



РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ ВОЛНОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОТКОС ГРУНТОВОЙ ПЛОТИНЫ

Е. Э. Иванова, студентка 4-го курса
строительного факультета, nihatka97@gmail.com
Е. А. Нелюбина, доцент, кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

В работе представлена сравнительная характеристика результатов расчета параметров в зависимости от различной скорости ветра и заложения откоса. Целью данной работы является изучение величин параметров волнового воздействия на верховой откос грунтовой плотины в зависимости от его заложения и скорости ветра, а также расчет отметки гребня плотины при расчетных значениях волны.

скорость ветра, заложение откоса, волновое воздействие

Подобная проблема была рассмотрена в статье «Методика расчета устойчивости креплений откосов земляных плотин в условиях ветрового воздействия» [1].

Расчет параметров волнового воздействия был выполнен для плотины водохранилища Колымской ГЭС. Наибольшая длина разгона ветра 4800 м достигается по западному направлению. В качестве доминирующего направления ветра выбран максимальный ветер западной четверти. Средняя глубина водохранилища равна 34 м [2].

Высоту плотины назначаем с превышением d над расчетным уровнем воды в водохранилище, гарантирующем отсутствие перелива воды через гребень и равным [3]:

$$d = \Delta h + h_n + a \quad (1)$$

где Δh – высота ветрового нагона воды;

h_n – высота наката волн на откос плотины;

a – конструктивный запас, принимаемый как большее из значений 0,5 м и $0,1h_{1\%}$;

$h_{1\%}$ – высота волны 1%-ной вероятности превышения – $0,1 \cdot 0,97 = 0,097$.

Высоту ветрового нагона определяем по зависимости:

$$\Delta h = K_B \cdot \frac{W^2 D}{g \cdot (H + \Delta h)} \cdot \cos \alpha_B, \quad (2)$$

где $K_B = 2,1 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент, зависящий от скорости ветра;

W – расчетная скорость ветра на высоте 10 м над уровнем воды, м/с;

$D = 4800$ – длина разгона ветровой волны, м [2];

$g = 9,81$ – ускорение свободного падения, м/с²;

$H = 34$ – условная расчетная глубина воды в водохранилище;

$\alpha_B = 0$ – угол между продольной осью водоема и направлением господствующих ветров, град.

Расчет высоты ветрового нагона проводим по известным значениям W , D , H и α_B , первоначально полагая значение Δh , стоящее в знаменателе, равным нулю ввиду его малости по сравнению с величиной H .

Высоту наката ветровой волны для j -й вероятности превышения расчетного шторма вычисляем по формуле:

$$h_{H_j} = h_{1\%} \cdot K_\Delta \cdot K_{НП} \cdot K_c \cdot K_\beta \cdot K_{НГ} \cdot K_{H_j}. \quad (3)$$

Высоту волны 1%-ной вероятности превышения определяем в такой последовательности:

1. Вычисляем безразмерные комплексы:

$$\frac{gt}{W} \text{ и } \frac{gD}{W^2}, \quad (4)$$

где t – продолжительность действия ветра, принимаемая при отсутствии фактических данных $6 \text{ ч} = 21600 \text{ с}$.

2. По графику для каждого из найденных комплексов определяем значения относительных параметров $g\bar{t}/W$ и $g\bar{h}/W^2$. Из найденных двух пар значений параметров выбираем наименьшие.

3. Из этих значений находим среднюю высоту волны \bar{h} и средний период волны \bar{t}

$$\bar{h} = \frac{0,019W^2}{g}, \quad (5)$$

$$\bar{t} = \frac{1,65W}{g}. \quad (6)$$

4. Вычисляем среднюю длину волны:

$$\bar{\lambda} = \frac{g\bar{t}^2}{2\pi} \quad (7)$$

5. Высоту волны 1%-ной вероятности превышения определяем по формуле:

$$h_{1\%} = \bar{h} \cdot K_i, \quad (8)$$

где K_i – коэффициент, устанавливаемый при 1%-ной вероятности превышения в зависимости от значения безразмерного комплекса gD/W^2 .

Коэффициенты K_Δ и $K_{\text{НП}}$ приняты в зависимости от типа и относительной шероховатости крепления откоса ($r/h_{1\%}$).

Характерный размер шероховатости r для крепления откоса принят равным среднему диаметру камня при каменной наброске. При креплении откоса каменной наброской средний диаметр камня предварительно принимают в пределах $0,2 \dots 0,3 \text{ м}$. После выполнения расчета откоса при необходимости значения K_Δ и $K_{\text{НП}}$ уточняют по принятому расчетному размеру камня.

Так как конструкция крепления откоса железобетонная, $K_\Delta = 1,00$ и $K_{\text{НП}} = 0,90$.

Значения коэффициента K_c определяют в зависимости от скорости ветра и коэффициента заложения откоса $m_1 = \text{ctg}\varphi$, где φ – угол наклона откоса к горизонту.

Коэффициент K_β принимается в зависимости от угла подхода фронта волны к плотине. $\beta = 0$, следовательно, коэффициент равен 1.

Значение коэффициента $K_{\text{НГ}}$ определяют в зависимости от значения пологости волны $\bar{\lambda}/h_{1\%}$.

Коэффициент $K_{\text{Н}j}$ учитывает вероятность превышения j (%) по накату.

Для сравнительного анализа зависимости параметров волны от скорости ветра и заложения откоса мной были выполнены расчеты, представленные в таблице.

Таблица – Расчетные параметры волны

| Скорость ветра | Высота ветрового нагона, Δh | $\frac{g\bar{t}}{W} ; \frac{g\bar{h}}{W^2}$ | Средняя высота волны, \bar{h} | Средний период волны, \bar{t} | Средняя длина волны, $\bar{\lambda}$ | Высота волны 1%-ной вероятности превышения, $h_{1\%}$ | Заложение откоса, m | K_c | $K_{НГ}$ | $K_c \cdot K_{НГ}$ | Высота наката ветровой волны, $h_{H1\%}$ | Превышение над расчетным уровнем воды, d | Отметка гребня плотины, $\nabla_{гр}$ |
|----------------|-------------------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---|---------------------|------------|-------------|--------------------|--|--|---------------------------------------|
| 15 | 0,007 | 1,9; 0,025 | 0,573 | 2,905 | 13,178 | 1,193 | 1,4 | 1,4 | 2,25 | 3,15 | 3,381 | 3,891 | 454,45 |
| | | | | | | | 1,7 | 1,4 | 2,2 | 3,08 | 3,306 | 3,816 | 454,38 |
| | | | | | | | 2 | 1,4 | 1,9 | 2,66 | 2,855 | 3,365 | 453,93 |
| | | | | | | | 3 | 1,5 | 1,3 | 1,95 | 2,093 | 2,6 | 453,16 |
| 20,4 | 0,013 | 1,65; 0,019 | 0,806 | 3,431 | 18,381 | 1,677 | 1,4 | 1,4 | 2,25 | 3,15 | 4,753 | 5,263 | 455,82 |
| | | | | | | | 1,7 | 1,4 | 2,2 | 3,08 | 4,647 | 5,157 | 455,72 |
| | | | | | | | 2 | 1,4 | 1,9 | 2,66 | 4,014 | 4,524 | 455,09 |
| | | | | | | | 3 | 1,5 | 1,3 | 1,95 | 2,942 | 3,452 | 454,01 |
| 25 | 0,019 | 1,45; 0,015 | 0,956 | 3,695 | 21,319 | 1,988 | 1,4 | 1,4 | 2,25 | 3,15 | 5,635 | 6,145 | 456,71 |
| | | | | | | | 1,7 | 1,4 | 2,2 | 3,08 | 5,51 | 6,02 | 456,58 |
| | | | | | | | 2 | 1,4 | 1,9 | 2,66 | 4,759 | 5,269 | 455,83 |
| | | | | | | | 3 | 1,5 | 1,3 | 1,95 | 3,489 | 3,999 | 454,56 |
| 30 | 0,027 | 1,3; 0,012 | 1,101 | 3,976 | 24,676 | 2,29 | 1,4 | 1,4 | 2,25 | 3,15 | 6,492 | 7 | 457,56 |
| | | | | | | | 1,7 | 1,4 | 2,2 | 3,08 | 6,348 | 6,858 | 457,42 |
| | | | | | | | 2 | 1,4 | 1,9 | 2,66 | 5,482 | 5,992 | 456,55 |
| | | | | | | | 3 | 1,5 | 1,3 | 1,95 | 4,019 | 4,529 | 455,09 |

Анализ полученных данных показал:

1. С увеличением коэффициента наката K_c коэффициент КНГ уменьшается, как видно из таблицы. Так, при изменении заложения откоса от 1,4 до 3 м высота наката волны уменьшается на 38,1%.
2. При увеличении скорости ветра высота наката волны увеличивается для всех заложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михневич, Э.И. Методика расчета устойчивости креплений откосов земляных плотин в условиях ветрового воздействия / Э.И. Михневич // Наука и техника. – 2018. – Т. 17, №2. – С. 100-105.
2. Доработка проекта правил использования водных ресурсов Колымского водохранилища. Этап №3: Пояснительная записка к проекту «Правила использования водных ресурсов Колымского водохранилища на р. Колыма». – РусГидро, 2011. – 114 с.
3. СП 38.13330.2012 Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)
4. Схема комплексного использования и охраны водных объектов бассейна реки Колыма. Утвержден приказом Ленского бассейнового водного управления Росводресурсов от 19 июня 2014 г. №77-п. – Якутск: Ленское бассейновое водное управление Росводресурсов, 2014. – 104 с.
5. Гидротехнические сооружения / М.М. Гришин [и др.]. – Москва: Высшая школа, 1979. – 615 с.
6. Колымская ГЭС [Электронный ресурс]. – URL: <http://ges.russgid.ru/kolymaskaia.php>
7. Гидроузлы на р. Колыма [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.lhp.rushydro.ru/company/objectsmar/5689.html>

CALCULATION OF THE PARAMETERS OF THE WAVE IMPACT ON THE BACKING OF THE GROUND DAM

Ivanova Evgeniya, student
Nelyubina Elena, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences
Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad,

The paper presents a comparative description of the results of calculating the parameters depending on the different wind speeds and the laying of the slope. The purpose of this work is to study the values of the parameters of the wave effect on the uphill slope of an earth dam depending on its location and wind speed. The same calculation of the level of the dam crest at the calculated values of the wave.

wind speed, laying slope, wave effect.