

UO‘K 556.536

TO‘LQINLAR VA OQIMNING O‘ZARO TA’SIRI SHAROITIDA TO‘LQIN TA’SIRINI HISOBLASH**Eshev Sobir Samatovich** - texnika fanlari doktori, professor, e-mail: telnets@mail.ru**Latipov Shahboz Alisher o‘g‘li** - texnika fanlari falsafa doktori (PhD), dotsent, e-mail: shakhboz2016@mail.ru**Rahimov Ashraf Rasul o‘g‘li** - texnika fanlari falsafa doktori, (PhD), dotsent, **Quvvatov Jobir Zokir o‘g‘li** – magistr**Yuldosheva Umida Temurovna** – doktorant (PhD), e-mail: yuldoshevaumida146@gmail.com

Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi sh., O‘zbekiston

Annotatsiya. Maqolada shamol to‘lqinlarining generatsiyasiga statsionar oqim va suv havzasining cheklangan kengligi sezilarli darajada ta’sir qiladigan katta gruntli kanallar sharoitlari uchun shamol to‘lqinlarining generatsiyasi masalasi qarab chiqilgan. To‘lqinlarning balandligi va davrlarini aniqlash uchun bog‘lanishlar olingan.

Kalit so‘zlar: shamol to‘lqinlari, generatsiya, barqaror oqim, gruntli kanal, to‘lqin davri, to‘lqin ta’siri.

УДК 556.536

РАСЧЕТ ВОЛНОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ В УСЛОВИЯХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЛН И ТЕЧЕНИЯ**Эшев Собир Саматович** – доктор технических наук, профессор, e-mail: telnets@mail.ru**Латипов Шахбоз Алишер угли** – доктор философии по техническим наукам (PhD), доцент, e-mail: shakhboz2016@mail.ru**Рахимов Ашраф Расул угли** – доктор философии по техническим наукам (PhD)**Кувватов Жобир Зокир угли** – магистр**Юлдошева Умида Темировна** – докторант (PhD), e-mail: yuldoshevaumida146@gmail.com

Каршинский инженерно-экономический институт, г. Карши, Узбекистан

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы генерации ветровых волн для условий больших земляных каналов, в которых на генерацию ветровых волн существенно влияют стационарное течение и ограниченная ширина водного объекта. Получены зависимости для определения высоты и периоды волн.

Ключевые слова: ветровые волны, генерация, стационарные течения, земляной канал, период волн, волновое воздействие.

UDC 556.536

CALCULATION OF WAVE EFFECTS IN THE CONDITIONS OF INTERACTION OF WAVES AND CURRENTS**Eshev Sobir Samatovich** – Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: telnets@mail.ru**Latipov Shahboz Alisher ugli** – Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), associate professor, e-mail: shakhboz2016@mail.ru**Rakhimov Ashraf Rasul ugli** – Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), associate professor**Kuvvatov Zhobir Zokir ugli** – Master’s**Yuldosheva Umida Temirovna** – Doctoral student (PhD), e-mail: yuldoshevaumida146@gmail.com

Karshi Engineering-Economics Institute, Karshi city, Uzbekistan

Abstract. The article deals with the generation of wind waves for the conditions of large earthen channels, in which the generation of wind waves is significantly affected by a stationary flow and a limited width of a water body. Dependences for determining the height and periods of waves are obtained.

Key words: wind waves, generation, steady flow, earth channel, wave period, wave action.

Введение

Для больших акваторий (большие реки, каналы, проточные водохранилища, береговая зона моря) нагрузки на транспортные гидротехнические сооружения, местный и общий размывы определяются действием течений и ветровых волн. В настоящее время в инженерных расчетах для условий береговой зоны часто пренебрегают течениями, учитывая, в основном, волновые нагрузки и воздействия. Наоборот, в расчетах для рек и каналов обычно пренебрегают ветровым волнением. Вместе с тем, как показывают практика и результаты исследований, во многих случаях необходимо при решении инженерных задач учитывать совместное действие волн и течений. При этом необходимо учитывать эффекты, связанные с взаимодействием волн и течений и определяющие в конечном счете элементы волн (высота, длина, направление), воздействующих на сооружение, и кинематическую структуру потока, в том числе в придонной области, следовательно, местный и общий размыв. При проведении таких расчетов, как правило, неприменим принцип простой суперпозиции волн и течением.

В существующих методах расчета генерации поверхностных волн широко используются методы математического моделирования и гидравлического эксперимента [1, 2, 4, 5, 7 и др.].

Методы расчета ветровых волн можно разделить на три класса [1, 6]: 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, 4] и в настоящее время включены в нормативные документы.

Современное состояние инженерных методов расчета взаимодействия поверхностных волн с течениями является неудовлетворительным. В последние годы взаимодействие волн с течениями активно изучается теоретически и экспериментально. Целью статьи является анализ основных задач взаимодействия волн с течениями с точки зрения инженерных приложений.

Рассмотрим задачу генерации ветровых волн на течение.

Методы и материалы

В условиях больших рек, каналов имеются значительные по протяженности участки, на которых формируются ветровые волны высотой 0,5 м и более. В случае рек с поймами значительные ветровые волны могут формироваться и при направлениях ветра, не совпадающих с направлением русла реки. Генерация ветровых волн на течении важна также в инженерных расчетах для условий береговой зоны приливных морей. Очевидно, что параметры волн, генерируемых на течении, должны отличаться от случая неподвижной воды, так как скорость ветра относительно течения не равна скорости ветра относительно неподвижной воды. Простая идея об эквивалентной длине разгона хорошо согласуется с опытными данными и позволила группе японских исследователей на основе тщательных экспериментов в аэрогидро канале получить следующие простые зависимости для параметров генерируемых волн:

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

$$\frac{gH_{1/3}}{U_*^2} = 0,0222 \left(\frac{gX_p}{U_*^2} \right)^{-0,669}, \tag{2}$$

где U_* - скорость трения ветра; f_m - частота максимума спектра; $H_{1/3}$ - высота существенных волн; X_p - эквивалентная длина разгона ,

$$X_p = x \frac{\int_0^x \frac{dx}{Cga(x)}}{\int_0^x \frac{dx}{Cga(x)}}, \tag{3}$$

Здесь C_{ga}, C_{go} , - групповые скорости на неподвижной воде и на течении (абсолютная).

Экспериментальная проверка зависимостей (1), (2) ограничена безразмерными длинами разгона до $gX_p / U < 10^4$, где имеет место развитие ветровых волн.

Сравнение (1) и (2) с данными опытов показано на рис.1.

На основании тщательных измерений профиля скорости ветра [7, 8] выведена зависимость

$$V_\omega = 25u_*, \tag{4}$$

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

Результаты

Если принять, что статистические распределения высот волн соответствуют рэлеевскому, то с использованием формулы (4) из формул (1) и (2) можно получить следующие зависимости для средних высоты и периода волн:

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

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

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

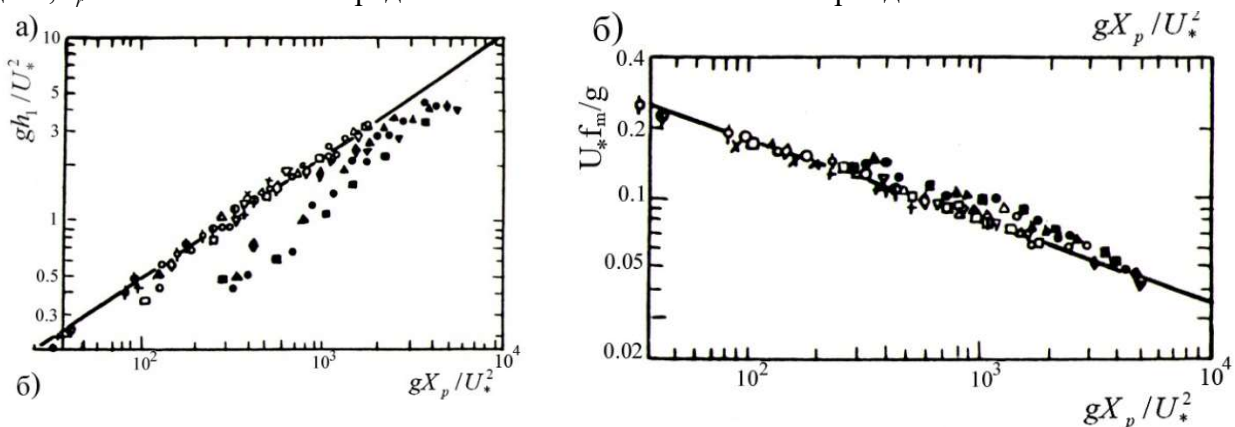


Рис. 1. Сравнение расчетных зависимостей с данными опытов [1, 8] по генерации ветровых волн на течении: а – аппроксимация по зависимости (2); б – то же (1)

Зависимости (5) и (6) можно считать справедливыми при скоростях ветра более 5,6 м/с [7, 8].

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:

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

Последняя зависимость получена, в свою очередь, обобщением больших массивов натуральных и лабораторных данных [3]. Таким образом, зависимости (5) и (6) основаны на большом количества лабораторных опытов [8, 9] и, в частном случае $u = 0$, соответствуют имеющимся эмпирическим данным и методам расчета [3, 5].

Как показывает наш опыт применения зависимостей (1)-(3) для проведения расчетов в условиях реальных рек и каналов, результаты расчетов вполне удовлетворительно согласуются с данными натуральных наблюдений на прямолинейных участках русла реки или канала протяженностью до 3-5 км. Зависимости (1)-(3) можно рекомендовать для расчетов в проектировании с учетом имевшихся ограничений.

Вместе с тем известно, что трансформация ветровых волн на горизонтально неоднородном течении в стационарном случае описывается уравнением

$$\frac{\partial N}{\partial x} C_{ga} = \alpha N - \frac{\alpha N^2}{N_0}, \quad (9)$$

где N -волновое действие; α -инкремент нарастания ветровых волн; N_0 -волновое действие на неподвижной воде. Совместное применение (1)-(3) и (9) позволяет получить зависимость $\alpha(U_*)$ для расчетных волн и далее построить метод расчета ветровых волн при генерации на горизонтально неоднородных течениях. Такой метод расчета может быть практически применен для участков плавного изменения ширины или глубины канала или русла реки, а также на участках выхода канала или реки, в частности, на устьевом взморье. При этом наличие второго члена в (9), определяющего потери энергии ветровых волн, позволяет получить и полностью развитые волны на достаточно больших разгонах.

Представляет большой интерес развитие идеи эквивалентной длины разгона на случай, когда ветер и течение направлены под произвольным углом друг к другу [10]

Когда ветровые волны достигают полного развития, их трансформация течением и дном определяется уравнением сохранения волнового действия, следующего из (9) при нулевой правой части. Кроме того, необходимо применение дисперсионного соотношения для волн на течении [9]

$$\omega_a = (gkthkh)^{1/2} + \vec{k}\vec{U}, \quad (10)$$

где ω_a -абсолютная частота волн; \vec{k} -волновой вектор и условия $\omega_a = const$. Соответствующие расчетные методы позволяют определить высоту, длину и направление волн на течении.

Задача трансформации волн течением имеет место для условий пойменных участков при выходе волн с поймы на основной поток, на участках поворота русла, в береговой зоне выходе волн к вдольбереговому течению и в других случаях. Эта задача является основной для волн типа зыби в береговой зоне и судовых волн. Решения, следующие из (9), (10), в настоящее время подробно проверены данными лабораторных и натуральных измерений и вполне применимы в инженерной практике.

Особую важность здесь имеют акустические эффекты для волн на течении. Это точки блокировки волн на встречных течениях, линии отражения волн попутными сдвиговыми в плане речения. Соответствующие оценки параметров волн в области блокировки могут быть сделаны па основе применения интегралов Эйре или спектрального подхода. Авторами разработан метод расчета фильтрации спектра волн сдвиговыми течением, позволяющий получить параметры расчетных волн в любой точке такого течения [8, 9].

Обсуждение

Если известны параметры волн на течении (высота, длина, направление), появляется возможность определения скоростей сложного потока. В самом простом случае эта задача может быть решена сложением волновых скоростей в системе координат, движущейся со скоростью течения, и скорости течения. Такой подход применим при распределении скорости течения по глубине, близком к равномерному. Как показывают опыты, результаты удовлетворительны в основной толще потока при условии $U/v_0 < 1$, где v_0 - максимальная орбитальная волновая скорость. Полученные скорости могут быть непосредственно использованы в уравнении Морисона для расчета нагрузок на относительно тонкие обтекаемые сооружения [8].

В более сложном случае произвольного распределения скорости потока по глубине $U(z)$ задача может быть решена численно на основе уравнения для вертикальной составляющей волновой скорости $v(z)$:

$$\frac{d^2 v}{dz^2} \left[k^2 - \frac{k}{\omega_a - kU} \frac{d^2 U}{dz^2} \right] v = 0 \quad (11)$$

Соответствующие решения также проверены экспериментально.

Заключение

Таким образом, предложенными зависимостями по определению генерации волн на течения и средних высоты и периода волн можно использовать для решений практических задач гидравлики, связанных с взаимодействием волн с течениями.

Литература

- [1] Bryanskaya Yu.V., Markova I.M., Ostyakova A.V. Ed. V.S. Borovkova. Hydraulics of water and suspension flow in rigid and deformable boundaries. - М.: Publishing house DIA, 2009, - 264 p.
- [2] Lyakher V.M. Turbulence in hydraulic structures. М.: Energy, 1968, - 408 p.
- [3] Maslov N.N. Fundamentals of soil mechanics and engineering geology. М.: Highschool, 1968. -285 p.
- [4] Meschyan S.R. Experimental rheology of clay soils. М.: Nedra, 1985. -342.
- [5] Mirskhulava Ts.E. Erosion of channels and methods for assessing their stability. М.: Kolos, 1967. - 179 p.
- [6] Osipov V.I. The nature of the strength and deformation properties of clayey rocks. - Ed. Moscow University. 1989, - 235 p.
- [7] Tsytoich N.A. Soil mechanics. - М.: Higher School, 1983, -288 p.
- [8] Эшев, С.С. and Хазратов, А.Н., 2016. К вопросу моделирование нарушенной структуры связных грунтов в лабораторных условиях. Инновационно-развитие, (5), pp.25-28.
- [9] Eshev S.S. Calculation of deformations of large earthen canals under conditions of stationary water flow. Tashkent. "Science and technology", 2017.-164 p.
- [10] Eshev, S., Rahmatov, M., Khazratov, A., Mamatov, N., Sagdiyev, J., & Berdiev, M. (2021). Critical flow velocities in cohesive saline soils. In E3S Web of Conferences (Vol. 264, p. 03071). EDP Sciences.