

## К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАЙ РАВНОЙ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

В гидротехническом и особенно в мелиоративном строительстве весьма актуальны проблемы долговечности и надежности строящихся сооружений: каналов, водохранилищ, водосбросов, плотин и пр. В условиях слабых оснований долговечность и надежность сооружений часто радикально обеспечивается применением свай. Как показывает практика строительства, применение свай в условиях пойменных и болотных территорий для искусственных оснований и свайных фундаментов технико-экономически эффективно. Учитывая, что освоение осушенных земель требует создания развитой сети дорог и мостов через мелиоративные каналы, применение свай в перспективе рассматриваемой отрасли хозяйства должно возрасти. Поэтому вопросы строительства на сваях гидромелиоративных сооружений приобретают актуальное значение.

Технико-экономическая эффективность применения свайных фундаментов существенно зависит от рациональности использования несущей способности свай как по материалу, так и по грунту. С данной точки зрения наиболее целесообразны сваи равной несущей способности, для которых объем материала и все виды производственных затрат на изготовление, транспортировку и погружение будут наименьшими.

Однако в практике проектирования этому вопросу не уделяется должного внимания и, как правило, сваи применяют без учета выполнения требования о равной их несущей способности по материалу и по грунту. Поэтому в большинстве случаев собственная прочность висячих свай оказывается значительно недоиспользованной.

Несущая способность сваи по материалу зависит от ее размеров, марки бетона, способа армирования, количества и класса арматуры. Нормами проектирования [1] методика расчета по условию сопротивления материала с достаточной полнотой не раскрывается, дается лишь ссылка, что такой расчет производят в соответствии с нормами проектирования бетонных и железобетонных [2] или деревянных конструкций.

Но СНиП [2] также не дает никаких указаний по расчету свай на прочность и раскрытие трещин. Формулой (32) этих

норм нельзя воспользоваться, так как не известен коэффициент  $m$  для свай, забитой в грунт, и работающей в весьма специфических условиях.

Приведенные в [3, 4] формулы противоречат друг другу и не отвечают принципам проектирования конструкций по предельным состояниям.

Нами предложена формула для определения несущей способности железобетонной сваи, учитывающая не расчетные, а нормативные характеристики материалов и коэффициенты однородности и условий работы:

$$P = m (k_{\text{б}} F_{\text{б}} R_{\text{пр}}^{\text{H}} + k_{\text{а}} F_{\text{а}} R_{\text{а}}^{\text{H}}), \quad (1)$$

где  $m$  - коэффициент условий работы для забивных свай,  $m = 0,70$ ;  $k_{\text{б}}$  - коэффициент однородности бетона, принимаемый по [2, табл.30],  $k_{\text{б}} = 0,6$ ;  $F_{\text{б}}$  - площадь поперечного сечения сваи;  $R_{\text{пр}}^{\text{H}}$  - нормативные сопротивления бетона осевому сжатию по [2, табл. 29];  $k_{\text{а}}$  - коэффициент однородности арматуры по [2, табл.32];  $F_{\text{а}} = 0,9$ ;  $F_{\text{а}}$  - площадь поперечного сечения продольной арматуры.

Таким образом, по предложенной формуле, отвечающей принципам расчета конструкций по предельным состояниям, несущая способность сваи по материалу существенно увеличивается.

Несущая способность сваи по грунту основания зависит не только от размеров сваи, но и от вида и состояния грунтов, в которые она забита. Указанную несущую способность забивной свай определяют по формуле (5) СНиП [1]

$$P = km (FR^{\text{H}} + u \sum_{i=1}^n f_i^{\text{H}}). \quad (2)$$

Как показал анализ формулы (2), величины  $R^{\text{H}}$  и  $f_i^{\text{H}}$  возрастают почти линейно с увеличением длины сваи. Поэтому нормативные сопротивления грунта  $R^{\text{H}}$  и  $f_i^{\text{H}}$  можно выразить через угловые коэффициенты  $k$  и  $k_{\text{б}}$  уравнений прямых. Тогда уравнение (2) можно представить в виде

$$P = km (P_{\text{о}} + P_{\text{б}}) = km (k_{\text{о}} l + P_{\text{о}}^1 + k_{\text{б}} l - P_{\text{б}}^1). \quad (3)$$

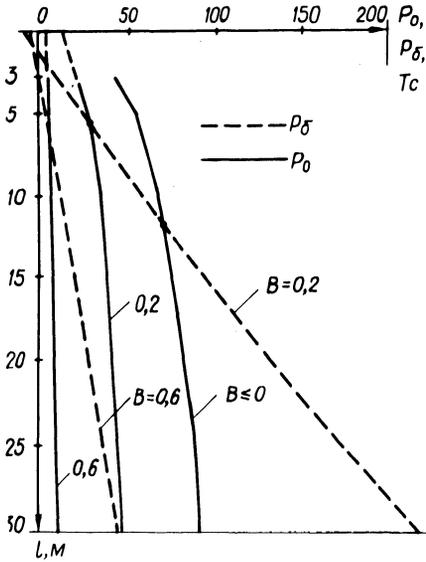


Рис.1. Зависимость несущей способности свай сечением 25 х 25 см от длины  $l$  по острию  $P_0$  (сплошные линии) и по боковой поверхности  $P_b$  (штриховые).

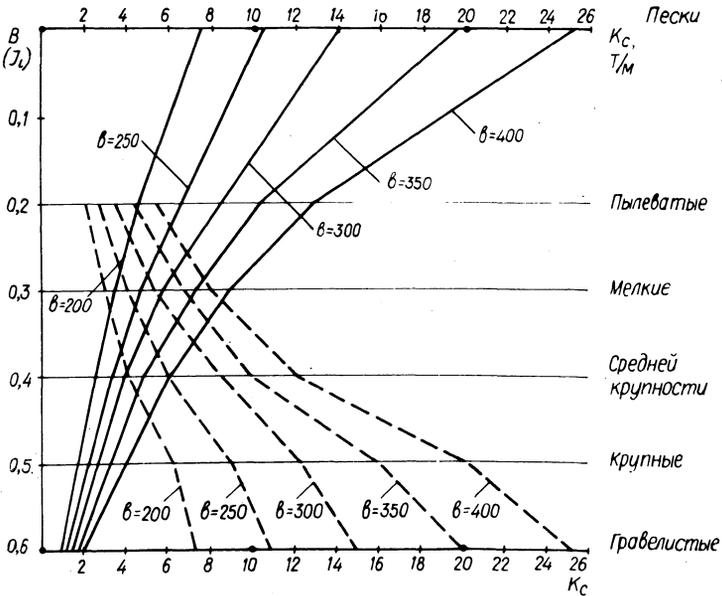


Рис.2. Определение коэффициента несущей способности свай к<sub>с</sub>.

Учитывая, что прямые  $P_0$  и  $P_6$  на оси отсекают примерно равные, но противоположно направленные отрезки  $P'_0$  и  $P'_6$  (рис. 1), для приближенных подсчетов несущей способности свай по грунту, с целью определения свай равной несущей способности, можно написать формулу

$$P_{\Gamma} = k_{\Gamma} l, \quad (4)$$

где  $k_{\Gamma}$  - коэффициент несущей способности свай длиной  $\geq 5$  м, т/м (рис. 2);  $l$  - длина свай, м.

Сваи равной несущей способности по материалу  $P_M$  и по грунту  $P_{\Gamma}$  можно определить из равенства правых частей уравнений (1) и (4).

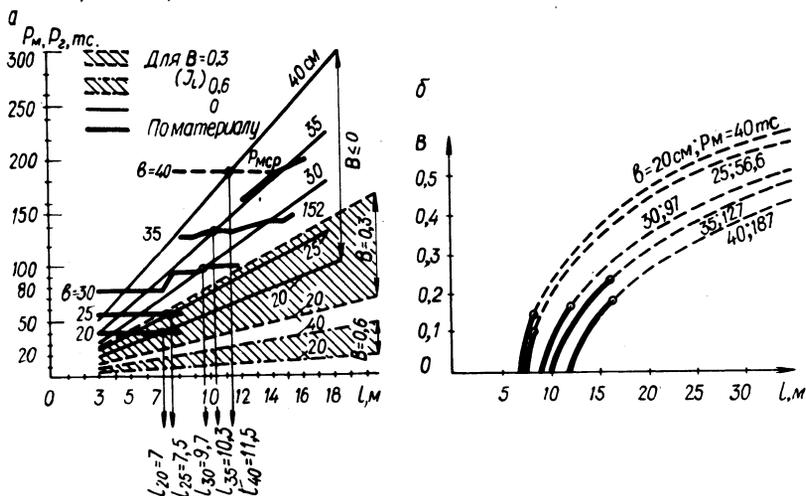


Рис.3. Определение свай равной несущей способности (а) и длин равнонесущих свай разных сечений (б).

На рис. 3, а показана несущая способность квадратных забивных свай длиной до 20 м, забитых в глинистые грунты разной консистенции. Точки пересечения прямых  $P_{\Gamma}$  и  $P_M$  определяют длины свай равной несущей способности.

Как видно из рис. 3, а, равнонесущие сваи можно получить только в случае забивки их в твердые глинистые грунты или в плотные пески. Для других грунтов несущая способность свай по материалу значительно выше несущей способности по грунту.

Длину равнонесущей сваи можно определить по формуле, полученной в результате решения уравнений (1) и (4):

$$l_p = \frac{m (k_b F_b R_{пр}^H + k_a F_a R_a^H)}{k_c} \quad (5)$$

Из рис. 3, б, построенного по формуле (5) для различных свай и разной консистенции грунтов, видно, что практически равнонесущие сваи можно использовать только в начальном диапазоне длин  $L$ , ограниченном технологическими условиями изготовления и транспортировки свай.

В связи с этим представляется весьма рациональным в гидротехническом и гидромелиоративном строительстве при наличии слабых болотных и пойменных отложений шире применять составные сваи [5], позволяющие резко увеличить длины равнопрочных свай и сократить объемы и стоимость свайных оснований и фундаментов.

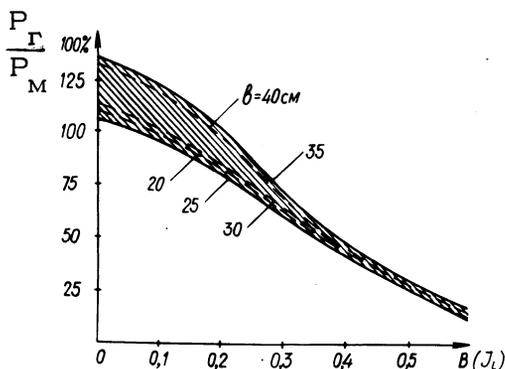


Рис. 4. Использование прочности материала свай разных сечений в зависимости от консистенции глинистых грунтов  $B$ :  $P_{Г}$  - несущая способность свай по грунту основания;  $P_{М}$  - то же по материалу ствола свай.

Использование прочности материала свай при наибольших изготавливаемых длинах только для твердых глинистых грунтов и соответствующих им песчаных близко к 100% и резко падает для менее качественных грунтов. При  $B = 0,6$  несущая способность свай по материалу используется примерно на 15%. Зависимость отношения  $\frac{P_{Г}}{P_{М}}$  от консистенции грунтов для свай

разных сечений и максимально изготавливаемых длин изображена на рис. 4.

## Р е з ю м е

Сваи равной несущей способности по материалу ствола и по грунту основания существенно снижает расход материала, стоимость и трудоемкость искусственных оснований и фундаментов, особенно в условиях слабых грунтов и пойменно-болотных отложений территории Белоруссии.

## Л и т е р а т у р а

1. Строительные нормы и правила. Свайные фундаменты. Нормы проектирования. СНиП П-Б. 5-67. М., 1968.
2. Строительные нормы и правила. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования. СНиП П-В. 1-62. М., 1962.
3. Справочник проектировщика. Основания и фундаменты. Л.-М., 1964.
4. Журнаджи В.А., Николаев В.В. Механика грунтов, основания и фундаменты. М., 1967.
5. Светинский Е.В., Остров В.И. Новые конструкции составных железобетонных свай. В сб.: Основания, фундаменты и подземные сооружения. Вып.2. М., 1967.

УДК 532.537:626.17

А.П. Русецкий (канд.техн.наук)  
В.К. Свистунов (канд.техн.наук)

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТЕЙ СРАБОТКИ УРОВНЕЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЕСЧАНЫХ ОТКОСОВ

В условиях переменных уровней на мелиоративных объектах работают магистральные каналы польдерных систем, ловчие каналы наливных водохранилищ, водоподводящие каналы на осушительно-увлажнительных системах. Переменные уровни в этих каналах создаются искусственно путем откачки воды насосными станциями. Скорость снижения уровней в них при эксплуатации находится в весьма широких пределах. Например, в устье магистрального канала польдерной системы "Месяичи" в 1973 г. скорость изменялась в пределах от 1,5 до 38,4 см/ч. При высокой скорости снижения воды в каналах возникает опасность нарушения устойчивости их откосов. Вслед за снижением горизонтов воды в каналах происходит снижение уровней грунтовых вод в прилегающем грунте, но с меньшей скоростью. В результате в приоткосной зоне возрастают градиенты напоров фильт-