

О. В. Титко, к. т. н.; Н. П. Бадёра

АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РАБОТЫ ФУНДАМЕНТОВ ИЗ ГРУППЫ ВЗАИМОЗАВИСИМЫХ СВАЙ РАЗНОЙ ДЛИНЫ

Проанализированы экспериментальные исследования работы фундаментов из группы взаимозависимых свай разной длины, на основе которого установлено, что порядок расположения коротких и длинных свай влияет на несущую способность фундамента. Доказано, что несущая способность группы свай разной длины приблизительно одинаковая с несущей способностью свайной группы свай одинаковой длины.

Ключевые слова: свая, несущая способность, группы свай разной длины, коэффициент эффективности, уплотнение грунта, предельная нагрузка на группу.

Введение

Применение свай в качестве фундаментов под промышленные и гражданские здания помогает почти исключить земляные работы и механизировать процесс устройства фундамента. В строительстве при устройстве свайного фундамента возникает потребность в значительных затратах, которые приводят к повышению стоимости строительства в целом.

Существующие методы расчета свайных фундаментов довольно условные, в их основу не в достаточной мере заложен анализ механических процессов, возникающих в основании при их нагрузке. По этой причине размеры свайных фундаментов определяются расчетом по принципу простого сложения несущих способностей одиночных свай, хотя предельная несущая способность группы свай не является простым добавлением предельных несущих способностей одиночных свай. Большим количеством опытов установлено, что функциональная зависимость “нагрузка – осадка” одиночной сваи в большинстве грунтовых условий не соответствует аналогичной зависимости для группы свай [1 – 3]. Эти обстоятельства предопределяют целесообразность и актуальность дальнейшего усовершенствования свайных фундаментов и снижение их стоимости за счет использования свай разной длины.

Задачей работы являются проведения модельных испытаний группы свай разной длины, а также построение графиков зависимости распределения усилий между сваями от нагрузки группы по результатам экспериментальных исследований.

Основная часть

При испытании групп свай одинаковой длины наиболее эффективными оказались группы с расстоянием между сваями равным $3d$ [4], поэтому при испытании групп свай разной длины расстояние не варьировалось и принималось равным $3d$ для всех случаев.

Испытывались группы из 9 свай в двух вариантах:

- наиболее длинными (700 мм) являются угловые сваи (К-3);
- наиболее длинными (700 мм) являются промежуточные сваи и центральные (К-4);
- наиболее длинные (700 мм) угловые, средние (600 мм) – промежуточные, короткая (500 мм) – центральная (К-5).

Испытания проводились в песках средней плотности. Каждый эксперимент повторялся 3 – 6 раз. Средние результаты испытаний представлены в табл. 1.

При сравнении несущей способности групп свай разной длины с несущей способностью групп свай одинаковой длины [4] выявлено, что при уменьшении длины

как угловых, так и центральных свай, несущая способность их несколько уменьшается. При этом коэффициент эффективности для данных грунтовых условий не изменяется по величине.

Результаты опытов, которые получены при проведении эксперимента, не подтвердили результатов опытов Бермана В. И. [5], у которого несущая способность группы с укороченными сваями не снижалась в сравнении с несущей способностью группы из свай наибольшей длины, хотя была применена та же последовательность погружения свай. Это, видимо, объясняется тем, что в опытах Бермана В. И. группы свай не приводились к потере несущей способности, и, кроме того, могло сказаться перераспределительное влияние ростверка при его жестком соединении со сваями (в опытах автора соединение свай с ростверком было шарнирным).

Применение групп взаимозависимых свай разной длины можно рекомендовать в песках средней плотности, так как даже при отсутствии эффекта повышения несущей способности остается эффект уменьшения энерго- и материалозатрат. Поскольку более короткие сваи, которые забиваются последними, не входят в переуплотненную зону, образованную при забивке предыдущих свай, и могут быть легко погруженными к проектной отметке.

Результаты экспериментов показали, что порядок расположения коротких и длинных свай в группе влияет на несущую способность фундамента в целом. Свайные группы, в которых центральные сваи менее короткие, а угловые – длинные (К-3, К-5), имеют большую несущую способность сравнительно с группами, в которых средние сваи длинные, а угловые – короткие (К-4). Это возможно объяснить изменением формы нижней части свайной группы, которая обеспечивает передачу большей нагрузки на поверхность уплотненной основы за счет образования зон концентрации напряжений (рис. 1).

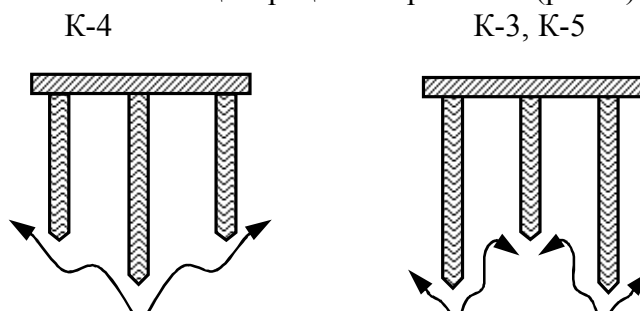


Рис. 1. Направления действия напряжений в основах групп свай разной длины

В случае применения групп свай разной длины в процессе загрузки фундаментов распределение усилий между отдельными сваями в группе происходит неравномерно, только в группах К-3 и К-5 усилия распределяются приблизительно одинаково в конечной фазе загрузки группы. Поскольку соединение свай с ростверком было выполнено шарнирным, то эта неравномерность определяется напряженным состоянием грунта вокруг свай.

Как видно из табл. 1, в момент потери свайной группой несущей способности в характере перераспределения нагрузок между сваями в группах свай разных длин есть своя специфика. Она выражается в том, что большую часть нагрузок воспринимают более длинные свайные группы, не смотря на то, что в случае, когда в центре находится короткая свая, она опирается на грунт, уплотненный ранее погруженными длинными сваями.

Предположение [5] о том, что в этом случае усилия между сваями распределяются равномерно, не подтверждаются опытами, выполненными в данной работе. Получено, что для большинства групп с длинными сваями, расположенными по углам, большая часть нагрузки практически на первых этапах погружения передается угловым сваям.

На рис. 2 изображена зависимость распределения усилий между сваями исследуемой

группы К-3, которая состоит из угловых свай большей длины (700 мм), промежуточных и центральных менее коротких (500 мм). Характерным для данного испытания является повышение нагрузки на угловые сваи (700 мм) и приближение к нагрузке, которую воспринимает центральная свая (500 мм), хотя в группах из длинных свай одинаковой длины расхождение в усилиях было существенным.

На рис. 3 представлено данные о распределении нагрузок на сваи группы К-4, когда угловые сваи – короткие (500 мм), а промежуточные и центральная – длинные (700 мм). Большая нагрузка воспринимается длинными сваями, т. е. промежуточными. Но, если сравнить данные рис. 3 и 4, можно выяснить, что короткие угловые сваи на начальной стадии погружения воспринимают большие нагрузки, чем центральная свая. Это свидетельствует о более приемлемых условиях работы короткой угловой сваи с основой, в сравнении с короткой центральной в начальной фазе загрузки.

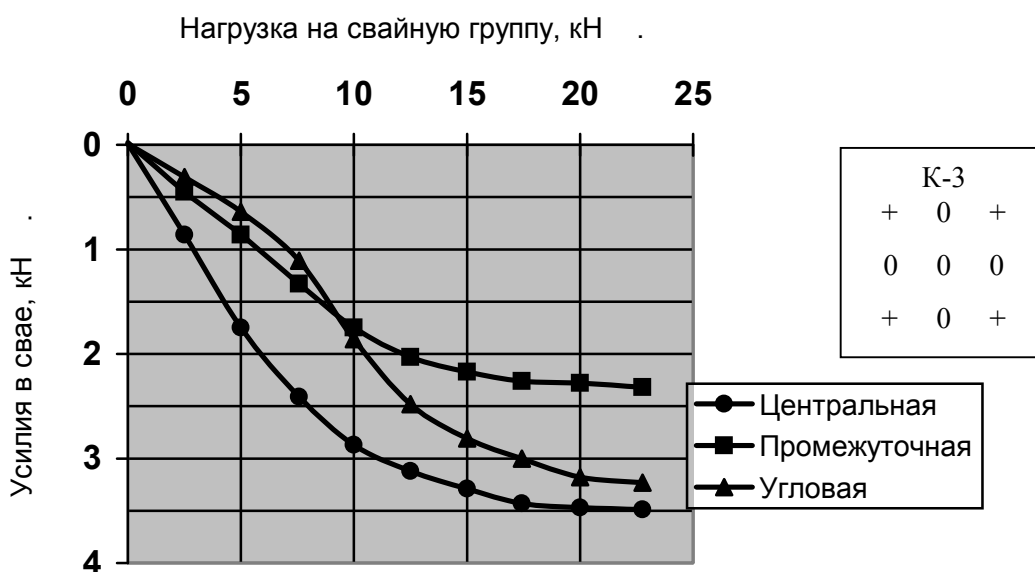


Рис. 2. Зависимость распределения усилий между сваями от нагрузки группы:
+ – свая длиной 700 мм; 0 – свая длиной 500 мм

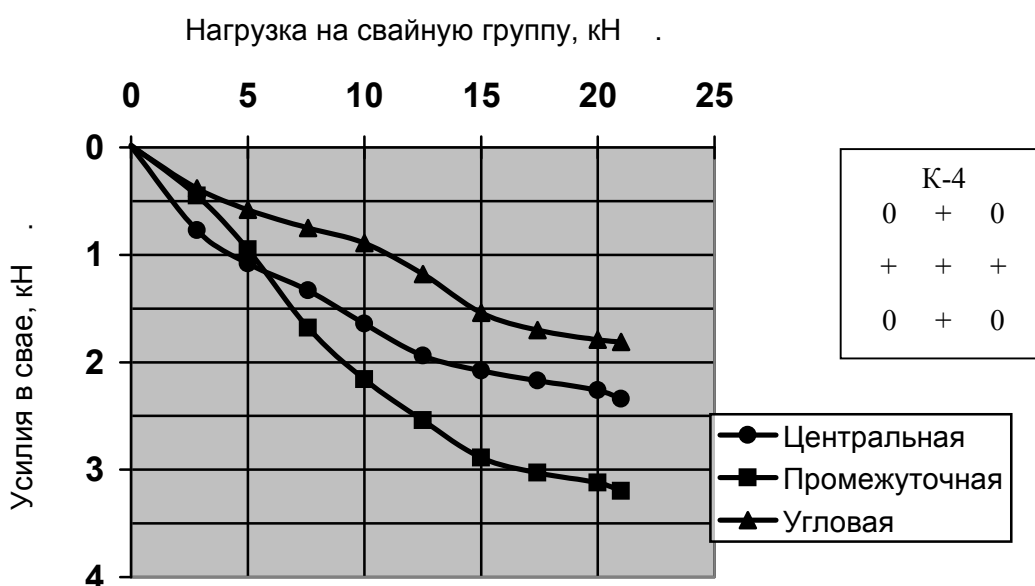


Рис. 3. Зависимость распределения усилий между сваями от нагрузки группы:
+ – свая длиной 700 мм; 0 – свая длиной 500 мм

Таблица 1

Результаты модельных испытаний групп взаимозависимых свай разной длины

Тип группы	Положение свай в группе	Длина свай, мм	Предель- ная нагрузка на группу, кН	Распределение усилий на свай			Несущая способность одиночной свай, F _{од} кН	Осадка группы момент потери несущей способнoсти мм	Теоретичес-кая несущая способность группы (ΣF _{од}), кН	Коэффи- циент эффектив- ности, K _{эф}
				цент- ральную, кН	угловую, кН	про- межuto чную, кН				
К - 3	угловые	700	22,7	3,42	3,21	2,38	2,87	10,5	23,27	0,89
	промежуточные центральная	500					2,23			
К - 4	угловые	500	21,6	2,36	1,84	3,12	2,23	11,0	21,63	0,85
	промежуточные центральная	700					2,87			
К - 5	угловые	700	22,8	2,54	2,98	2,76	2,87	10,2	23,43	0,91
	промежуточные	600					2,43			
	центральная	500					2,23			

На рис. 4 построены зависимости распределения нагрузки между сваями группы К-5, которая состоит из комбинации трех свай разных длин: угловые – длинные (700 мм), промежуточные – средние (600 мм) и центральная – короткая (500 мм). Характерным показателем для этой комбинации является то, что распределения усилий в конечной фазе нагрузки приблизительно одинаковы между всеми сваями группы, которая безусловно влияет на равномерное распределение напряжений в ростверке. Также для группы (К-5) погружение свай к проектной отметке не составило трудностей, и это один из показателей рациональности и экономичности данной схемы.

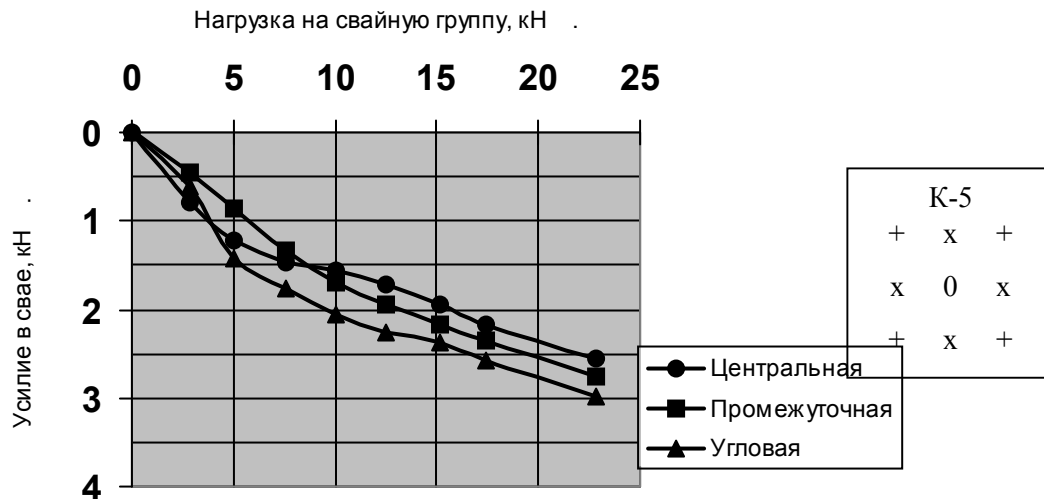


Рис. 4. Зависимость распределения усилий между сваями от нагрузки группы:
 + – свая длиной 700 мм; x – свая длиной 600 мм;
 0 – свая длиной 500 мм

Выводы

Экспериментальными исследованиями выявлено, что несущая способность свайных групп свай разной длины приблизительно одинаковая с несущей способностью свайной группы длинных свай одинаковой длины. Это можно объяснить изменением формы нижней части группы свай разной длины, которая обеспечивает передачу большей нагрузки на поверхность уплотненной основы, чем в группе свай одинаковой длины, и способствует уменьшению осадки при тех самых нагрузках.

Фундаменты из свай разной длины в исследуемых случаях позволяют уменьшить затраты материала за счет сокращения общей длины свай на 13 – 16%, при сохранении величины нагрузки на группу, которая равняется сопротивлению группы свай одинаковой длины [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Березанцев В. Г. Расчет одиночных свай и свайных кустов на действие горизонтальных сил / В. Г. Березанцев. – Воениздат, 1946. – 51 с.
2. Егоров В. В. О влиянии кустового эффекта на несущую способность свайных фундаментов / В. В. Егоров. – Труды: сб. науч. работ, Новосибирск. – 1977. – Вып. 180. – С. 86.
3. Лалетин Н. В. Расчет свайного куста на вертикальные нагрузки по деформациям грунтов основания / Н. В. Лалетин // Теория сооружений и конструкций. – ВИСИ: сб. трудов. – № 13. – 1967. – Вып. 1. – С. 57 – 160.
4. Титко О. В. Оцінка ефективності фундаментів з групи взаємозалежних паль: монографія / О. В. Титко. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 114 с.
5. Берман В. И. Возведение фундаментов из кустов забивных свай разной длины / В. И. Берман // Промышленное строительство и инженерные сооружения. – 1983. – Вып. 3. – С. 30 – 31.

Титко Олег Васильевич – к. т. н., старший преподаватель кафедры теплогазоснабжения.

Бадёра Наталья Петровна – магистрант кафедры теплогазоснабжения.

Винницкий национальный технический университет.