

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМНОГО ВЛИЯНИЯ СВАЙ В ГРУНТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА PLAXIS 2D**

**Кохан П. В., Каплич А. С**

Научный руководитель – Сернов В. А.  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В данной статье представлен расчет свайных кустов в программном комплексе PLAXIS 2D. На основании полученных результатов осадок свайных фундаментов были выведены коэффициенты группового эффекта и сделаны выводы о взаимном влиянии свай в группе.

### **Введение**

Программа PLAXIS 2D – это двумерная конечно-элементная программа, предназначенная для расчета деформаций, устойчивости и фильтрации грунтовых вод в геотехнических задачах. Программа учитывает различные особенности геотехнических конструкций и процессов возведения сооружения, используя при этом хорошо отлаженные и теоретически обоснованные вычислительные процедуры [2].

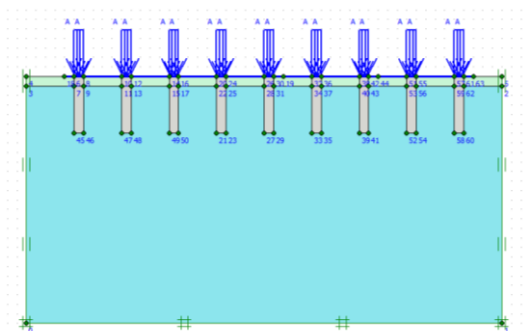
Создание PLAXIS основано на разработках Питера Вермеера из Делфтского Технического Университета, который занимался разработкой конечно-элементного комплекса для использования при проектировании оградительного сооружения Остерсхельдекеринг на Восточной Шельде в Нидерландах. Его разработки привели к созданию программы ELPLAST, определяющий несущую способность упруго пластичных грунтов с использованием 6-узловых треугольных элементах, написанной на языке FORTRAN-IV. В 1981 году Рене де Борст начал анализ исследований экспериментов по внедрению конуса в грунты, для чего ему стало необходимо разработать на основе ELPLAST решение осесимметричных задач. В итоге новая программа была названа PLAXIS (PLasticity AXISsymmetry). В 1987 году Вермеер и де Борст участвовали в раз-

работках, финансируемых министерством транспорта Нидерландов. Одной из задач развития программного комплекса был перенос программы на персональные компьютеры. И в 1987 году появилась первая коммерческая версия PLAXIS, а в 1998 году первая версия PLAXIS для операционных программ Windows 95, 98 и NT.

В результате развития программного комплекса, в 1993 г. была создана компания Plaxis BV. В 1998 г. была выпущена первая программа PLAXIS 2D для ОС Windows для двухмерного моделирования [1].

Расчет в программном комплексе PLAXIS 2D состоит из нескольких этапов.

На первом этапе моделируется геометрическая составляющая интересующей нас конструкции и задаются исходные параметры(свойства) для всех элементов модели.



**Рисунок 1 – Модель свайного куста**

На рисунке 1 показана одна из рассчитанных моделей для 9 рядов свай диаметром 1 м, длиной 5 м, расстоянием между ними 5 м. Отсутствует контакт фундаментной плиты с грунтом. Удельный вес грунта основания принят  $17 \text{ кН/м}^3$ .

Характеристики элементов модели:

- 1) грунт:  $c=1$ ,  $\varphi=35^\circ$ ,  $E=13 \text{ МПа}$ ;
- 2) свая: бетон С30/37,  $c=100$ ,  $\varphi=45^\circ$ ,  $E=33\,000 \text{ МПа}$ ,  $d=1 \text{ м}$ ;
- 3) подстилающий слой («воздух»):  $h=1 \text{ м}$ ,  $c=0,01$ ,  $\varphi=1^\circ$ ,  $E=1 \text{ Мпа}$ ;
- 4) плита:  $E_A = 7500000 \text{ кН/м}$ ,  $E_I = 1000000 \text{ кНм}^2/\text{м}$ ,  $w=10 \text{ кН/м/м}$ .

Далее строилась сетка конечных элементов. Учитывая, что в угловых точках элементов конструкции могут развиваться значительные градиенты напряжений мы рассматривали эти участки в более мелкой сетке по сравнению с остальными частями геометрической модели.

Второй этап состоит из задачи начальных условий для модели. Он состоит из 2х режимов: режима давления воды и режима геометрической конфигурации. Данный проект не рассматривает давление воды поэтому уровень грунтовых вод мы прокладываем на глубине 25 м. В режиме геометрической конфигурации мы строили поле начальных напряжений при учете полного веса грунта.

Третий этап представляет собой непосредственно расчёт модели. Изначально мы задавали 5 этапов нагружения свай, однако на исследуемый коэффициент группового эффекта это практически не влияло.

Таблица 1. – Зависимость коэффициента группового эффекта от количества свай

N, кН	$S_i$			
	$K_{гр}$			
	количество рядов свай			
	1	3	5	7
100,00	8,00	26,00	29,00	31,00
	-	3,25	3,63	3,88
300,00	21,00	69,00	73,00	78,00
	-	3,29	3,48	3,71
500,00	34,00	111,00	115,00	120,00
	-	3,26	3,38	3,53
$K_{гр, ср}$	-	3,26	3,48	3,69

Таблица 2. – Зависимость коэффициента группового эффекта от длины свай

N, кН	$S_i$					
	$K_{гр}$					
	l=5м		l=10м		l=15м	
	n=1	n=3	n=1	n=3	n=1	n=3
100,00	8,00	26,00	6,00	21,00	2,00	8,00
	-	3,25	-	3,50	-	4,00

### Окончание таблицы 2

300,00	21,00	69,00	12,00	44,00	5,00	19,00
	-	3,29	-	3,67	-	3,80
500,00	34,00	111,00	19,00	67,00	7,00	30,00
	-	3,26	-	3,53	-	4,29
К <sub>гр, ср</sub>	-	3,26	-	3,56	-	4,02

Поэтому в дальнейших расчётах мы рассматривали только 1 нагружение в 500 кН.

Получив результаты расчета модели, мы рассчитывали среднюю осадку куста свай и определяли коэффициенты группового эффекта:

$$K_{гр} = \frac{S_i}{S_1}$$

Таблица 3. – Коэффициент группового эффекта

Число рядов свай	К <sub>гр</sub>								
	l/d=5			l/d=10			l/d=15		
	a/d			a/d			a/d		
	3	5	7	3	5	7	3	5	7
3	3,26	2,91	2,47	3,56	3,01	2,68	4,02	3,27	2,71
5	3,79	3,00	2,50	3,94	3,22	2,73	4,43	3,50	2,81
7	4,06	3,06	2,68	4,31	3,37	2,95	4,57	3,68	2,89
9	4,29	3,32	2,94	4,71	4,21	3,34	4,95	4,36	3,42
	l=5м a=3м	l=5м a=5м	l=5м a=7м	l=10м a=3м	l=10м a=5м	l=10м a=7м	l=15м a=3м	l=15м a=5м	l=15м a=7м

### Заключение

На основании численных решений установлено, что при уменьшении расстояния между сваями и увеличении длины свай, а также их количества, возрастает их взаимное влияние в группе. Происходит наложение напряжений в основании свай и осадка фундамента увеличивается в сравнении с одиночной свай.

### Литература

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/PLAXIS>
2. [http://www.nipinfor.ru/construction/engineering\\_calculations/10013/](http://www.nipinfor.ru/construction/engineering_calculations/10013/)