

УДК 551.32

Е.А.Ким (4 курс, каф. МВТС), К.Н.Шхинек, д.ф.-м.н., проф.

СРАВНЕНИЕ МЕТОДОВ КРОСДЕЙЛА И РАЛСТОНА ПО ВЫЧИСЛЕНИЮ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ЛЕДОВОЙ НАГРУЗКИ НА СООРУЖЕНИЯ ОТКОСНОГО ПРОФИЛЯ

При оценке ледовых нагрузок на сооружения откосного профиля преимущественно используются методы К.Р.Кросдейла и Т.Д.Ралстона. Предложенные методы содержат много данных, определение которых на практике представляет большую сложность. Цели данной работы:

- 1) уточнить на каком из параметров, входящих в формулу для определения ледовой нагрузки следует концентрировать больше внимания;
- 2) сопоставить метод, предложенный К.Р.Кросдейлом и метод Т.Д.Ралстона;
- 3) уточнить, в каком случае важна двухмерность, а в каком – трехмерный эффект.

Двухмерный эффект взаимодействия ледяного поля с сооружением наблюдается, когда зона разрушения ледяного поля сопоставима и шириной сооружения. В этом случае для расчета ледовой нагрузки используют зависимости [1]. Трехмерный эффект возникает, когда зона разрушения льда намного больше ширины сооружения, в этом случае часть обломков льда может обходить препятствие. При этом горизонтальную составляющую нагрузки можно определять по методу Кросдейла как:

$$H = H_B + H_P + H_R + H_L + H_T, \quad (1)$$

где H_B – сила, необходимая для разрушения льда от изгиба, H_P – сила, необходимая для продвижения ледяного поля через обломки льда, которые формируются на его поверхности, H_R – сила, необходимая для продвижения блоков по откосу, H_L – дополнительная сила, учитывающая собственный вес обломков, H_T – сила, необходимая для поворота блоков льда на вершине откоса.

Параллельно с методом Кросдейла существует метод Ралстона. Этот метод основан на пластическом анализе. Согласно решению Ралстона, горизонтальная составляющая нагрузки от ровного и наслоенного льда, действующей на сооружение откосного профиля

$$F_{xc} = (A_1 \sigma_f h^2 + A_2 \gamma_w h D^2 + A_3 \gamma_w h_r (D^2 - D_b^2)) A_4, \quad (2)$$

где, кроме приведенных выше обозначений, A_1, A_2, A_3, A_4 – коэффициенты, определяемые по графикам в [2], $h_r \cong 2h$, D_b – диаметр конуса на высоте h_r , γ_w – удельный вес воды.

В качестве возможных пределов изменения параметров были приняты: ширина сооружения $D = 30 \dots 100$ м, коэффициент трения льда с поверхностью сооружения $\mu_s = 0,1 \dots 0,3$; прочность льда на изгиб $\sigma_f = 300 \dots 800$ кПа; толщина льда $h = 0,5 \dots 3$ м; коэффициент трения льда $\mu_i = 0,2 \dots 0,4$; модуль упругости льда $E = 1 \dots 5$ ГПа, высота

обломков льда $h_r = 3 \dots 12$ м; максимально возможная высота наползания льда на сооружение $h_f = 3 \dots 12$ м; угол наклона обломков к горизонтали $\theta = 20 \dots 30^\circ$.

Проведенные численные эксперименты показывают, что основное влияние на значение горизонтальной составляющей силы, полученной по Кросдеилу, оказывают h, D, h_r, μ_s, θ . Влияние E, μ_i, σ_f незначительно. Наибольшее влияние на значение горизонтальной составляющей нагрузки, вычисленной по методу Ралстона, оказывают h, D . Чуть меньшее, но тоже значительное влияние оказывают σ_f и h_f .

При сравнении нагрузок рассчитанных по формулам (1) и (2), оказалось, что ледовая нагрузка, вычисленная по формуле (2) на порядок больше чем нагрузка, рассчитанная по (1). Причем с увеличением величин вышеописанных параметров расхождение между значениями сил увеличивается.

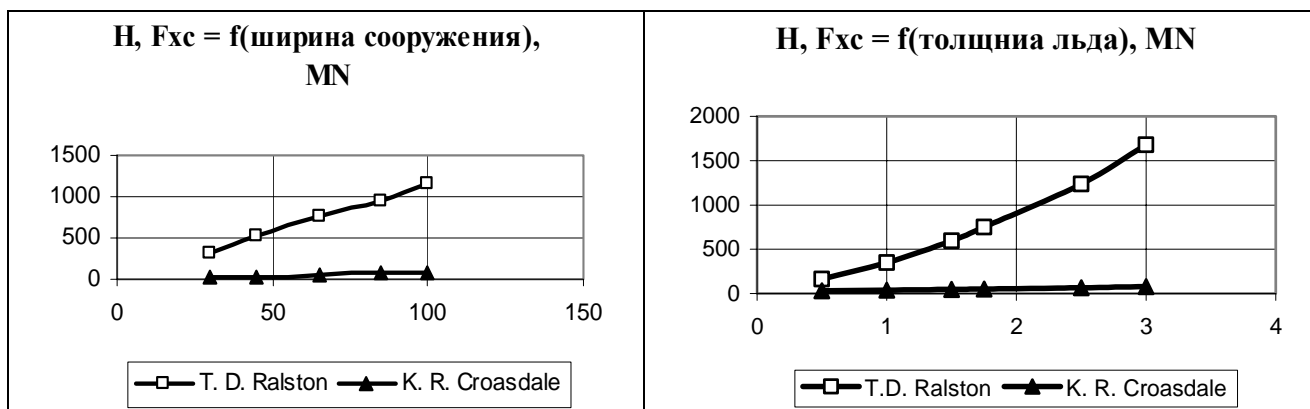


Рис. 1. Сравнение методов Т.Д.Ралстона и К.Р.Кросдеила.

При сопоставлении нагрузок в случаях двухмерного (2D) и трехмерного (3D) эффектов, выяснилось, что недоучет 3D эффекта приведет к значительному снижению значения горизонтальной составляющей ледовой нагрузки.

На основе всех проведенных вычислений можно сделать следующие выводы.

1. При оценке горизонтальной составляющей нагрузки по методу К.Р.Кросдеила следует особое внимание уделять толщине льда, ширине сооружения, высоте обломков льда, наползающих на структуру, коэффициенту трения льда с поверхностью сооружения, углу, который составляют обломки льда с горизонталью, а по Т.Д.Ралстону – ширине сооружения и толщине льда.

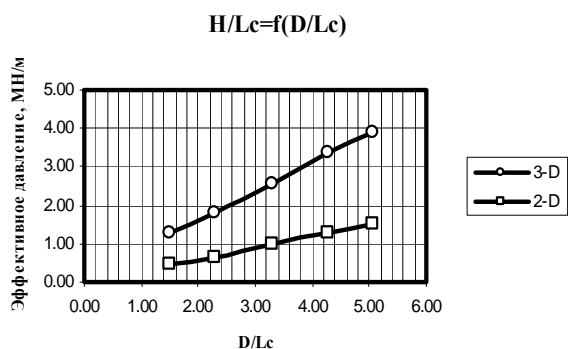


Рис. 2. Зависимость эффективного давления от отношения $D/L_c, L_c$ – характерная длина, м.

2. Необходимо ограничить область применения этих методов.

3. При расчете ледовой нагрузки следует учитывать физику взаимодействия сооружения с ледовым полем.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Croasdale K.R. and Cammaert A.B., 1993 An Improved Method for the Calculation of Ice Loads on Sloping Structures in First Year Ice. Proceedings of the

RAO Conference, pp. 161-168.

2. Ralston, T. 1977. Ice Force Design Considerations for Conical Offshore Structures. Proc. Int. Conf. POAC, Vol/ 2, St. John's, pp. 741 – 752.