

М. А. Ситников

## О ВЛИЯНИИ РАЗМЕРОВ НА НЕСУЩУЮ СПОСОБНОСТЬ КВАДРАТНЫХ СВАЙ

Квадратные железобетонные забивные сваи в настоящее время получили широкое распространение во всех видах строительства на свайных фундаментах. Поэтому стоит задача: раскрыть их внутренние резервы. Таким внутренним резервом экономии является повышение несущей способности свай за счет рационального назначения их размеров при проектировании.

Известно, что выбор длины и поперечного сечения свай на стадии проектного задания производят с учетом основных инженерно-геологических, проектных и производственных факторов: данных изысканий, характеристик сооружения, величин нагрузок, наличия индустриальной базы по изготовлению и погружению свай. При этом на экономическую сторону вопроса почти не обращают внимания.

На стадии составления рабочих чертежей принятые размеры свай необходимо контролировать динамическими или статическими испытаниями, учитывая целый ряд случаев проектных и натуральных несоответствий [1].

Вопросам влияния формы свай на их несущую способность посвящен ряд работ [2]. Однако основные зависимости размеров квадратных забивных свай и их несущей способности, на наш взгляд, пока недостаточно раскрыты и это является основной причиной неучета данного технико-экономического фактора при проектировании.

Анализ зависимости несущей способности свай от ее длины  $P = f(l)$  и размеров поперечного сечения  $P = f(b)$  проведен на основе действующих СНиП с использованием табл. 1 и 2 [3].

Увеличение несущей способности свай по острию  $P_0$  и по боковой поверхности  $P_6$  в зависимости от длины свай (табл. 1 и 2) можно принять по линейному закону.

На рис. 1 построены графики  $P_0$  и  $P_6$  (без коэффициентов  $km$ ) для

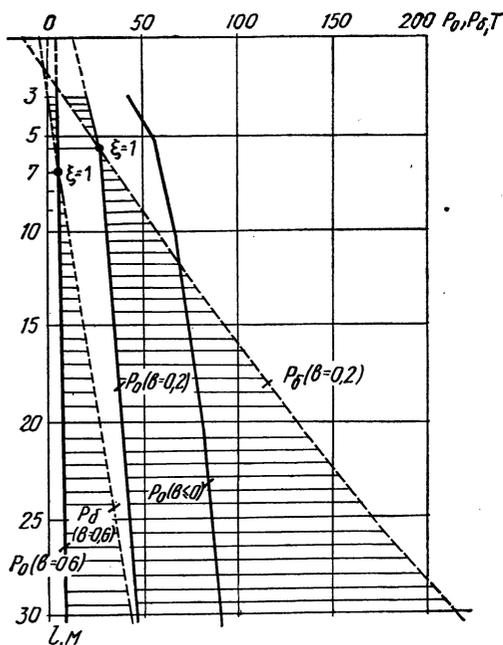


Рис. 1. График зависимости несущей способности свай по острию  $P_0$  и по боковой поверхности  $P_6$  от длины свай  $l$  сечением  $25 \times 25$  см для глинистых грунтов оснований.

сваи сечением  $25 \times 25$  см и глинистых грунтов с консистенцией  $B=0,2$  и  $B=0,6$ .

Зависимость несущей способности сваи от длины при длине сваи более 5 м можно выразить уравнениями прямых:

$$P_0 = k_0 l + P'_0, \quad (1)$$

$$P_6 = k_6 l - P'_6, \quad (2)$$

$$P = km(P_0 + P_6) = K_6 l, \quad (3)$$

где  $P$  — несущая способность сваи;  $km=0,7$  — коэффициенты однородности грунта и условий работы;  $k_0$  — угловой коэффициент прямой  $P_0$ ;  $k_6$  — угловой коэффициент прямой  $P_6$ ;  $P'_0, P'_6$  — отрезки, отсекаемые на оси  $P$ .

Учитывая, что отрезки  $P_0 \approx P'_6$ , мы получили формулу, выражающую зависимость несущей способности от длины сваи.

Заметим, что угловой коэффициент  $K_6$  значительно выше углового коэффициента  $k_0$ .

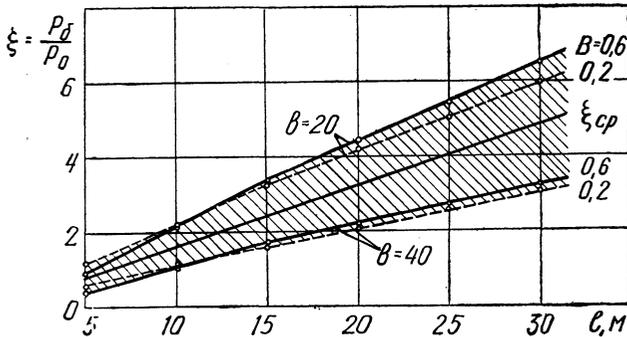


Рис. 2. График зависимости коэффициента влияния боковой поверхности  $\xi$  от длины сваи сечением  $20 \times 20$  см и  $40 \times 40$  см для глинистых грунтов оснований с консистенцией  $B=0,2$  и  $B=0,6$ .

Зависимость отношения этих коэффициентов от длины сваи, от размеров сечения сваи и от консистенции  $B$  (рис. 2) можно выразить так:

$$\xi = \frac{P_6}{P_0} = f(l, b, B).$$

Как видно из рис. 2, зависимость отношения  $\frac{P_6}{P_0}$  от длины сваи можно принять линейной, от стороны сваи  $b$  — пропорционально уменьшающейся и от консистенции грунтов — практически не зависящей:

$$\xi = \frac{P_6}{P_0} = \alpha l, \quad (4)$$

где  $\alpha$  — угловой коэффициент прямых с размерностью  $\frac{1}{m}$ . Наибольшее значение коэффициента  $\xi$  ( $\xi_{\max} = 6,5$ ) получено для длинной сваи со стороной сечения  $l=20$  см и для сравнительно слабых грунтов. Наи-

меньшее значение  $\xi (\xi_{\min} = 0,47)$  соответствует короткой свае со стороной сечения  $l = 40 \text{ см}$ .

Таким образом, для повышения несущей способности свай необходимо стремиться к увеличению ее периметра, а не площади сечения. Зависимость (4) показывает на эффективность более длинных свай по сравнению с короткими. Но это заключение пока преждевременно, так как оно не учитывает экономической стороны зависимости, т. е. не исходит из сравнения темпов возрастания несущей способности и соответствующего увеличения объема материала свай.

Для решения данного вопроса необходимо рассматривать зависимость удельной несущей способности  $p$ , т. е. единицы объема свай ( $1 \text{ м}^3$  материала), от длины:

$$p = \frac{P}{V} = f(l).$$

На рис. 3 показаны эти зависимости для свай со стороной сечения  $b = 20 \text{ см}$  и  $b = 40 \text{ см}$  и для грунтов с консистенцией  $V = 0,2$  и  $V = 0,6$ .

Из графиков видно, что удельная несущая способность выше для свай меньших сечений и практически не зависит от длины свай, т. е. темп увеличения несущей способности в зависимости от длины равен соответствующему увеличению объема свай:

$$p = \text{const.} \tag{5}$$

Влияние размеров сечения квадратных свай на их несущую способность можно выразить общими зависимостями, возникающими, если квадрат  $40 \times 40 \text{ см}$  площадью  $F = 1600 \text{ см}^2$  (наибольшее сечение свай по ГОСТу 10628—63) подвергнуть раздроблению (дисперсии) на меньшие квадраты (рис. 4).

При этом суммарная площадь полученного числа свай

$$\Sigma F_n = nf,$$

где  $f$  — площадь каждой свай.

Суммарный периметр полученных свай со стороной  $b$

$$\Sigma U = 4bn.$$

При увеличении стороны квадрата увеличение его периметра определяется по уравнению прямой

$$y = ax. \tag{6}$$

Площадь сечения квадрата возрастает по уравнению параболы

$$y^2 = 2px. \tag{7}$$

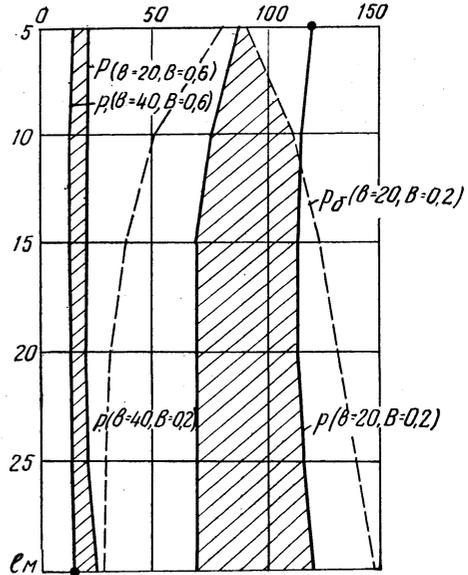


Рис. 3. График зависимости удельной несущей способности  $p$  от длины свай сечением  $20 \times 20 \text{ см}$  и  $40 \times 40 \text{ см}$  для глинистых грунтов оснований с консистенцией  $V = 0,2$  и  $V = 0,6$ .

Изменение суммарного периметра при дроблении сваи сечением  $40 \times 40$  см на более мелкие ( $n$  свай), т. е.  $\Sigma U = f(n)$ , описывается уравнением гиперболы в случае, когда оси координат являются ее асимптотами:

$$xy = \frac{a^2}{2x}. \quad (8)$$

Формулы (6) — (8) показывают основные зависимости несущей способности сваи от размеров поперечного сечения:

1) при увеличении размеров сечения сваи площадь сечения возрастает по уравнению параболы, а периметр сваи — по прямой, что невыгодно для ее несущей способности; 2) несколько свай меньших сечений по

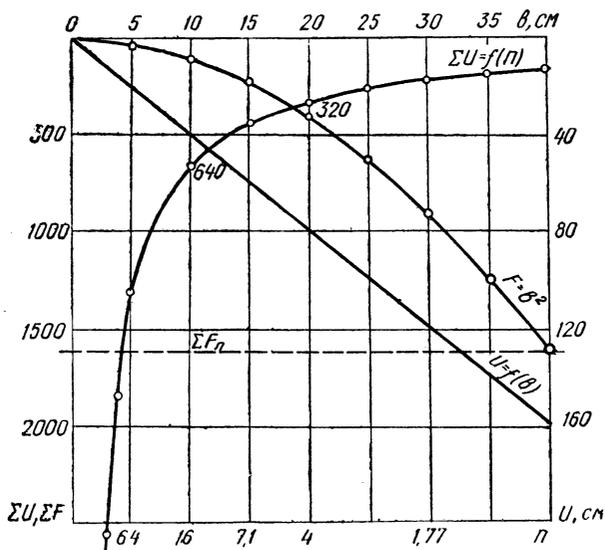


Рис. 4. График зависимости периметра  $U$  от размеров поперечного сечения сваи  $b$ , площади поперечного сечения сваи  $F$  от суммарного периметра сваи  $\Sigma U$ , от их числа  $n$  при уменьшении размеров сечения сваи  $40 \times 40$  см.

сравнению с равновеликой по площади одной сваей дают суммарный периметр, увеличивающийся по гиперболической кривой, что приводит к резкому возрастанию несущей способности; 3) несущая способность свай с наименьшими размерами сечения наибольшая.

Как показывают исследования, дисперсия свай ограничена пределом их долговечности, надежности и производственно-технологическими факторами.

Исследованиями установлено, что в некоторых случаях малоэтажного строительства можно применять сваи меньших сечений, чем указано в ГОСТе 10628—63, но со стороны сечения не менее 10—15 см.

Зависимости удельной несущей способности для свай разных сечений и разных длин ( $l=5; 10; 15$  м) представлены на рис. 5.

Удельная несущая способность в зависимости от сечения сваи выражается плотным пучком кривых, близких к гиперболом, показывающим резкое снижение удельной несущей способности при увеличении сечения сваи. Так, удельная несущая способность сваи со стороны се-

чения  $b = 10$  см в сравнении со свайей со стороной  $b = 70$  см в 3—4 раза выше. При этом влияние длины сваи на несущую способность незначительно.

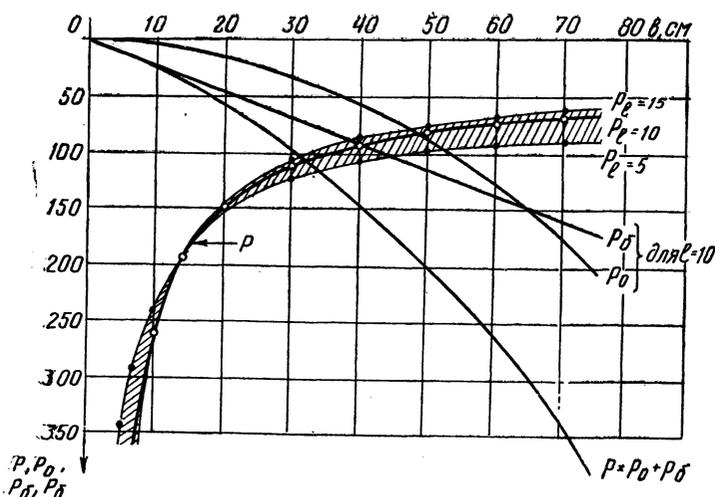


Рис. 5. График зависимости несущей способности  $P$  и удельной несущей способности  $p$ , от размеров поперечного сечения свай  $b$  при длинах 5, 10 и 15 м, для песка средней крупности в основании свай.

### Выводы

1. При назначении размеров квадратных свай по ГОСТу 10628—63 и ГОСТу 12587—67 следует учитывать не только инженерно-геологические и производственные факторы, но и технико-экономические характеристики самих свай.
2. Удельная несущая способность свай практически не зависит от их длины.
3. Сваи меньших сечений по удельной несущей способности эффективнее свай больших сечений.
4. В некоторых случаях малоэтажного строительства экономически оправдано применение свай с меньшими сечениями по сравнению с предусмотренными ГОСТами.

### Литература

1. М. А. Ситников. Некоторые вопросы возведения свайных фундаментов. Сб. «Основания, фундаменты и механика грунта». Вып. 5. М., 1963. 2. А. И. Прудентов. О влиянии формы железобетонных свай на их несущую способность. Сб. «Основания, фундаменты и подземные сооружения». Вып. 2. М., 1967. 3. Строительные нормы и правила. ч. II, разд. Б, гл. 5. М., 1968.