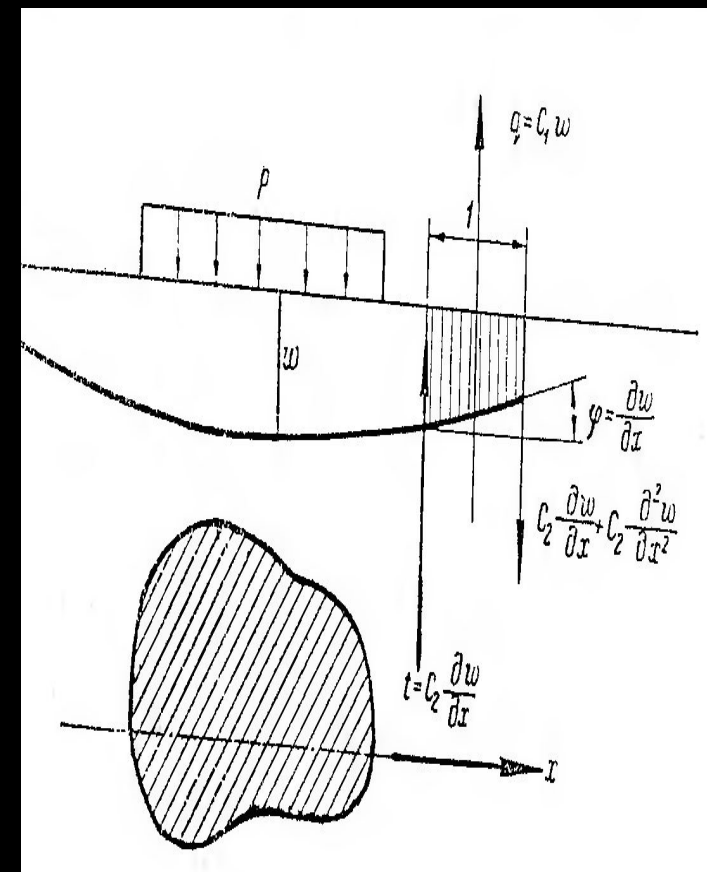
A construction site showing a grid of concrete pillars and rebar grids on a prepared ground surface. In the background, there is a yellow and green tracked crane, a blue and white container, and a yellow tractor. The scene is outdoors with trees and a building in the distance.

# **ДВУХПАРАМЕТРОВАЯ МОДЕЛЬ ПАСТЕРНАКА О ДЕФОРМАЦИИ ГРУНТОВ И РАСПРЕДЕЛЕНИИ НАГРУЗКИ**

Новосибирск 2015

# ЗАКОН ДЕФОРМАЦИЙ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК

Если участок горизонтальной поверхности естественного грунта не только плотной, но и сыпучей или малосвязной породы нагрузить непосредственно или через распределительную плиту сосредоточенной или распределенной нагрузкой, то в результате осадки образуется криволинейная осадочная поверхность, называемая «осадочной лункой», которая распространяется и за пределы нагруженной области (рис.). По мере удаления от нагруженного участка осадки постепенно затухают. Чем плотнее грунт, тем меньше осадки, но тем больше зона их распространения. В известных для каждого грунта пределах можно без большой погрешности принять, что осадки являются линейной функцией нагрузок, т.е. считать грунт на поверхности линейно деформируемым.



При расчете фундаментов по методу упругого полупространства уравнение меридиана осадочной лунки, возникающей от действия сосредоточенной нагрузки  $N$  и имеющей вид оболочки вращения, принимается по гиперболическому закону Буссинеска:

$$w = \frac{(1 - \nu^2)}{E_0} \cdot \frac{N}{\pi x}$$

$w$  — осадка;  
 $x$  — длина радиуса-вектора (расстояние рассматриваемой точки от точки приложения силы  $N$ );  
 $E_0$  — модуль деформаций грунта;  
 $\nu$  — коэффициент Пуассона.

Этот закон распределения, справедливый для упругого однородного изотропного полупространства, необходимо заменить для случая несвязных или малосвязных грунтов другим законом, лучше отвечающим свойствам таких грунтов.

К построению такого закона можно прийти следующим способом. Наблюдаемая криволинейность осадочной лунки приводит к мысли, что несущая способность грунта в вертикальном направлении обуславливается не только его сопротивлением вертикальным осадкам, но также и сопротивлением сдвигу или вращению линейных элементов горизонтальной поверхности грунта.

Впервые метод расчета конструкций, лежащих на сплошном упруго оседающем и упруго вращающемся двумерном основании был разработан автором в 1937г. И опубликован в 1940г.

Упругие деформации и напряжения изотропного упругого тела и, в частности, упругие осадки полупространства, выражаются через модуль упругости и коэффициент Пуассона.

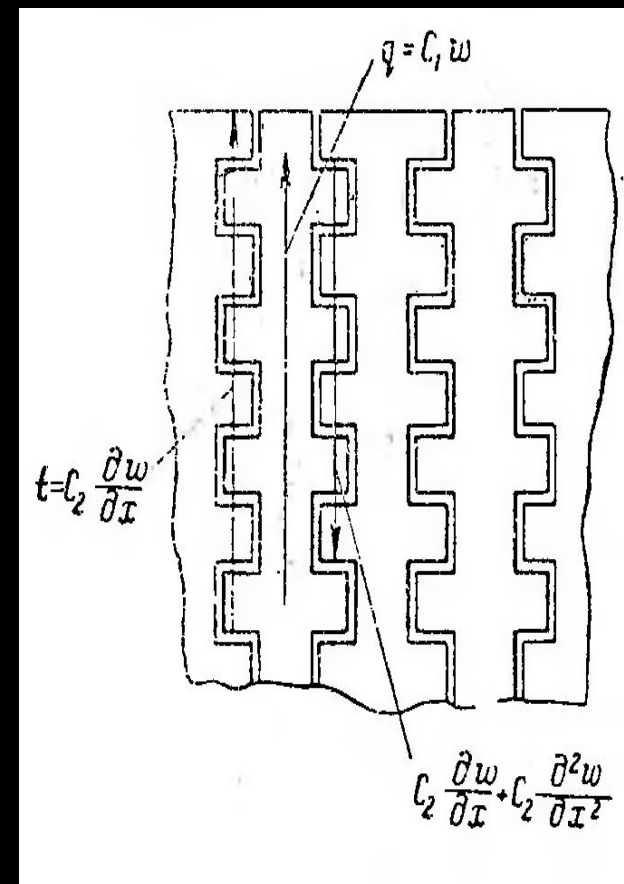
Упругие характеристики такой неоднородной в разных направлениях среды, как естественные грунты, следует задавать в интегральной форме, т.е. на поверхности, и не меньше чем через 2 коэффициента постели. Первый коэффициент постели  $C_1$  – коэффициент сжатия, измеряемый в кг/см<sup>3</sup> или т/м<sup>3</sup>, связывает интенсивность вертикального отпора грунта  $\sigma$  с его осадкой  $w$  простой формулой:

$$\sigma = C_1 w.$$

Совершенно независимый от  $C_1$  второй коэффициент постели  $C_2$  – коэффициент сдвига, в кг/см или т/м, дает возможность выразить интенсивность вертикальной силы сдвига  $t$  в виде произведения  $C_2$  на производную осадки в соответствующем направлении:

$$t = C_2 \frac{\partial w}{\partial x}$$

Эти силы сдвига появляются и в сыпучих и малосвязных грунтах вследствие зацепления и внутреннего трения между частицами грунта. На рисунке изображена в разрезе модель грунта, обладающего двумя коэффициентами постели. Будем называть грунт однородным в горизонтальных направлениях, если  $C_1$  и  $C_2$  постоянные, независимо от положения рассматриваемой точки на рассматриваемой горизонтальной поверхности и от направления  $x$ . По формуле (2) получается впечатление, что первый коэффициент постели  $C_1$  ничем не отличается от обычного коэффициента постели по теории Винклера. Но это совсем не так, поскольку уточнение характера работы грунта в результате введения второго коэффициента постели  $C_2$  коренным образом изменяет и характер первого коэффициента постели  $C_1$ , освобождая его от указанных выше недостатков коэффициента постели по Винклеру. В отличие от обычного коэффициента постели, который невозможно определить достоверно, за исключением случаев, когда основанием служит жидкость или весьма рыхлый грунт, как, например, свеженасыпной, коэффициенты  $C_1$  и  $C_2$ , как показано в дальнейшем, легко определяются путем простых вычислений на основе несложных экспериментов в полевых условиях.

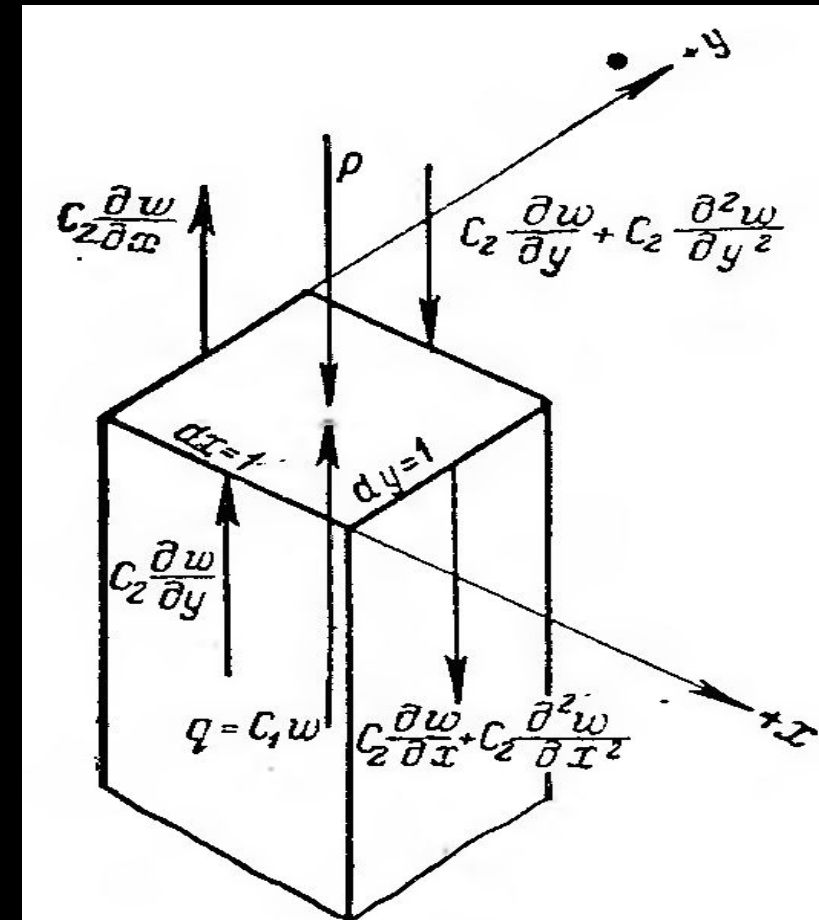


# ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ОСАДОЧНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ГРУНТА В ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТАХ ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Дифференциальное уравнение осадочной поверхности в прямоугольных координатах можно непосредственно составить, исходя из условия равновесия элементарного вертикального столбика грунта сечением  $dx dy$ , где  $dx=dy=1$  (рис.):

$$C_1 w - C_2 \left( \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} \right) - p = 0$$

где  $p$  — интенсивность нагрузки.



# КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Дифференциальное уравнение для балки, лежащей на двухмерном упругом основании, с двумя характеристиками и его решение для разных случаев нагружения было впервые предложено автором в 1937г. В докладе на первой научно-исследовательской конференции МИСИ им. В.В.Куйбышева под названием «Теория балки на сплошном упруго вращающемся и упруго оседающем основании». Дальнейшее развитие этой теории, т.е. использование метода начальных параметров для решения коротких балок на упругом основании с двумя характеристиками, ее распространение на криволинейные балки, разработка таблиц для функций  $\omega_1 \div \omega_4$ , коэффициентов влияния и т.п. в зависимости от величины параметра  $s_2/s_1$ , дано в работе Л.И.Манвелова под названием: «Прямолинейные и круговые балки на сплошном упруго оседающем и упруго вращающемся основании».

Упруго оседающее и упруго вращающееся сплошное основание, предложенное автором раньше, тождественно с моделью упругого основания, принятой в настоящей работе, так как интенсивность  $m$  изгибающих моментов, передаваемых на грунт, пропорциональная первой производной упругой осадки  $\omega$ , тождественна с интенсивностью  $t$  передаваемых на грунт срезающих усилий.

Таким образом и получены исходные положения предлагаемой новой теории балок и плит на двух- и трехмерном естественном основании:

$$\sigma_{\text{гр}} = C_1 w \text{ и } t_{\text{гр}} = C_2 \frac{dw}{dx}$$

Для того чтобы в условиях плоской задачи нагрузка распределялась и за пределами нагруженного участка, модель грунта образуется из пружин, соединенных в верхних концах при помощи нерастяжимой горизонтально расположенной нити, концы которой неподвижно закреплены вне основания. При нагружении такой модели кривая ее вертикальных прогибов имеет вид веревочной кривой, дифференциальное уравнение которой может быть записано в виде:

$$H \frac{d^2v}{dx^2} - Kv = q_0$$



# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, выявлена связь между настоящей и прежними работами автора и некоторыми работами других авторов по аналогичным вопросам. Во всех случаях, когда упругим основанием является малосвязный естественный грунт, следует всегда отдать предпочтение непосредственному экспериментальному определению  $C_1$  и  $C_2$  по методу, изложенному в настоящей презентации.