

Чернюк В. П., Шляхова Е. И.

К РАСЧЕТУ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ С УШИРЕННЫМ ОСНОВАНИЕМ

Брестский государственный технический университет

В последние годы в строительстве наметилась тенденция к увеличению нагрузок на фундаменты зданий и сооружений. Это обусловлено повышением их высотности и массы конструктивных элементов, что потребовало увеличения соответственно несущей способности фундаментов по грунту основания и совершенствования методики расчета.

Повысить несущую способность фундаментов под строительные конструкции можно разными путями, основными из которых являются следующие: использование в качестве фундаментов буронабивных свай построечного изготовления с уширением нижнего конца или созданием пяты; применение сборных свайных фундаментов заводского изготовления из готовых свай с уширениями или булавами; устройство фундаментов в вытрамбованных котлованах; усиление оснований фундаментов специальными составами и др. Последние три пути повышения несущей способности отличаются сложностью производства работ, шумливостью и вредными динамическими воздействиями на окружающую среду (уровень шума может превышать 100 дБ при норме 40–50 дБ), необходимостью применения мощных грузоподъемных машин и механизмов (например, кранов) или специальной техники (например, сваебойного оборудования).

В то же время фундаменты из буронабивных свай получили достаточно широкое и разнообразное применение в промышленном, гражданском, и особенно, сельскохозяйственном строительстве ввиду бесшумности производства работ, отсутствия динамических воздействий, простоты технологического процесса и необходимости применения мощной, дорогостоящей и специальной техники.

В особенности это касается буронабивных свай с уширением на нижнем конце или с пятой либо с уширенным основанием в забое скважин, так как небольшое по объему уширение (всего 0,5–0,75 м³) позволит значительно увеличить площадь опирания сваи на грунт (в 3–4 раза) и тем самым повысить несущую способность такой сваи по грунту оснований (в 2–3 раза). В ряде случаев это может быть единственным возможным вариантом фундирования строительных конструкций.

Например, наиболее широко распространенная и применяемая в строительстве забивная свая имеет размеры ствола в поречнике $a \cdot b = 0,3 \cdot 0,3$ м, а площадь ее опирания на грунт составляет $A = a \cdot b = 0,3 \cdot 0,3 = 0,09$ м². Такая же буронабивная свая, но с уширением на нижнем конце (пятой) диаметром D (всего лишь $D = 0,6$ м) имеет площадь опирания на грунт $A = \pi \cdot D^2 / 4 = 3,14 \cdot 0,6^2 / 4 = 0,283$ м². Следовательно, данная буронабивная свая с уширением на нижнем конце имеет преимущество перед забивной сваей по площади опирания на грунт в $0,283/0,09 = 3,14$ раза. Таким образом, несущая способность буронабивной сваи F по грунту основания с небольшой пятой превосходит несущую способность забивной сваи, как минимум, в три раза, не считая в обоих случаях сопротивлений сдвигу по их боковым поверхностям.

Уширение в скважине перед установкой сваи существенно увеличивает не только абсолютную несущую способность сваи F , но и значительно экономит удельный расход бетона V (в м³ на 1 тонну несущей способности F), т. е. V/F ,

вследствие малого объема бетона в пяте, величина которого в таком случае (в виде шара) составляет $V = \pi * D^3 / 6 = 3,14 * 0,6^3 / 6 = 0,113 \text{ м}^3$, т. е. чуть больше $0,1 \text{ м}^3$. Техническая и экономическая целесообразность устройства буронабивных свай с уширенной пятой несомненна, вследствие значительного увеличения их несущей способности F , сокращения времени на устройство и экономию затраченного материала, т. е. бетона.

В мировой практике разработаны различные способы образования уширений под такие буронабивные сваи (с пятой). Это буронабивные сваи с уширениями, разбуриваемыми специальными машинами механического действия, однако они сложны по конструкции. Применяются способы образования уплотненных ядер ударами (вытрамбованные сваи), но это требует использования дорогостоящей, но малоэффективной техники. Известны способы создания уширения взрывами (камуфлетные сваи), но они весьма опасны и не всегда применимы. В Беларуси разработаны, но мало применяются выштампованные сваи, частично похожие на вытрамбованные, сложность применения которых заключается в малой области использования (только для теплиц) и трудности извлечения штампов и трамбовок из грунта [1].

Имеются также сваи подобного назначения – буронабивные сваи с уплотнением грунта в забое скважин, грунтобетонные и вибропесчаные сваи, которые также малоэффективны.

В БрГТУ авторами предложено около сотни разработок для образования уширений и пят, уширенных оснований, уплотненных зон, как в забое, так и в стенках скважин, все они защищены патентами Республики Беларусь и Российской Федерации на изобретения и полезные модели, а также а. с. СССР [2].

Расчет несущей способности буронабивных свай с уширениями F_d по грунту основания может быть выполнен согласно СНБ 5.01.01-99. Проблемы могут возникнуть только при определении площади опирания сваи на грунт A (свая и ее уширение опираются на грунт глубоко в забое скважины и определить размеры уширения непосредственными измерениями невозможно).

По этой причине авторы предлагают определять значение A расчетом, т. е. косвенным путем, по расходу жесткого (густого) бетона на образование уширения в скважине. Для этого вначале бурится скважина диаметром d на глубину H (рисунке 1.1), затем ее заполняют порцией бетона ΔV на высоту h в скважине (рисунок 1.2). На третьем этапе (рисунок 1.3) бетонную смесь трамбуют тупым штоком ниже глубины H для образования уширения диаметром D в скважине. Глубину H можно замерять с поверхности линейкой или лентой, а высоту h (при необходимости) – рассчитывать по выражению

$$h = \Delta V / \frac{\pi \cdot d^2}{4}.$$

Считая уширение в скважине шарообразным или близким к нему (во всех других случаях – не шарообразность или эллиптичность – идет в запас прочности). Диаметр уширения D и площадь уширения A можно рассчитать по формулам

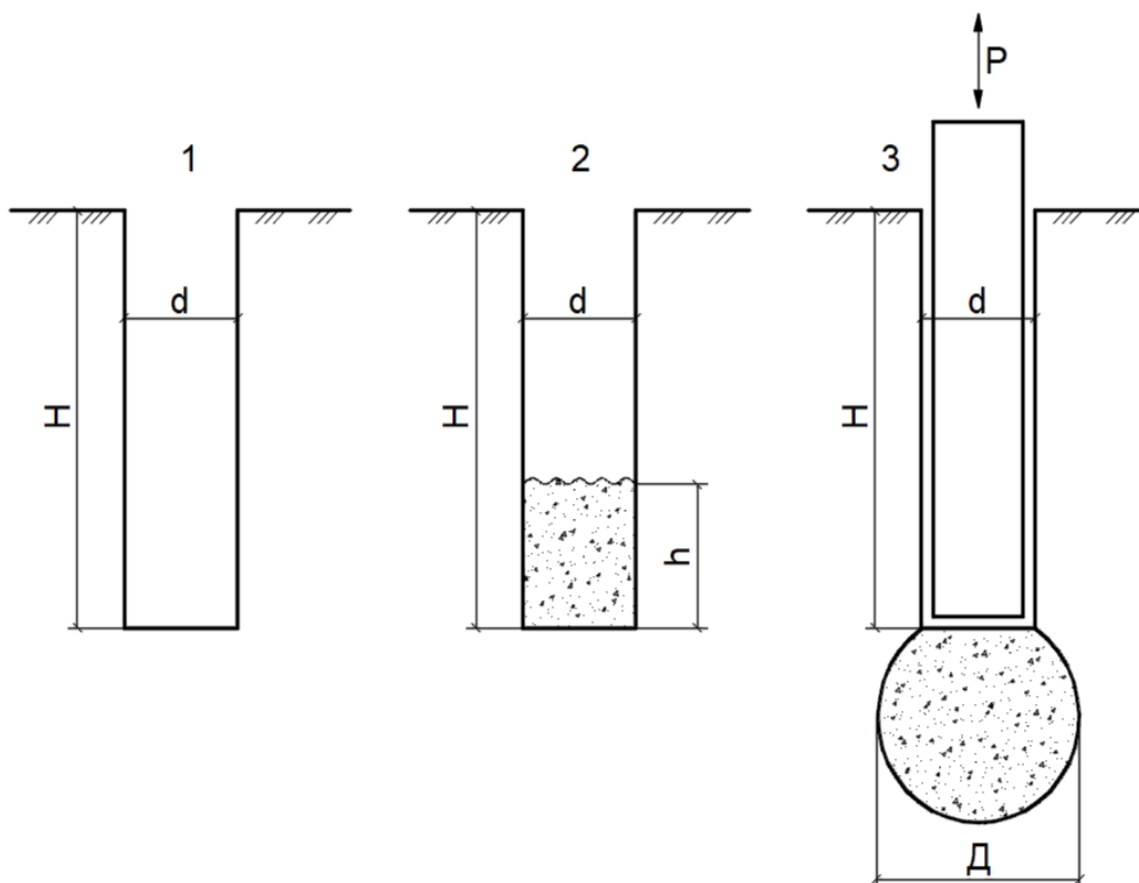
$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \Delta H}{\pi}}; \quad (1)$$

$$A = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2)$$

где D и A – диаметр и площадь уширения, в м и м^2 ;

ΔH – объем залитого в скважину бетона, в м^3 ;

H и d – глубина и диаметр скважины, в м.



- 1 - бурение скважины;
 2 - заполнение скважины порции жесткого бетона;
 3 – трамбование бетонной смеси в скважине

Рисунок 1 – Этапы образования уширения в скважине

Например, $d = 0,3\text{ м}$; $H = 10\text{ м}$; замеренный в бадье объем бетона $\Delta V = 0,25\text{ м}^3$.

Тогда высота бетона в скважине составит: $h = \Delta V / \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 0,25 / \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 3,54\text{ м}$, а после трамбования диаметр уширения: $D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot \Delta H}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,25}{3,14}} = 0,781\text{ м}$, и площадь уширения: $A = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,781^2}{4} = 0,479\text{ м}^2$.

Площадь опирания свай без уширения F на грунт равна площади поперечного сечения скважины: $F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,3^2}{4} = 0,07\text{ м}^2$.

Следовательно, площадь опирания уширения (пяты) превышает площадь скважины в $A/F = 0,479/0,07 = 6,8$ раза, а значит несущая способность такой буронабивной сваи с уширением (без расчетов) превысит несущую способность свай без уширения (или забивной свай) минимум в 4–5 раз.

Список использованных источников

1. Чернюк, В. П. Технология свайных работ в особых условиях строительства: учеб. пособие / В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – М. : РУСАЙНС, 2019. – 242 с.
2. Прогрессивные технологии устройства фундаментов в вытрамбованных котлованах: материалы VII Международной научно-практической конференции, Омск, 24–25 ноября 2022 г. / Сиб. гос. автомоб.-дор. ун-т ; редкол.: В. П. Чернюк, Е. И. Шляхова. – Омск : СибАДИ, 2022. – С. 520–524.