

Список литературы

1. Волгушев А. Н., Шестеркина Н. Ф. Производство и применение серных бетонов. ЦИИИТЭИМС. М., 1991. Выпуск № 3.
2. Патент США 4.348.313.
3. Патент Канады 4.188.230.
4. Патент США 4.155.771.
5. Патент США 4.190.450.
6. Патент США 4.290.876
7. Патент Великобритании 1.465.058
8. Патент Японии 5.329.172
9. Патент США 3.560.451
10. Патент США 4.426.456
11. Салливен Т. А. Разработка серных бетонов : перевод № КС-15408 от 01.05.1989.
12. Страхова Н. А., Розенталь Д. А., Белинский Б. И., Литвинова Г. И., Кортовенко Л. П. Обработка высокопарафинистого мазута в аппарате вихревого слоя. Газовая промышленность. № 12. 2001. С. 52–53.
13. СН и П 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».
14. Середин Б. Н., Страхова Н. А. К вопросу об использовании серы в промышленном и гражданском строительстве // Энергосберегающие технологии: Наука. Образование. Бизнес. Производство : мат-лы V Международной научно-практической конференция. Астрахань. 2011. С. 30–31.

УДК 624.154.1; 624.154.8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН УПЛОТНЕНИЯ ГРУНТОВ АНАЛИТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ ВОКРУГ СВАЙНЫХ КУСТОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ШАГА, ДИАМЕТРА И ДЛИНЫ СВАИ

Н. В. Купчикова, А. С. Азаров, Е. Е. Купчиков

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет
(Россия)*

В статье рассмотрено решение проблемы по определению зоны уплотнения грунта вокруг куста свай (в том числе с уширениями) в результате экспериментальных испытаний, численного моделирования и достоверных аналитических методов расчёта для определенных инженерно-геологических условий.

Ключевые слова: зона уплотнения грунта, куст свай, эксперимент, численное моделирование, метод расчёта, инженерно-геологические условия.

The article considers the solution of the problem of determining the soil compaction zone around the pile bush (including with widening) as a result of experimental tests, numerical modeling, and reliable analytical calculation methods for certain geotechnical conditions.

Keywords: soil compaction zone, pile bush, experiment, numerical simulation, calculation method, engineering and geological conditions.

Определение зон уплотнения грунтов аналитическим методом вокруг свайных кустов в зависимости от шага, диаметра и длины сваи для различных инженерно-геологических условий является актуальной задачей в современной геотехнике, ввиду высоких трудозатрат на экспериментальные

натурные и полевые изыскания. Воспользуемся аналитическим методом расчета зоны уплотнения грунта вокруг свайных кустов в работе «Прогноз осадок свайных фундаментов» авторов - Бартоломея А. А., Омельчака И. М. и Юшкова Б. С. В качестве примера рассмотрен куст из четырёх свай длиной 9м применяемых для возведения фундамента здания молодежного центра по оси «Ж» (план фундамента см. на рис.1). Для определения зоны уплотнения свайного фундамента (кустов) в силу симметрии достаточно будет рассмотреть только часть фундамента.

Согласно рассматриваемой методики в исследованиях изменения модуля деформации, объёмной массы и сцепления грунта в уплотнённой зоне свайного фундамента в зависимости от физико-механических характеристик грунта вокруг свайного фундамента выделяют несколько зон уплотнения. Первая зона – внутри фундамента, наружная граница которой проходит по внутренней боковой поверхности сваи крайнего ряда. Вторая зона расположена в межсвайном пространстве крайнего ряда свай фундамента. Третья и четвёртая зоны расположены в околосвайном пространстве с радиусами соответственно $2-3d$ и $5-7d$. Пятая зона не имеет чёткой границы и не оказывает влияния на несущую способность фундамента, грунт из уплотнённого состояния этой зоны постепенно переходит в природный. Вообще исследования изменения модуля деформации, объёмной массы и сцепления грунта в уплотнённой зоне свайного фундамента в зависимости от физико-механических характеристик грунта вокруг свайного фундамента проводится различными способами:

- определением объёмных деформаций в основании сваи по изменению плотности грунта;
- определением характера и величин перемещений грунта в пределах зоны деформаций с помощью закладываемых в грунт фиксаторов;
- визуальном посредством вскрытого основания сваи с фотографированием видимых изменений [1-6].

При подсчете зоны уплотнения вокруг куста свай согласно методике, приняты следующие условия упрощения:

- природный коэффициент пористости не меняется с глубиной, а грунт вытесняется забиваемыми сваями в горизонтальном направлении;
- расстояние между сваями в кусте не меньше $3d$;
- коэффициент пористости грунта убывает к границе уплотнённой зоны по кривой второго порядка, плотность грунта достигает максимального значения у боковой поверхности свайного фундамента, где коэффициент пористости минимальный;
- грунт вытесняется в оси x также, как и в оси y .

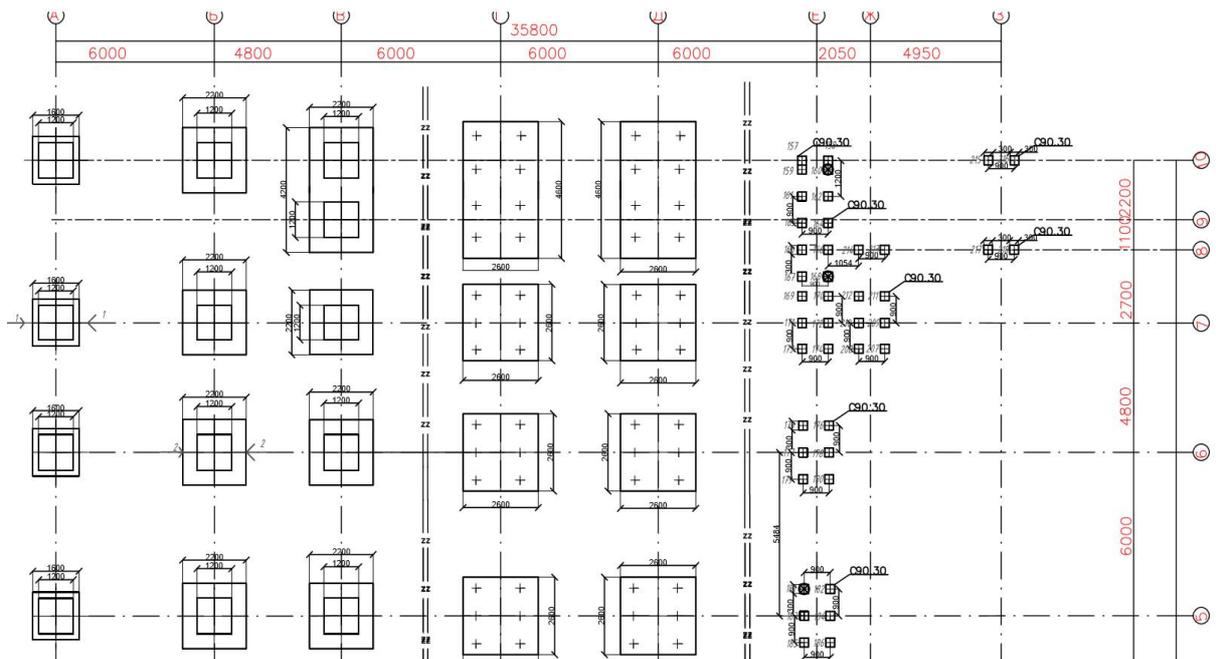


Рис. 1. План фундаментов

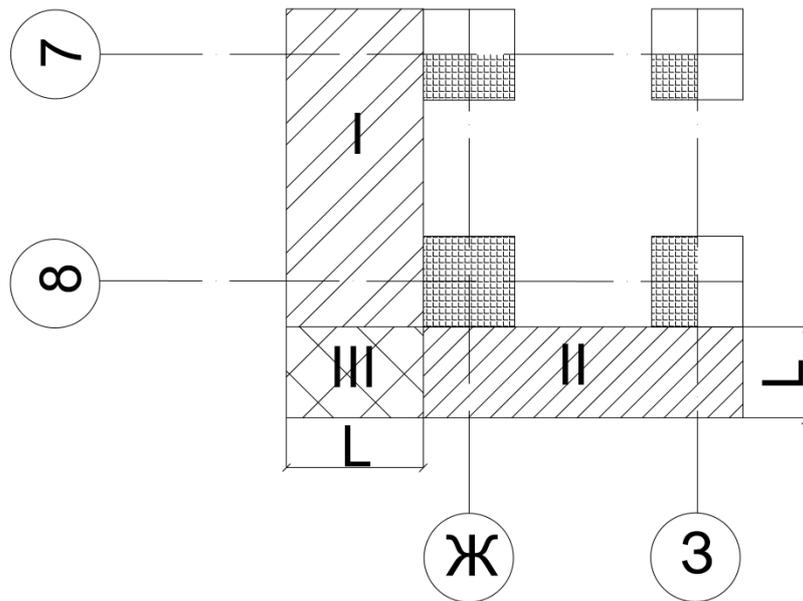


Рис. 2. Расчетная схема определения зон уплотнения

Часть грунта выдавливается за пределы фундамента в зону шириной L , которая состоит из трёх участков, пористость в ней убывает от E на границе уплотнённой зоны до E_{\min} на границе фундамента. Убывание пористости происходит по квадратичному закону:

$$E(x) = E - \frac{E - E_{\min}}{L^2} x^2 \quad (1)$$

Предполагаем, что грунт выдавливается в направлении оси OX и OY . Из этого предположения следует, что $E(y)$ на втором участке меняется по тому же закону, что и $E(x)$ на первом участке, а для закона изменения пористости $E(x,y)$ применяем условие из которого следует:

$$E(x,y) = \frac{EE(x) + EE(y) - EE_{\min} - E(x)E(y) + (E - E_{\min})E(x)E(y)}{E - E_{\min} + EE_{\min} - E_{\min}E(x) - E_{\min}E(y) + E(x)E(y)} \quad (2)$$

Для вычисления ширины зоны уплотнения L через E и E_{\min} для фундамента из 4-х свай воспользуемся следующей формулой:

$$L = \frac{(E - E_{\min}) \left(\sqrt{\frac{1+E}{E - E_{\min}}} * 2 \right) d_0}{(1+E)(1+E_{\min})J}, \quad (3)$$

$$L := \frac{(0.89 - 0.75) \cdot \left(\sqrt{\frac{1+0.89}{0.89-0.75}} - 2 \right) \cdot 0.3}{(1+0.89) \cdot (1+0.75) \cdot 0.014} \quad L = 1.519$$

где J определяется по следующей формуле:

$$J = \frac{1}{2\sqrt{1+E}\sqrt{E-E_{\min}}} * \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{E-E_{\min}} + \sqrt{1+E}}{\sqrt{1+E} - \sqrt{E-E_{\min}}} + \frac{1}{1+E} \quad (4)$$

$$I := \frac{1}{2\sqrt{1+0.89}\sqrt{0.89-0.75}} \cdot \ln \left(\frac{\sqrt{0.89-0.75} + \sqrt{1+0.89}}{\sqrt{1+0.89} - \sqrt{0.89-0.75}} \right) - \frac{1}{1+0.89}$$

$I = 0.014$

Θ - объём вытесненного грунта в околосвайной зоне (зона уплотнения):

$$2D * \Delta h \int_0^L \left(\frac{E}{1+E} - \frac{E(x)}{1+E(x)} \right) dx + \Delta h \int_0^L \int_0^L \left(\frac{E}{1+E} - \frac{E(x,y)}{1+E(x,y)} \right) dx dy \quad (5)$$

Для фундамента из 4 свай $D=2d_0$

$$\Theta := 2 \cdot 0.9 \cdot 3 \int_0^L \left(\frac{0.89}{1+0.89} - \frac{0.829}{1+0.829} \right) dx + 3 \int_0^L \int_0^L \frac{0.89}{1+0.89} - \frac{0.894}{1+0.894} dx dy$$

$\Theta = 0.137 \text{ м}^3$

Зона уплотнения была определена для трёх разных диаметров свай 0,4x0,4м, 0,30x0,30м и 0,25x0,25м с шириной зоны уплотнения грунта и объёма вытесненного грунта. Результаты расчета аналитическим методом сводим в таблицу 1:

Таблица 1

Результаты расчета

Сечение сваи (м)	0,4 x 0,4	0,30 x 0,30	0,25 x 0,25
J	0,014	00,026	00,02
L (м ²)	1,519	00,876	0,901
Θ (м ³)	0,144	0,483	0,368

Результаты расчёта показывают очевидную закономерность между размерами сечения сваи и зоной уплотнения грунта вокруг куста сваи – с увеличением размеров сечения возрастает и объём уплотнённого грунта.

Аналогичный принцип расположения зон уплотнения был принят и в исследовании группы свай с поверхностными уширениями в виде ступеней в работах [1-11]. Для группы свай с поверхностными уширениями в виде ступеней внутри фундамента, наружная граница которой проходит по внутренней боковой поверхности сваи крайнего ряда плотность увеличилась на 50% (с 1,39 до 1,92 г/см³), что в 2,3 раза больше, чем для свайных кустов из призматических свай, а удельное сцепление увеличилось почти в 4 раза (до 84 кПа). Во второй зоне, расположенной в межсвайном пространстве крайнего ряда свай фундамента плотность, увеличилась на 38% (с 1,39 до 1,77 г/см³), что в 2 раза больше, чем для свайных кустов из призматических свай, а удельное сцепление увеличилось почти в 3 раза (до 63 кПа). Третья и четвёртая зоны, расположенные в около свайном пространстве с радиусами 2-3d и 5-7d. плотность увеличилась соответственно на 28% и 15%, а удельное сцепление - почти в 1,5 раза (до 31,5 кПа).

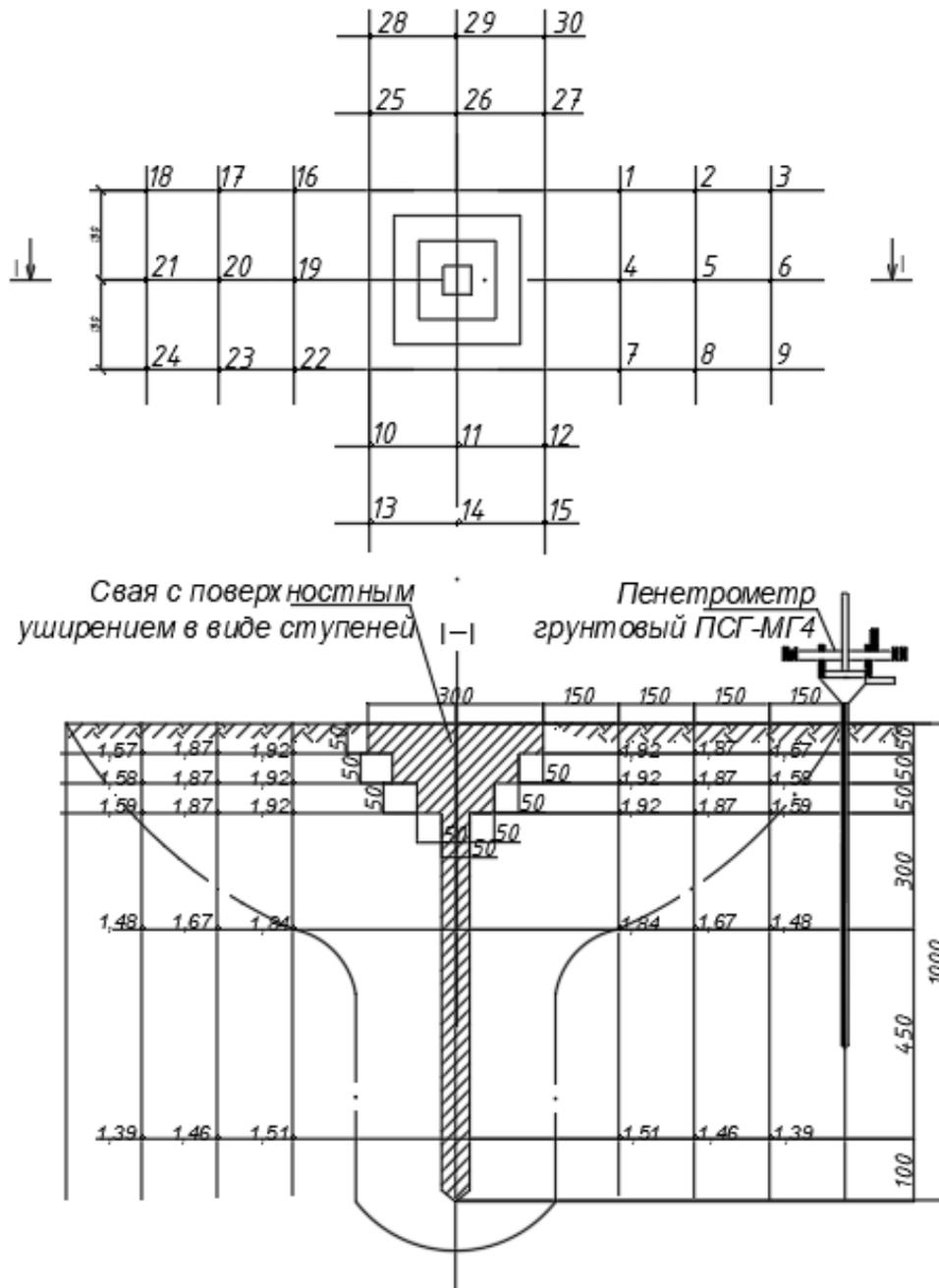


Рис. 3. Схема характерных точек замера физико-механических характеристик грунта вокруг сваи и зона уплотнения грунта:
 1-30 характерные точки замера свойств грунта вокруг сваи пенетрометром

Анализ существующего уровня решения проблемы по определению зоны уплотнения грунта показал, что наиболее эффективным способом решения является сопоставление результатов экспериментальных испытаний, численного моделирования и достоверных аналитических методов расчёта [1-11].

Список литературы

1. Купчикова Н. В. Экспериментальные исследования по закреплению слабых грун-

тов под фундаментами физико-химическими методами с применением добавок-пластификаторов // Вестник гражданских инженеров. 2014. № 3 (44). С. 123–132.

2. Ануфриев Д. П., Купчикова Н. В. и др. Новые строительные материалы и изделия: региональные особенности производства. М. : Издательство АСВ (Москва), 2014. 200 с.

3. Купчикова Н. В. Системный подход в концепции формообразования свайных фундаментов с уширениями // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 12 (111). С. 1361–1368.

4. Купчикова Н. В. Формообразование концевых уширений свай в поперечном сечении и методика их деформационного расчёта // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 1 (48). С. 88–96.

5. Купчикова Н. В. Методика расчёта свай с уширениями, основанная на свойствах изображений Фурье финитных функций // Промышленное и гражданское строительство. 2012. № 8. С. 24–26 (16)

6. Ануфриев Д. П., Купчикова Н. В. Эффективные строительные конструкции и технологии на Каспийском инновационном форуме – 2009 // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2009. № 5. С. 52.

7. Ануфриев Д. П., Золина Т. В., Боронина Л. В., Купчикова Н. В., Жолобов А. Л. Новые конструкции и технологии при реконструкции и строительстве зданий и сооружений. М. : «АСВ», 2013. 208 с.

8. Купчикова Н. В. Влияние уплотнения грунта со щебнем на жёсткость основания // Промышленное и гражданское строительство. 2007. № 10.

9. Купчикова Н. В. Учет сдвиговых деформаций свайных фундаментов с усиливающими элементами // Строительная механика и расчет сооружений. 2014. № 3 (254). С. 17–22.

10. Купчикова Н. В. Определение коэффициента постели по деформации свободного конца сваи с использованием методики дискретного преобразования Фурье // Вестник Саратовского государственного технического университета. № 1 (73). Т. 4. 2013. С. 206–209.

11. Купчикова Н. В. Технологическая эффективность применения свай с поверхностными уширениями в зависимости от изменения геометрии сборных клиньев в просадочных грунтах // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 6. С. 40–43.

УДК 624.157.8

ОСОБЕННОСТИ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ НА КАСПИИ

Ж. В. Калашник, Е. В. Квасникова***

**Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

***Астраханский государственный технический университет (Россия)*

В статье кратко рассматриваются методы инженерно-геологических изысканий на море, проблемы строительства сооружений нефтегазового комплекса.

Ключевые слова: инженерно-геологические изыскания, континентальный шельф, геологическое строение, грунтовый массив, статическое зондирование.

The article briefly discusses the methods of engineering-geological surveys at sea, the problems of construction of oil and gas facilities.

Keywords: engineering-geological surveys, continental shelf, geological structure, soil mass, static sensing.

Ни для кого не секрет, что в недрах Каспийского моря сосредоточены огромные запасы природных ресурсов, прежде всего нефти и газа. Изучение и