

**Глухова Мария Вячеславовна**  
аспирант IV года обучения каф. «Геотехника и  
дорожное строительство»  
Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства

## ОПТИМИЗАЦИЯ ОСАДКИ ЛЕНТОЧНОГО СВАЙНОГО ФУНДАМЕНТА

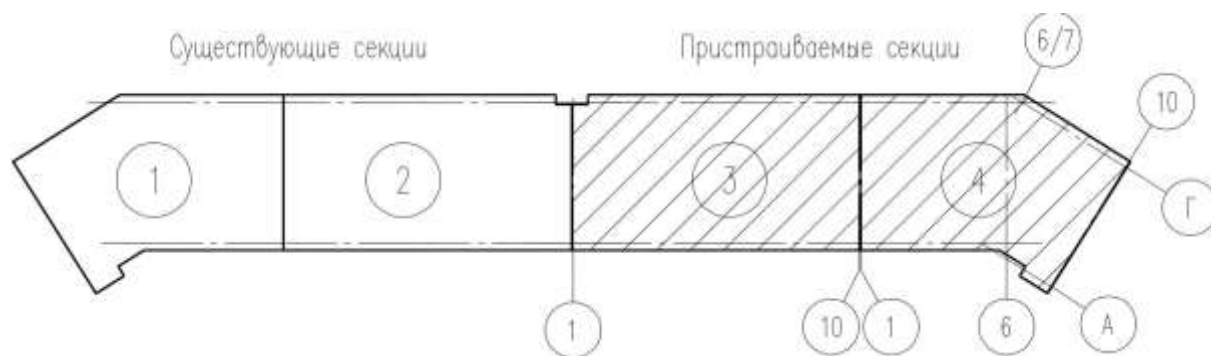
*Глухова М.В.*

На примере строящегося 28-ми этажного жилого дома рассмотрен проект ленточного свайного фундамента из составных призматических свай. В традиционной постановке для ленточного четырехрядного свайного фундамента расчетная осадка значительно превысила предельно-допустимое значение деформации. Предложен вариант оптимизации осадки по результатам расчета свай с переменной длиной.

**Ключевые слова:** свайные ленточные фундаменты, деформация основания, осадка, взаимовлияние свай, несущая способность, предельные деформации.

При строительстве 28-ми этажного жилого дома в г. Самаре на сплошной монолитной железобетонной плите фактические деформации основания более чем в 2,5 раза превысили предельно-допустимое значение. При этом имело место развитие крена здания.

В качестве мероприятий по уменьшению указанных деформаций выполнены работы по закреплению грунтового основания в пределах 5÷6 м. ниже подошвы плиты. В результате проявилась тенденция к стабилизации осадки и крена.



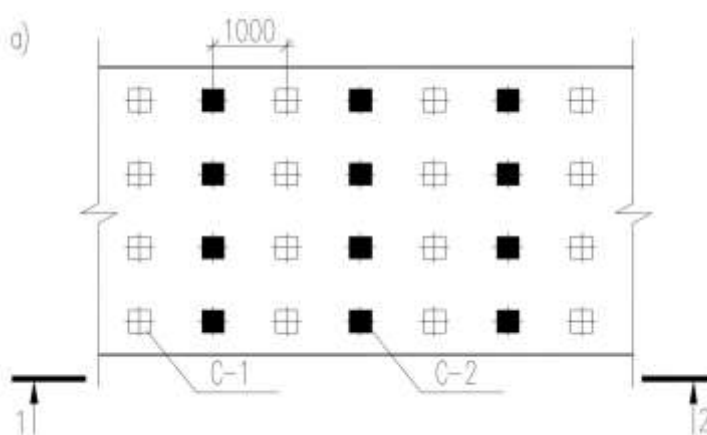
*Рис. 1. План секций возводимого здания*

При возведении следующих двух подъездов указанного дома (рис. 1) разработан вариант в виде ленточных свайных фундаментов из традиционных призматических составных свай сечением 30×30 см. Исходя из характера напластования грунтов, оптимальная длина свай порядка 17,0÷19,0 м.

Под наиболее нагруженные средние стены лента свайного фундамента по ширине принята из четырех свай. Расчет по деформации показал, что расчетная осадка такого ленточного фундамента при длине свай 19,0 м составляет  $S = 28,8$  см, что превышает нормативное предельно-допустимое значение осадки  $S_u = 15,0$  см.

На основании ранее выполненных исследований [1, 2] авторами рассмотрена возможность использовать вариант разноуровневого расположения подошвы условного свайного фундамента с целью уменьшения расчетной величины осадки. Выполнены поверочные расчеты ленточных фундаментов из свай переменной длины.

Авторы разбили сваи на отдельные ряды, располагая сваи С-1 и С-2 по четыре штуки в ряду (рис. 2). Таким образом сформировалась лента в виде уступов с разницей свай по длине в 2,0 м.



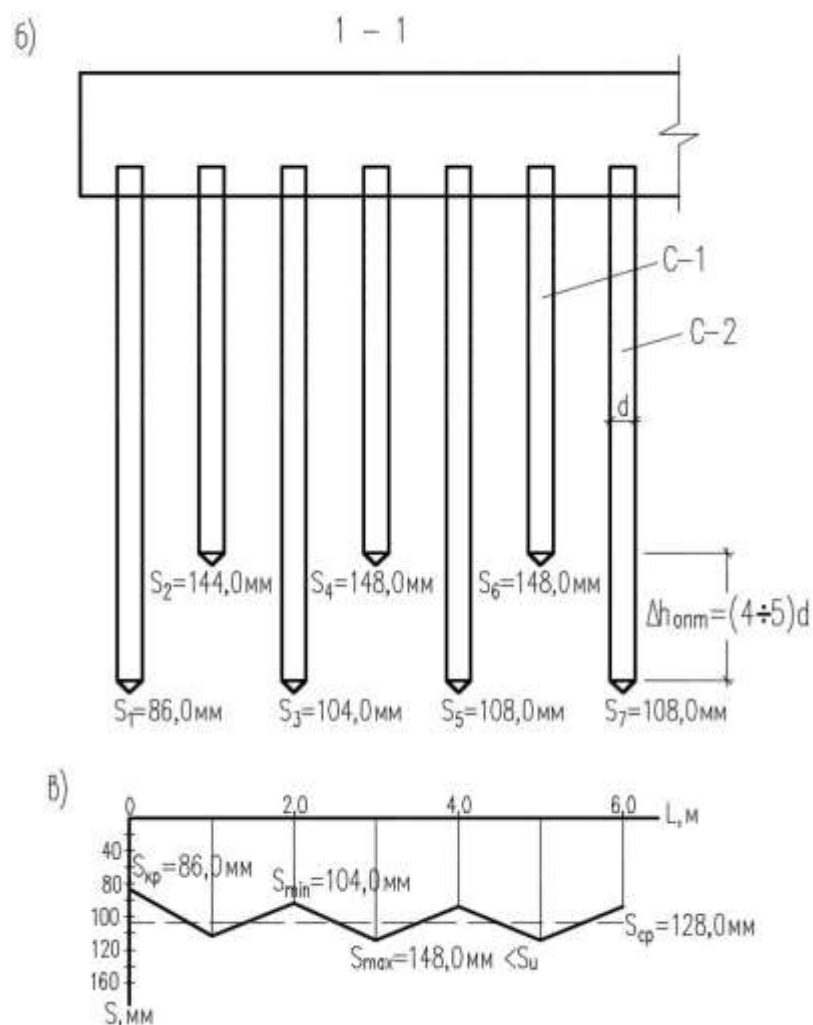


Рис. 2. а) план расположения свайных рядов C-1, C-2 в ленте фундамента; б) разрез 1-1, в) график зависимости осадки  $S$  от разницы длин свай  $\Delta L$

Расчет указанных свай фундамента осуществлялись по схеме кустов по четыре сваи в каждом. При расположении свай на расстоянии  $c = 1,0$  м между осями размеры подошвы условного фундамента в поперечном направлении ленты – 5,0 м, в продольном – 1,0 м.

Авторами выполнены исследования взаимовлияния на расчетную осадку изменений соотношения длин свай соседних кустов [3, 4]. Расчет осадки кустов из свай переменной длины выполняется с использованием расчетной схемы грунтового основания в виде линейно-деформируемого полупространства методом послойного суммирования деформаций слоев в пределах сжимаемой толщи. [5,6]

В результате расчетов определена оптимальная разница длин  $\Delta h_{opt}$ , при которой величина максимальной осадки  $S_{max} = 148,0$  мм, что не превышает

$S_u=150,0$  мм. При этом  $\Delta h_{\text{опт}}=2,0$  м, а длины свай составляют С-1 – 17,0 м и С-2 – 19,0 м.

Выделены три характерных осадки. Для крайнего куста  $S_{кр}=86,0$  мм. Минимальная осадка  $S_{\text{min}}=104,0$  мм соответствует кусту из относительно коротких свай С-1. Максимальное значение осадок отмечается для более длинных свай С-2 и составляет  $S_{\text{max}}=148,00$  мм.

Так как в целом ленточный свайный фундамент из свай различной длины объединяет монолитный ростверк, следовательно, осредненное значение осадки составляет порядка 128,0 мм (рис.2,в).

В целом изменение расчетной схемы ленточного фундамента на схему работы отдельных кустов свай позволяет существенно уменьшить толщину активной зоны сжатия грунтового основания под подошвой условного свайного фундамента, что обуславливает существенное уменьшение расчетной осадки. В рассматриваемом случае указанная осадка для ленточных фундаментов из свай одинаковой длины составила 28,8 см, а кустов из свай переменной длины  $S_{\text{max}}=14,8$  см.

В связи со стесненными условиями строительства предусмотрена технология погружения свай путем вдавливания. При такой технологии несущая способность свай обеспечивается достижением контрольного (конечного) усилия вдавливания  $N_k$  на завершающем этапе погружения. На этапе проектирования коэффициент перехода от расчётно-допускаемой нагрузки  $N_{рд}$  к контрольному усилию вдавливания принят равным 1.2. Конечное усилие  $N_k = N_{рд} \times 1,2 = 500,0 \text{ кН} \times 1,2 = 600,0 \text{ кН}$ .

В случае, когда контрольное усилие меньше указанного выше, необходимо повторно выполнить проверку контрольного усилия после «отдыха» свай продолжительностью 2,0 часа. Если и после «отдыха»  $N_k < 600,0$  кН, необходимо провести статические испытания свай в соответствии с ГОСТ 5686-2012. На основании результатов испытаний следует принять решение о вдавливании дополнительных свай.

Согласно отчета по изысканиям, в качестве несущего слоя свай служит глина тугопластичная (ИГЭ-4), характеристики которой приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика инженерно-геологического элемента

	ИГЭ-4
удельный вес	$\gamma=20,0$ кН/м <sup>3</sup>
удельное сцепление	$c= 31$ кПа
угол внутреннего трения	$\varphi=18 0$
модуль деформации	$E=18$ Мпа
показатель текучести	$IL= 0.28$

С целью обеспечения надежной работы фундаментов при эксплуатации проектом предусмотрены статические испытания шести опытных свай. Загружение осуществлялось гидравлическими домкратами грузоподъемностью 200 т. путем упора домкрата в грузовую платформу (рис.3). Контроль за перемещением опытного фундамента велся с помощью двух прогибомеров. Таким образом, решалась задача определения длины свай, при которой обеспечивается расчетно-допускаемая нагрузка на сваю  $N_{pд}=500$  кН. В ходе испытаний сваи погружались до достижения контролируемого усилия при вдавливании порядка  $N_k= 600\div 620$  кН. [7]

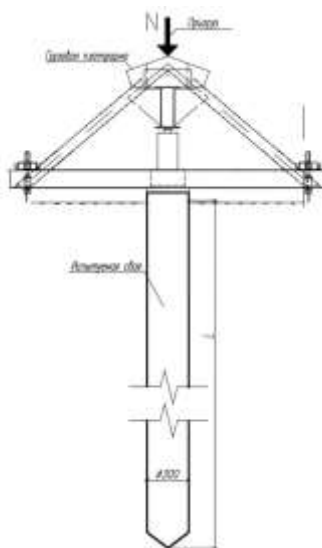


Рис. 3. Схема статического испытания свай

Усилия вдавливания фиксировались с момента погружения сваи на глубину 4,0 м. Последнее обусловлено наличием в пятне застройки секций слоя просадочного суглинка (ИГЭ-2) мощностью около 4,0 м. Для исключения влияния при замачивании просадочного слоя на несущую способность сваи до вдавливания устраивались лидерные скважины диаметром 450 мм.

По результатам вдавливания свай построен осредненный график зависимости усилия вдавливания  $F$  от глубины погружения сваи  $L$ . Значения усилий вдавливания при одинаковой глубине погружения свай отличаются в пределах 5%. Указанное позволяет сделать вывод об однородности грунтовых условий. Так же по данным перемещения свай относительно неподвижных реперов построены графики зависимости осадки сваи  $S$  от нагрузки  $F$  (рис.4).

При проведении испытаний были достигнуты средняя осадка 31,17 мм и максимальная нагрузка на сваю 680,0 кН. Указанная нагрузка в 1,36 раза превышает расчетно-допускаемую  $N_{pd} = 500,0$  кН. За частное значение предельного сопротивления сваи  $F_u$  вдавливающей нагрузке принята нагрузка, под воздействием которой фундамент получает осадку  $S$  равную:

$$S = \zeta \cdot S_{u,mt},$$

где  $S_{u,mt}$  — предельно допускаемая осадка для данного типа здания принимаемая согласно нормативам равной 150,0 мм;

$\zeta$  - реологический коэффициент, учитывающий отличие условий кратковременных испытаний от условий работы фундамента в процессе эксплуатации и составляет 0,2. Таким образом,

$$S = 0,2 \times 150 = 30,0 \text{ мм.}$$

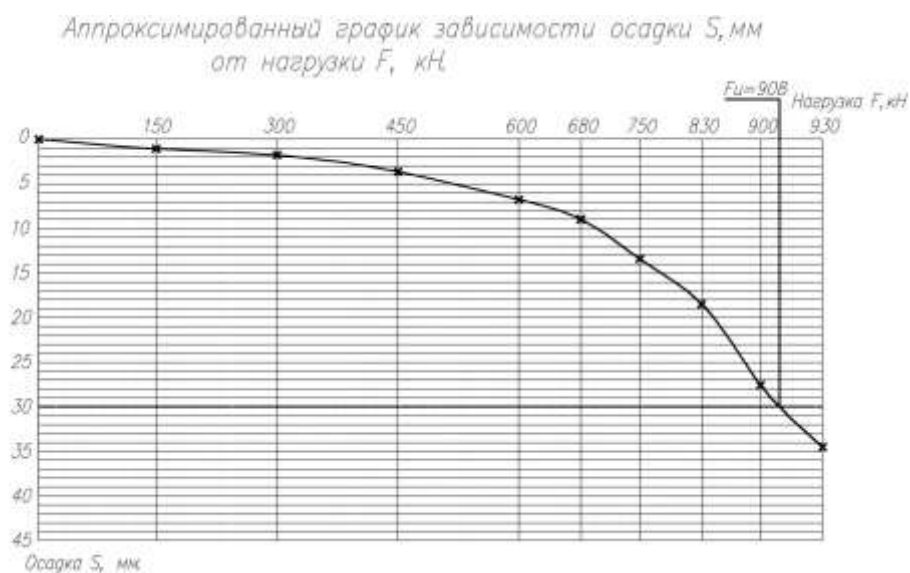


Рис. 4. График зависимости осадки сваи ( $S$ ) от нагрузки ( $F$ )

Фактическое значение осадки составило 30,0 мм при нагрузке 665,0 кН.

В запас прочности указанную нагрузку принимаем за величину частного значения предельного сопротивления сваи.

Расчетно-допускаемая нагрузка на фундамент по грунту основания составила 554,0 кН для свай длиной 19 м.

Путем подбора сочетания длин свай удалось осуществить оптимизацию расчетной осадки ленточного свайного фундамента с 288,0 мм до 128 мм в пределах допустимых значений для рассматриваемого типа зданий. Указанное обусловлено переводом схемы работы основания под ленточным фундаментом в условия работы основания под отдельностоящими кустами свай с учетом взаимовлияния при формировании разноуровневого свайного ленточного фундамента. Результаты расчета фундамента по деформациям подтверждены статическими испытаниями на площадке строительства шести опытных свай.

#### Литература:

1. Глухова М.В., Глухов В.С., Хрянина О.В. Взаимовлияние плитного ростверка и свай на осадку здания // Современные научные исследования и инновации. - 2015. №3-2(47). - С.58-62
2. Глухов В.С., Глухова М.В., Исаева Т.А. Выравнивание осадок свай с учетом взаимовлияния // Актуальные проблемы современного

фундаментостроения с учетом энергосберегающих технологий: материалы IV Международной научно-практической конференции / ПГУАС – Пенза, 2014. – С. 32-37.

3. Боков И.А., Федоровский В.Г. Разработка методики расчёта и проектирования свайных оснований, в составе которых применены сваи разной длины и диаметра. // Academia. Архитектура и строительство. - 2016. - № 4. - С. 121-128.

4. Рузаев А.М. Оптимизация проектных решений свайных фундаментов с учетом взаимного влияния свай и работы низкого ростверка на их несущую способность. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук // Московский государственный строительный университет. - Москва, 2010

5. Глухова М.В., Галова Ю.С., Глухов В.С. Исследование влияния плиты ростверка на осадку свай с уширением // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2011. - №5-2(38). - С. 360-363.

6. Глухов В.С., Хрянина О.В., Глухова М.В. Исследование влияния уширения свай в пробитых скважинах на осадку // Известия Юго-Западного государственного университета. - 2011. - № 5-2 (38). - С. 351а-354.

7. Глухов В.С., Хрянина О.В., Глухова М.В. Свайно-плитные фундаменты на комбинированном основании. Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура. - 2014. - № 2. - С. 229-237.