

УДК 624.154–4

DOI: 10.17213/mgvgif/2026-5-121-125

АКТУАЛЬНОСТЬ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАБОТЕ ЗАБИВНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ С ПАЗАМИ НА ИХ БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ

В. А. Демченко

Кубанский государственный аграрный университет им. И.Т. Трубилина,
г. Краснодар, Россия

Аннотация. Представлены основные сведения об особенностях конструктивного решения свай сплошного квадратного сечения, имеющих продольные пазы на боковых гранях. Приведены результаты ранее выполненных лабораторных и полевых испытаний рассматриваемых свай с пазами на осевую вдавливающую нагрузку. Выявлено повышение несущей способности свай за счет устройства продольных пазов. В результате анализа разработанной аналитической модели установлено влияние размеров пазов, их формы и количества на несущую способность свай. Приводится обоснование актуальности результатов исследований.

Ключевые слова: свая, продольные пазы, оптимальная форма поперечного сечения, несущая способность, осевая вдавливающая нагрузка

THE RELEVANCE OF THE RESEARCH DIRECTION ON THE BEHAVIOR OF DRIVEN REINFORCED CONCRETE PILES WITH GROOVES ON THEIR SIDE SURFACE

V. A. Demchenko

I. T. Trubilin Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia

Annotation. This paper presents information about the design features of solid square piles with longitudinal grooves on the side faces. The results of previously performed laboratory and field tests of the piles under consideration with grooves for an axial indentation load are presented. An increase in the bearing capacity of piles due to the presence of longitudinal grooves was revealed. As a result of the analysis of the developed analytical model, the influence of the size of the grooves, their shape and quantity on the bearing capacity of piles has been established. The substantiation of the relevance of the research results is given.

Keywords: pile, longitudinal grooves, optimal cross-sectional shape, bearing capacity, axial indentation load

В Кубанском государственном аграрном университете под руководством д-ра техн. наук, профессора А. И. Полищука ведутся исследования оценки работы свайных фундаментов зданий и сооружений в глинистых грунтах, которые являются одними из основных и наиболее часто применяемых конструктивных решений в современном строительстве. Их популярность связана со схемой взаимодействия фундамента с грунтом основания, которая позволяет использовать сваи для зданий и сооружений в широком диапазоне нагрузок. Несмотря на простоту конструкции свай, все время

ведутся работы по повышению их несущей способности и снижения материалоемкости. Решение этих задач возможно в основном за счет изменения формы поперечного сечения свай и способов их устройства.

Одно из конструктивных решений, направленное на снижение материалоемкости стандартных железобетонных забивных свай сплошного квадратного сечения, было предложено в 1983 году сотрудниками Томского инженерно-строительного института А. М. Болдышевым, А. И. Мальгановым и А. И. Полищуком [1]. Основная идея заключалась в исключении части бетона на гранях забивной сваи квадратного сечения с образованием продольных углублений заданной формы и размеров. Такие углубления авторами были названы пазами. Устройство пазов оказалось возможным за счет специально разработанной схемы армирования свай, заключающейся в установке плоских арматурных каркасов вдоль диагоналей ее поперечного сечения. Первоначально это решение применялось для сборных железобетонных балок заводского изготовления (рис. 1). Как отмечается авторами, данная схема армирования может сократить расход бетона до 25 % [2].

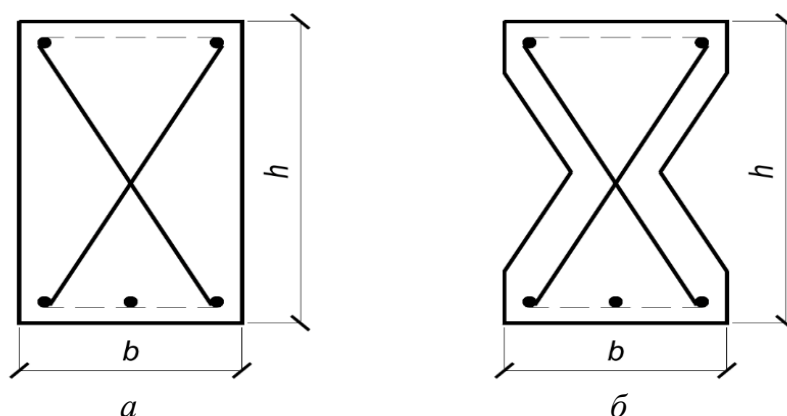


Рис. 1. Поперечные сечения железобетонной балки, армированной плоскими диагональными каркасами:

a – сечение прямоугольной формы; *б* – сечение с пазами

Для оценки несущей способности свай с пазами по грунту А. И. Полищуком и др. (1983–1989 гг.) были проведены лабораторные и натурные испытания свай с пазами различной формы и размеров (рис. 2 и 3) [3, 4]. Полученные результаты показали, что для свай с пазами наблюдается повышение их несущей способности на 5 % – 10 %. Однако наблюдаемый прирост несущей способности объяснения сразу не получил, а сами исследования остались пока без внимания.

На сегодняшний день ввиду хорошо проработанной теоретической и технологической базы использование стандартных сборных железобетонных свай заводского изготовления остается конкурентоспособным в целом ряде случаев. Поэтому дальнейшие исследования работы свай с пазами, как более экономичных и имеющих повышенную несущую способность, являются актуальными.

Теоретическое обоснование повышения несущей способности свай с пазами было выполнено в работах [5, 6]. В рамках предположения о равенстве осредненных по периметру касательных напряжений, возникающих на боковой поверхности сваи внутри и вне паза, получена аналитическая формула несущей способности свай с пазами. Эта формула в общем виде может быть представлена суммой:

$$F_0 = F'_0 + \Delta F, \quad (1)$$

где F'_0 — несущая способность аналогичной по размерам стандартной сваи без пазов; ΔF — приращение несущей способности за счет пазов, определяемое, например, для пазов клиновидной формы, по формуле

$$\Delta F^w = -n \cdot R_0 \cdot \tan(0,5\beta) \cdot \delta^2 + 2 \cdot n \cdot T \cdot \left(\frac{1 - \sin(0,5\beta)}{\cos(0,5\beta)} \right) \cdot \delta. \quad (2)$$

Здесь n — количество пазов; R_0 и T — параметры прочности грунта под острием сваи и на ее боковой поверхности; β — угол в вершине клиновидного паза; δ — глубина клиновидного паза.

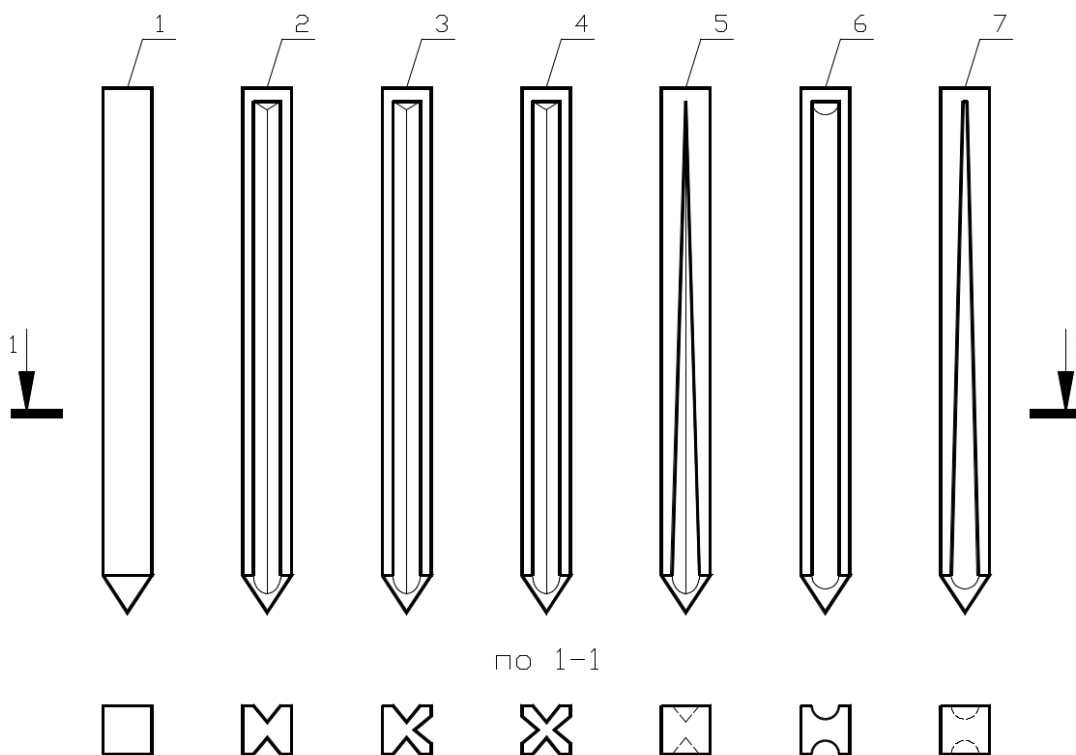


Рис. 2. Конструкции моделей свай, используемых в лабораторных экспериментах:
1 — сплошного квадратного сечения; 2 — с двумя клиновидными пазами постоянной глубины; 3 — с тремя клиновидными пазами постоянной глубины; 4 — с четырьмя клиновидными пазами постоянной глубины; 5 — с двумя клиновидными пазами переменной глубины; 6 — с двумя полукруглыми пазами постоянной глубины; 7 — с двумя полукруглыми пазами переменной глубины



Рис. 3. Подготовка к натурным испытаниям железобетонных свай с пазами

Формула (1) показывает принципиальное влияние пазов на несущую способность свай. В соответствии с формулой (2) приращение несущей способности за счет пазов зависит от их размеров квадратичным образом. Это значит, что при увеличении размера (глубины) паза δ приращение несущей способности ΔF возрастает и достигает максимального значения $\Delta F_{\max}$, оставаясь при этом положительным, а при дальнейшем увеличении δ приращение несущей способности ΔF снижается вплоть до нулевого или даже отрицательного значения.

Такое поведение ΔF относительно δ объясняется тем, что с одной стороны пазы увеличивают площадь боковой поверхности свай, что повышает ее несущую способность по боковой поверхности, а с другой стороны уменьшают площадь поперечного сечения свай, то есть снижают ее несущую способность по острию.

Кроме того, из формулы (2) следует, что увеличение количества пазов n в свае приводит к пропорциональному увеличению приращения ее несущей способности ΔF . Учитывая это, а также формулу (1), можно отметить, что каждый паз дает вклад в несущую способность отдельно и является самостоятельным конструктивным элементом свай, участвующим в формировании ее несущей способности. Этот вывод справедлив для пазов любой формы.

Размер (глубина) пазов, при котором приращение несущей способности ΔF достигает максимального значения $\Delta F_{\max}$ является оптимальным. В работе [6] получены формулы для оптимальных размеров пазов клиновидной и полукруглой формы. Они имеют вид:

$$\delta_{opt} = \left(\frac{1}{\sin(0.5\beta)} - 1 \right) \cdot \frac{T}{R_0}, \quad (3)$$

$$\rho_{opt} = 0,363 \cdot \frac{T}{R_0}, \quad (4)$$

где δ_{opt} — оптимальная глубина клиновидного паза; ρ_{opt} — оптимальный радиус (глубина) полукруглого паза.

Формулы (3), (4) показывают, что оптимальные размеры пазов зависят от механических свойств грунтов под острием и по боковой поверхности сваи, длины сваи, а также угла в вершине для пазов клиновидной формы и не зависят от размеров поперечного сечения сваи. Также можно видеть, что для пазов оптимальных размеров приращение несущей способности ΔF_{max} всегда является положительным.

Таким образом, выполненные исследования показали перспективность применения рассматриваемой конструкции свай в составе фундаментов промышленных и гражданских зданий.

Список источников

1. Исследование несущей способности свай различной формы / А. И. Полищук, А. И. Мальганов, Ю. А. Калачев, С. В. Петров // Строительство и транспорт: Молодые ученые и специалисты народному хозяйству: под ред. Г. Г. Шмидта. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983. — С. 18.
2. Болдышев, А. М. Исследование железобетонных конструкций, армированных диагонально расположенным каркасами / А. М. Болдышев, А. И. Мальганов // Исследования по строительным конструкциям и строительной механике; под ред. А. М. Черняка, А. М. Болдышева. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1983. — С. 17-27.
3. Полищук, А. И. Экспериментальные исследования работы моделей свай различной геометрической формы в глинистых грунтах / А. И. Полищук, А. И. Мальганов // Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии, оснований и фундаментов: сб. ст.; под ред. В. Е. Ольховатенко. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1988. — С. 18-27.
4. Экспериментальные исследования несущей способности забивных свай с пазами / А. И. Полищук, А. М. Болдышев, А. И. Мальганов, В. Ф. Ширяев // Исследования по строительной механике и строительным конструкциям; под ред. А. М. Черняка. — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1989. — 206 с. — С. 117-128.
5. Полищук, А. И. Обоснование оптимальных размеров клиновидных пазов на боковой поверхности железобетонных свай для повышения их несущей способности по грунту / А. И. Полищук, В. А. Демченко // Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении: Материалы науч.-техн. конференции, Новочеркасск, 28–30 сентября 2022 года. — Новочеркасск: Лик, 2022. — С. 161-168.
6. Полищук, А. И. Несущая способность забивных висячих свай с продольными пазами на их боковой поверхности / А. И. Полищук, В. А. Демченко // Construction and Geotechnics. — 2023. — Т. 14. № 1. — С. 43-58. — DOI 10.15593/2224-9826/2023.1.04.

© Демченко, В. А., 2026