

Д-р техн. наук В. Г. Шаповал (ПГАСА)
канд. техн. наук В.С. Андреев,
канд. техн. наук А.Л. Тютюкин (ДИИТ)

РАСЧЕТЫ КРЕНОВ ФУНДАМЕНТОВ НА ВОДОНАСЫЩЕННОМ ОСНОВАНИИ

В данной статье представлен алгоритм по расчету кренов фундаментов на водонасыщенном основании.

CALCULATIONS OF FOUNDATIONS HEELS ON THE WATER- SATURATED BASE

In the article is represented an algorithm upon settlement of foundations heel on the water-saturated base.

В промышленно-гражданском строительстве актуальной является проблема расчета крена фундаментов на водонасыщенном основании. Имеющиеся в научно-технической и нормативной литературе результаты исследований свидетельствуют о том, что используемые в настоящее время методы расчета в ряде случаев не позволяют достичь необходимой точности, так как влияние реологических свойств грунтового основания и временные показатели при определении крена фундаментов не учитываются. Также известно, что одной из причин несоответствия расчетов эксплуатационным параметрам является недостаточно полный учет текстурных особенностей грунтовой толщи.

Известно, что при определении кренов фундаментов необходимо принимать во внимание их заглубление и жесткость надфундаментной конструкции. Крен фундамента при действии внецентренной нагрузки зависит от таких параметров как модуль деформации и коэффициент Пуассона, вертикальной составляющей равнодействующих всех нагрузок на фундамент в уровне его подошвы и эксцентриситета, от размеров сторон фундамента. При расчете крена фундамента используются коэффициенты, которые принимаются по таблицам СНиП 2.02.01-83* [1].

В основу предлагаемых расчетов положен изложенный в СНиП 2.02.01-83* алгоритм расчета, который усовершенствован на основе материалов авторских теоретических исследований для случая водонасыщенного основания. Суть предлагаемого алгоритма заключается в следующем. Необходимо различать стабилизированные (i) и текущие (i_t) значения кренов. Под стабилизированным следует понимать значения крена в момент окончания срока эксплуатации (t_3) данного класса сооружения, для фундаментов которого производится расчет крена. Под текущим i_t значением следует понимать крен фундамента на интервале времени $0 < t < t_3$.

При определении стабилизированных кренов фундаментов следует различать основания, сложенные обычными и структурно-неустойчивыми грунтами. К структурно-неустойчивым грунтам следует относить вечномерзлые, лессовые просадочные, набухающие, слабые пылевато-глинистые, водонасыщенные, за-

торфованные, засоленные и водонасыщенные грунты.

При определении стабилизированных значений кренов следует также различать 2 характерных случая: в первом случае среднее давление под подошвой штампа равно $P_{cp} \leq 0,5$ МПа, а во втором – $P_{cp} > 0,5$ МПа.

Стабилизированный крен следует определять по формуле (10), которая приведена на стр. 41 СНиП 2.02.01-83*:

$$i_0 = \frac{1 - \nu^2}{E k_m} k_e \frac{N e}{(a/2)^3}, \quad (1)$$

где ν , E , k_e , k_m , a , N и e – см. пояснения к формуле (10) на стр. 41 СНиП 2.02.01-83*. В случае, если основание имеет сложное геологическое строение или фундамент имеет сложную форму, стабилизированный крен следует определять с использованием метода конечных элементов.

Если основание не сложено слабыми грунтами, а среднее давление под подошвой фундамента $P_{cp} \leq 0,5$ МПа, коэффициент k_m в формуле (1) следует определять по таблице 3 на стр.39 СНиП 2.02.01-83*, а коэффициент k_e по таблице 5 на стр. 40 СНиП 2.02.01-83*.

Если основание либо сложено слабыми грунтами, либо среднее давление под подошвой фундамента $P_{cp} > 0,5$ МПа, либо имеют место одновременно оба оговоренных выше фактора, коэффициент k_m следует принимать равным 1, а коэффициент k_e – по таблице 1.

Таблица 1 - Коэффициенты K_e , установленные в рамках расчетной схемы упругого полупространства для жесткого фундамента

Форма фундамента в направлении действия момента	$\xi=L/b$	Коэффициент K_e при упругом полупространстве
Квадратный	1,0	0,84
	1,2	0,97
Прямоугольный, с моментом вдоль большей стороны	1,5	1,14
	2,0	1,38
	3,0	1,74
	5,0	2,21
	10,0	2,86
	Прямоугольный, с моментом вдоль меньшей стороны	1,2
1,5		0,6
2,0		0,46
3,0		0,31
5,0		0,19
10,0		0,1

При расчете текущих значений кренов фундаментов следует различать 2 случая:

- степень влажности основания $G < 0,8$;
- степень влажности основания $G \geq 0,8$.

В первом случае расчет выполняется по формуле:

$$i_t = i_0 \frac{1 + \int_0^t K(t, \tau) d\tau}{1 + \int_0^{t_3} K(t, \tau) d\tau} \quad (2)$$

Во втором случае расчет следует выполнить по формуле:

$$i_t = \frac{i^\phi(t) + \int_0^t K(t, \tau) i^\phi(\tau) d\tau}{i^\phi(t_3) + \int_0^{t_3} K(t, \tau) i^\phi(\tau) d\tau} \quad (3)$$

В формулах (2) и (3) приняты такие обозначения: i_0 – стабилизированное значение крена фундамента; i_t – значение крена фундамента в момент времени $t \in (0, t_3)$; t_3 – время эксплуатации данного сооружения; $K(t, \tau)$ – ядро ползучести грунтового скелета; $i^\phi(\tau)$ – крен фундамента, обусловленный протекающим во времени процессом отжатия жидкости из пор грунта.

Ядра ползучести рекомендуется принимать в виде

$$\begin{aligned} K(t, \tau) &= \delta \exp[-\delta(t, \tau)] \\ K(t, \tau) &= \delta \exp[-\delta_1(t - \tau)] + \gamma \exp[-\gamma_1(t - \tau)] \\ K(t, \tau) &= \frac{\delta}{\delta_1 + t - \tau} \end{aligned} \quad (4)$$

При этом следует перейти от безразмерного t^* к фактическому t времени, используя равенство, приведенное ниже:

$$t = t^* \frac{H^2}{4C_v} \quad (5)$$

где C_v – коэффициент фильтрационной консолидации.

Если моментная нагрузка изменяется во времени, то ее следует заменить ступенчатой, и далее, используя формулы (1-5) рассчитать значения кренов для каждой ступени, а полученные результаты сложить.

Если основание имеет слоистую текстуру, то фактические значения коэффициентов пространственной консолидации и ядра ползучести отдельных слоев следует заменить их приведенными значениями. Для этой цели следует использовать следующие формулы:

$$K(t, \tau) = \frac{\sum_{i=1}^n K_i(t, \tau) A_i}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

$$A_i = k_i \dots k_{i-1}$$

$$C_v = \left[\frac{\sum_{i=1}^n h_i}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{\sqrt{C_v i}}} \right]^2 \quad (6)$$

$$i = 1, \dots, n$$

где K_i – ядро ползучести i -того слоя; C_v – коэффициент консолидации i -того слоя в конкретном случае; h_i – толщина конкретного слоя.

Таким образом, представленный алгоритм позволяет в рамках модели упругого водонасыщенного основания для расчетных схем полупространства и постоянной во времени моментной нагрузки получить решения при определении зависимостей «крен фундамента – время». Полученные таким образом результаты могут быть обобщены на случай водо- и неводонасыщенных оснований, грунтовый скелет которых обладает свойствами ползучести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 2.02.01-83*. Основания зданий и сооружений. – М.: Стройиздат, 1995. – 26 с.
2. Шаповал В.Г., Бабич Ф.В., Капустин В.В., Шаповал А.В., Андреев В.С. Закономерности развития во времени кренов фундаментов с прямоугольной формой подошвы на грунтовом водонасыщенном основании// Міжвідомчий науково-технічний збірник „Механіка ґрунтів, геотехніка, основи і фундаменти», вып. 61; т.1. – К.: 2004. – С. 193-200.
3. Андреев В.С. Изучение кренов жестких прямоугольных фундаментов во времени и при циклическом нагружении на многослойном основании Міжвідомчий науково-технічний збірник «Механіка ґрунтів, геотехніка, основи і фундаменти», вып. 53; Київ: 2000. – С. 302-306.
4. Шаповал В.Г. Прогноз осадки оснований фундаментов на пылевато-глинистом основании, находящихся под действием статической и циклической нагрузки. Докторская диссертация, рукопись – Дн-ск, 1996.
5. Горбунов-Посадов М.И., Маликова Т.А., Соломин В.И. Расчет конструкций на упругом основании. изд. 3-е. – М.: Стройиздат 1984. – 679 с.
6. Флорин В.А. Основы механики грунтов, т.1. – Л. -М.: Госстройиздат, 1959. – 357 с.