил.
2. Симиу Э. Воздействие ветра на здания и сооружения / Э. Симиу, Р. Сканлан : пер. с англ. Б. Е. Маслов, А. В. Швецова ; Под ред. Б. Е. Маслова. – М.: Стройиздат, 1984. – 360 с., ил. – Перевод изд.: Wind Effects on Structures / E. Simiu, R. Scanlan.
3. Горохов Е. В. Эффект подветренных волн при определении ветровых нагрузок / Е. В. Горохов, С. Г. Кузнецов, В. Н. Васылев // Сборник научных трудов ОГАСА. – 2008. – Ч. 1. – С. 36–41.
4. Кузнецов С. Г. Чисельне моделювання вітрових навантажень висотних будівель / С. Г. Кузнецов // Міжвузівський збірник. Луцький державний технічний університет. – 2008. – С. 168–173.

### References

1. Retter, E. Y. (1984). Arkhytekturno-stroytel'naya aerodynamyka [Architectural-construction aerodynamics]. M.: Stroyyzdat, 294, yl.
2. Symiu, E., Scanlan, R. (1984). Vozdeystvye vetra na zdanyya y sooruzhenyya [Wind Effects on buildings and structures]. per. s anhl. B. E. Maslov, A. V. Shvetsova ; Pod red. B. E. Maslova. M.: Stroyyzdat, 360, yl. Pervod yzd.: Wind Effects on Structures. E. Simiu, R. Scanlan.

3. Horokhov, E. V., Kuznetsov, S. H., Vasilev, V. N. (2008). Effekt podvetrennikh voln pry opredelenyy vetrovikh nahruzok [Effect of Lee waves in the determination of wind loads]. Collection of scientific works of the OGAS. Ch. 1. 36–41.

4. Kuznetsov, S. H. (2008). Chysel'ne modelyuvannya vitrovykh navantazhen' vysotnykh budivel' [Numerical simulation of wind loads of tall buildings]. Interuniversity collection. Lutsk State Technical University. 168–173.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕТРОВЫХ НАГРУЗОК ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ В УСЛОВИЯХ ПЛОТНОЙ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ**

**Е. А. Бакулин, В. М. Бакулина, Н. А. Костыра**

**Аннотация.** При строительстве высотных зданий в условиях плотной застройки изменяются линии влияния ветрового потока. Изменения ветрового потока приводит к образованию подветренных волн и их генерации, это создает дополнительные нагрузки, увеличивая давление на боковые поверхности окружающих зданий. Из-за неоднородности ветрового потока распределение давления на боковые поверхности стен зданий неравномерные. В результате чего на боковой поверхности образуются крутящие моменты, что может привести к значительным напряжениям в узловых соединениях, особенно в конструкциях фасадных систем. В данном случае рассматривается вариант размещения объектов, при котором образуется волнообразование и взаимодействие подветренных волн, которые приводят к интерференции. Геометрические размеры области влияния подветренных волн находятся в середине клина Кельвина, где происходит их негативное влияние и наложение зон интерференции. Исходя из данных условий представлена методика расчета дополнительных волновых нагрузок действующих на здания, которые находятся в плотной городской застройке. Методика базируется на определении границ области распространения подветренных волн и наложения зон интерференции. Предложен алгоритм расчета учета свободного расположения источника волнообразования. Приведены расчеты по определению: параметров интерференции; радиуса вектора в зоне интерференции, который создает подветренную волну; кинетической энергии волны ветра и дополнительных ветровых нагрузок. Эффект интерференции предложено определять двумя способами. Первый – преобразованием величин давления в коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы (боковой силы). Второй – как коэффициент отношений, соответствующего значения параметра с присутствием здания к соответствующему параметру без здания.

**Ключевые слова:** ветровые нагрузки, подветренные волны, интерференция, волновой вектор, высота волны



## DETERMINATION OF WIND LOADS OF TALL BUILDINGS IN DENSE URBAN AREAS

**Ye. A. Bakulin, V. M. Bakulin, N. A. Kostyra**

**Annotation.** *At construction of high-rise buildings in the conditions of dense building lines of influence of a wind stream are changed. Change of a wind stream leads to formation of leeward waves and their generation, it creates additional loadings, increasing pressure upon lateral surfaces of surrounding buildings. Because of heterogeneity of a wind stream pressure distribution upon lateral surfaces of buildings walls is uneven. Therefore, on a lateral surface torques are formed that can lead to considerable tension in nodal connections, especially in designs of facade systems. In given cases the variant of objects arrangement is considered at which wave formation and interaction of leeward waves is formed which lead to an interference. The geometrical sizes of influence area of leeward waves are in the middle of a wedge of Calvin, where there is their negative influence and imposing of zones of an interference. Proceeding from these conditions the method of calculation of the additional wave loadings is presented operating on buildings which are in dense city building. The technique is based on determination of area of distribution of leeward waves and imposing of the interference zones. The algorithm of calculation is offered in terms of a free arrangement of a source of wave formation. Calculations for definition are given: interference parameters; vector radius in an interference zone which creates a leeward wave; kinetic energy of a wind wave and additional wind loadings. It is offered to define effect of an interference in two ways. The first - transformation of pressure values to coefficients of front resistance and carrying power (lateral force). The second – as coefficient of the ratio, the corresponding value of parameter with presence of the building to the corresponding parameter without building.*

**Keywords:** *wind loadings, leeward waves, interference, wave vector, height of wave*

УДК 631.363.636.085

## МЕТОДОЛОГИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЖИВОТНОВОДСТВА

**В. В. Шацкий, доктор технических наук**

**Аннотация.** *Представлены концепция и методология оптимизации параметров биотехнической системы*

© В. В. Шацкий, 2016