

ГЕНЕРАЦИЯ ВЕТРОВЫХ ВОЛН В БОЛЬШИХ КАНАЛАХ

¹Нормаматов Усмон Кахрамон угли,
²Кувватов Жобирбек Закирджон угли,
²Джураева Шахноза Халим кизи,
³Латипов Шахбоз Алишер угли

¹Магистрант Бухарского Института управления природными ресурсами при
Национального исследовательского университета" Ташкентский институт
инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства"

² Магистрант Каршинского инженерно-экономического института

³ Доцент Каршинского инженерно-экономического института.

Email:normamatov_2020@mail.ru, jobirbekquvvatov0098@gmail.com

АННОТАЦИЯ

В данной статье предлагается анализ исследований по генерации ветровых волн и предлагается методика расчета определения параметров ветрового волнения в больших земляных каналов.

Ключевые слова: *ширину канала, глубину канала, среднюю по глубине скорость течения в канале, длину прямолинейного участка канала, скорость ветра на высоте, эффективная длина разгона.*

ANNOTATSIYA

Ushbu maqolada katta yer kanallarida shamol ta'siridagi to'lqinlarning generatsiyasi tahlil qilingan va ularning parametrlarini aniqlashning hisoblash usullari keltirilgan.

Kalit so'zlar: *Ularning asosiylari kanal kengligi, kanal chuqurligi, kanaldagi oqimning o'rtacha chuqurlik tezligi, kanalning to'g'ri uchastkasining uzunligi, balandlikdagi shamol tezligi, olib kelishning samarali uzunligi.*

ABSTRACT

This article proposes an analysis of research on the generation of wind waves and proposes a calculation method for determining the parameters of wind waves in large earthen channels.

Keywords: *The key ones are the channel width, the channel depth, the average depth velocity of the current in the channel, the length of the straight section of the channel, the wind speed at height, the effective length of the fetch. words*

ВВЕДЕНИЕ

Под генерацией волн понимается процесс образования и развития волн, для которых существенны факторы, питающие волнения энергией. В гидравлических и гидротехнических задачах могут быть важны поверхностные волны различного происхождения: ветровые, цунами, приливные, волны прорыва, паводковые и др. [2]. В существующих методах расчета генерации поверхностных волн широко используются методы математического моделирования и гидравлического эксперимента.

Методы расчета ветровых волн можно разделить на три класса:

1) дискретные спектральные методы, в основу которых положено численное решение уравнения баланса энергии; 2) параметрические спектральные методы, в основу которых положено численное решение уравнений, связывающих параметры спектра с характеристиками ветра; 3) методы, основывающиеся на эмпирических соотношениях, связывающих непосредственно высоты и периоды волн с характеристиками ветра и разгоном. Эти методы основаны на аппроксимации большого количества измерений [3] и в настоящее время включены в нормативные документы.

В данной статье предлагается расчет по определению заданной обеспеченности высоту, длину, период ветровых волн для ветра с постоянной скоростью на участке канала постоянных глубины и ширины при наличии постоянного попутного или встречного течения, распространяющегося вдоль оси канала.

Основные расчетные зависимости для генерации ветровых волн на течении представляют аппроксимацию массовых экспериментов [9, 10]. Опыты были выполнены в аэрогидроканале длиной 28,5 шириной 1,5 и высотой 1,3 м. Исследовали случаи только волн, а также волн на встречном и попутном течении. Скорости течения в опытах составляли 0; +10,1; +20,3; +29,9; -10,1; -14,4; -20,3 см/с. Использовали три скорости ветра: 5,6; 8,2; 11 м/с. Во всех случаях на четырех постах по длине разгона измеряли взволнованную поверхность резистивными волнографами, записи автоматически оцифровывали с шагом квантования по времени 0,0195 с. На ЭВМ вычисляли видимые частотные спектры, от которых переходили к истинным спектрам. По полученным спектрам определяли частоту максимума спектра и высоту волн. Полученные экспериментальные данные во всех случаях, кроме $V_{\omega} = 5,6 \text{ м/с}$, очень хорошо аппроксимируются зависимостями [6]:

$$\frac{u_* f_m}{g} = 0,939 \left(\frac{g X_p}{u_*^2} \right)^{-0,354}; \quad (1)$$

$$\frac{g h_{1/3}}{u_*^2} = 0,0191 \left(\frac{g X_p}{u_*^2} \right)^{0,669}, \quad (2)$$

Где u_* - скорость трения ветра; f_m - частота максимума истинного спектра; $h_{1/3}$ - значительная высота волн (средняя из волн, обеспеченность которых выше 1/3); X_p - эффективная длина разгона.

Последняя величина определяется как

$$\frac{X_p}{x_p} = \frac{\int_0^{x_p} \frac{d_x}{C_{9a}(x)} dx}{\int_0^{x_p} \frac{d_x}{C_{90}(x)} dx}, \quad (3)$$

где x_p - геометрическая (линейная) длина разгона; $C_{9a}(x)$ - групповая абсолютная скорость для волн на течении; $C_{90}(x)$ - групповая скорость для волн на течения.

На основании тщательных измерений профиля скорости ветра [9,10] выведена зависимость

$$V_\omega = 25u_*, \quad (4)$$

где V_ω - скорость ветра на высоте 10 м от поверхности в натуральных условиях.

Если принять, что статистические распределения высот волн соответствуют рэлеевскому, то с использованием формулы (4) из формул (2) и (3) можно получить следующие зависимости для средних высоты и периода волн:

$$\frac{\bar{g} \bar{h}}{V_\omega^2} = 0,0017 \left(\frac{g X_p}{V_\omega^2} \right)^{0,669}; \quad (5)$$

$$\frac{\bar{g} \bar{T}_r}{V_\omega} = 0,44 \left(\frac{g X_p}{V_\omega^2} \right)^{0,354}, \quad (6)$$

где \bar{h}, \bar{T}_r - соответственно средние высота и относительный период волн.

Зависимости (5) и (6) можно считать справедливыми при скоростях ветра более 5,6 м/с [9,10].

Далее из выражений (5) и (6) можно получить связь между безразмерным периодом и безразмерной высотой волны в виде

$$\frac{\bar{g} \bar{T}_r}{V_\omega} = 2,04 \cdot 2 \cdot \pi \left(\frac{\bar{g} \bar{h}}{V_\omega^2} \right)^{0,529}, \quad (7)$$

что вполне удовлетворительно согласуется со строительными нормами и правилами [5]:

$$\frac{\bar{g} \bar{T}_r}{V_\omega} = 3,1 \cdot 2 \cdot \pi \left(\frac{\bar{g} \bar{h}}{V_\omega^2} \right)^{0,625}. \quad (8)$$

Последняя зависимость в свою очередь получена обобщением больших массивов натуральных и лабораторных данных [3]. Таким образом, зависимости (5) и (6) основаны на большом количества лабораторных опытов [9,10] и, в частном случае $u=0$, соответствуют имеющимся эмпирическим данным и методам расчета [3,5].

Представление об эффективной длине разгона для волн на течении (3) качественно соответствует другим, независимым от данных [9,10], лабораторным опытам по генерации ветровых волн на течении [8,11] а также натурным данным [4]. Количественное сравнение с этими данными невозможно из-за неполноты экспериментальной информации [3,4] или неправильной методики обработки [11]. Зависимость (3) может быть представлена в безразмерном виде.

$$\frac{X_p}{x_p} = \frac{\int_{x^1_H}^{x^1_k} [0,0348 \left(\frac{X_p}{x_p} \right)^{0,354} \left(\frac{u |\cos \alpha|}{V \omega} \right) x^{1,0,354} \pm 1] dx}{44,52 \frac{u |\cos \alpha|}{V \omega} (x_k^{1,0,646} - 0,069)}, \quad (9)$$

где знак “+” в числителе соответствует попутному, а знак “-” - встречному течению;

$$x^1 = gx_p / V_\omega^2.$$

Анализ выше приведенных зависимостей позволяет предлагать следующую методику расчета для определения параметров волн.

Методика позволяет определить средние и заданной обеспеченности высоту, длину, период ветровых волн для ветра с постоянной скоростью на участке канала постоянных глубины и ширины при наличии постоянного попутного или встречного течения, распространяющегося вдоль оси канала.

1. Для расчета необходимо задать следующие параметры (рис.1):

V_ω - скорость ветра на высоте 10 м;

α - генеральное направление ветра относительно оси канала;

d - глубину канала;

b - ширину канала;

x_0 - длину прямолинейного участка канала;

u - среднюю по глубине скорость течения в канале.

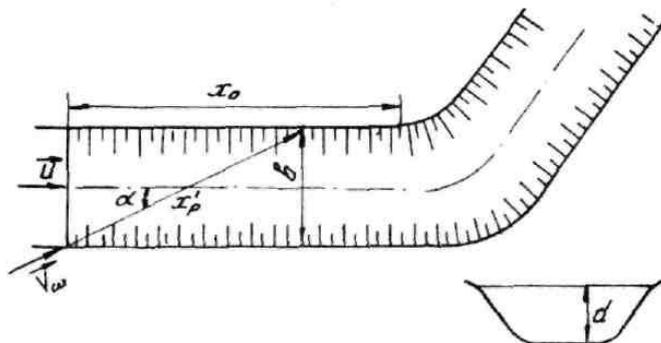


Рис. 1. Схема генерации ветровых волн в канале

2. Линейный разгон x_p^1 определяется таким образом:

$$x_p^1 = \begin{cases} x_0, & \alpha = 0^\circ, 180^\circ; \\ \frac{b}{\sin \alpha}, & 0^\circ < \alpha < 180^\circ \end{cases} \quad (10)$$

3. Эффективная длина разгона x_p , учитывающая ширину канала и распределение ветра по направлениям, определяется с использованием графика (рис.2), на котором приведена зависимость x_p / x_p^1 от α / x_0 с учетом направлений ветра в диапазоне $\pm 30^\circ$ от генерального направления.

По вычисленному значению α / x_0 находятся значение x_p / x_p^1 и соответственно значение x_p .

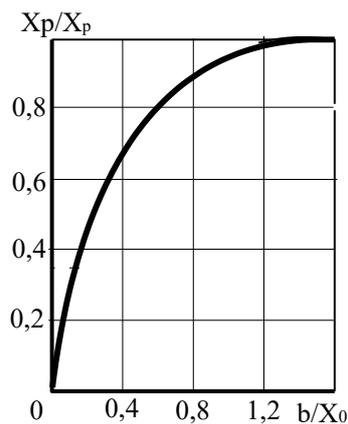


Рис.2. Зависимость $X_p / X_p' = b/X_0$

4.Эффективная длина разгона для волн на течении рассчитывается по уравнению (9). Уравнение (9) решается приближенно методом последовательных приближений, знак “+” в числителе соответствует попутному течению, знак “-” – встречному. Пределы интегрирования в числителе определяются следующим образом:

$$x_K^1 = \frac{gx_p}{V_\omega^2};$$

$$x_H^1 = \begin{cases} 0,016 \text{ при попутном течении;} \\ 1,32 \cdot 10^4 \left(\frac{u / \cos \alpha}{V_\omega} \right)^{2,825} \left(\frac{X_p}{x_p} \right)^{-1} \text{ при встречном течении.} \end{cases}$$

Если при встречном течении $x_K^1 \leq x_H^1$, ветровые волны, распространяющиеся вверх по течению, не образуются. В случае, когда $u \cos \alpha = 0$, считаем, что $X_p = x_p$.

5. Средняя высота ветровых волн \bar{h} определяется по формуле

$$\frac{g \bar{h}}{V_\omega^2} = 0,0017 \left(\frac{gX_p}{V_\omega^2} \right)^{0,669} th \left[84,7 \frac{\left(\frac{gd}{V_\omega^2} \right)^{0,945}}{\left(\frac{gX_p}{V_\omega^2} \right)^{0,669}} \right]$$

6. Определение среднего относительного периода ветровых волн \bar{T}_r (в системе координат, движущейся со скоростью течения $u \cos \alpha$) производится по формуле (7).

7. Средняя относительная фазовая скорость вычисляется по уравнению

$$\bar{C}_r = \frac{g \bar{T}_r}{2\pi} \operatorname{th} \frac{2\pi d}{C_r \bar{T}_r}$$

Средняя длина волн

$$\bar{\lambda} = C_r \bar{T}_r$$

Средний абсолютный период волн (в неподвижной системе координат)

$$\bar{T}_a = \frac{\bar{\lambda} \bar{T}}{\bar{\lambda} \pm u \bar{T}_r}$$

где знак “+” соответствует попутному течению, а “-” – встречному.

8. Для сравнения могут быть вычислены средняя высота, длина, периоды (абсолютный и относительный) и фазовая скорость волн для тех же условий без течения. Для этого необходимо принять.

9. Для определения высот волн заданной i %-ной обеспеченности h_i используется график на рис. 3.

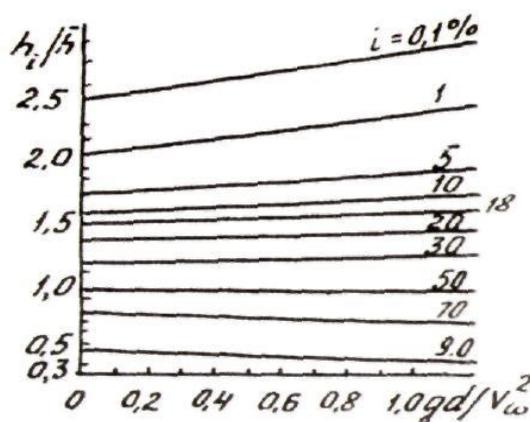


Рис.3. График для определения высоты волны заданной обеспеченности

По безразмерной глубине gd/V^2 для соответствующего i определяется h_i/\bar{h} и далее h_i .

10. Длины волн заданной i %-ной обеспеченности λ_i рассчитываются по формуле

$$\lambda_i = k_\lambda \bar{\lambda},$$

где коэффициент K_λ находится по табл.1.

таблица – 1

i, %	1	5	10	20	30
K_λ	2,24	1,88	1,68	1,41	1,25

ВЫВОДЫ.

В большинстве случаев исследование нестационарности процессов ограничивается анализом вклада длинных гравитационных волн в русловые переформирования. Исследование роли коротких ветровых волн в формировании устойчивых русел каналов можно считать на современном этапе в начальной фазе своего развития.

Приводимая методика расчета определение параметров волн посвящена к коротким ветровым волнениям возникающих в больших земляных каналах.

Предлагаемой методикой расчета параметров волн можно воспользоваться при проектировании больших каналов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ (REFERENCES)

- [1] Кантаржи И.Г., Цивцивадзе Н.Ш., Акмурадов Х.А. Гидравлика ветровых волн в каналах. Под редакцией Массе Е.И., Тбилиси изд-во ГТУ, 1984.
- [2] Кереселидзе Н.Б., Масс Е.И., Кантаржи И.Г., Метревели Т.И. Применение информационно-вычислительных комплексов и ЭВМ в гидравлических исследованиях. – Тбилиси, 1986. 232 с.
- [3] Крылов Ю.М., Стрекалов С.С., Циплухин В.Ф. Ветровые волны и их воздействие на сооружения. – Л., Гидрометеиздат, 1976. 256 с.
- [4] Лабзовский Н.А. Расчет элементов волн на поверхность потока. – В сб.: «Гидрофизические исследования озер». Л., Наука, 1973.
- [5] Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов). СНиП 2.06.04-82. М., Стройиздат, 1983.
- [6] Рекомендации по расчетам ветровых волн и транспорта наносов в больших каналах. М.: ЦНИИС, 1986. 64 с.
- [7] Руководство по определению нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения (волновых, ледовых и от судов). П 58-76. Л., ВНИИГ, 1977.
- [8] Теплов В.И. Лабораторное исследование изменения элементов ветровых волн в зависимости от скорости течения и скорости ветра. Труды ГГИ, № 263. Л., Гидрометеиздат, 1980.

- [9] Kato H., Tsuruya H., Doi T., Miyaraki Y. Experimental study of wind waves generated on water currents (2nd report), Report of the port and harbour reseach inst., vol. 15, No 4, Dec., 1976.
- [10] Kato H., Tsuruya H., Terakawa H. Experimental study of wind waves generated on water currents (3rd report), Wave forecasting method and its experimental confirmation, Report of the port and harbours reseach inst., vol 20, No 3, Sept. 1981.
- [11] Francis J.R.D., Dudgeon C.R., An expermental study of wind generated waves on a water currents, Quart. J.Roy. Meteorol. Soc., 93,247,1967,