УДК 624.155.04

Ян Ся

Научный руководитель: к.т.н., доцент Чернюк В.П.

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПИРАМИДАЛЬНЫХ СВАЙ И ЗАБИВНЫХ БЛОКОВ НА ДЕЙСТВИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ РАСПОРНЫХ НАГРУЗОК

Для рамных зданий каркасного типа из трехшарнирных рам, ферм, арок и сводов характерна передача на фундаменты сосредоточенных вертикальных и значительных по величине горизонтальных распорных нагрузок, для восприятия которых в основаниях зданий и сооружений целесообразно применять фундаменты из коротких пирамидальных свай и забивных блоков. Для эффективного использования данных конструктивных решений в качестве фундаментов необходимо тщательно анализировать их погружение в грунт и способность воспринимать значительные горизонтальные нагрузки.

Эти показатели, в свою очередь, конкретно зависят от расхода бетона в изделиях, угла наклона боковых граней к основаниям в сваях и блоках, площади опирания на грунт в направлении действия нагрузки. Рассмотрим их по порядку.Для обеспечения минимальной энергоемкости погружения в грунт угол наклона гра- ней в короткой пирамидальной свае (блоке) к продольной ее оси должен быть мини- мальным, а свая острее. С точки зрения максимальной несущей способности по грунту основания при действии вертикальной нагрузки угол наклона должен быть максималь- ным, со значительным наклоном граней к вертикали, а при действии горизонтальной нагрузки – строго определенным во избежание выпора сваи или блока (их тел) на по- верхность грунта. Исходя из этих предпосылок, оптимальную величину наклона граней пирамиды будем определять от действия на пирамидальную сваю (блок) горизонталь- ной нагрузки при максимальной ее несущей способности по грунту основания на дей- ствие вертикальной нагрузки в зависимости от физико-механических свойств грунта строительной площадки.

Расчетная схема представлена на рис. 1, в соответствии с которой к пирамидальной свае приложена горизонтальная нагрузка P, приведенная к центру тяжести фигуры с моментом M, в результате чего со стороны грунта на боковую грань сваи с углом наклона к продольной оси α противодействует отпор N и сила трения F, равная

$$F = fN\,, \tag{1}$$

где f – коэффициент трения грунта по поверхности сваи, дол.ед.

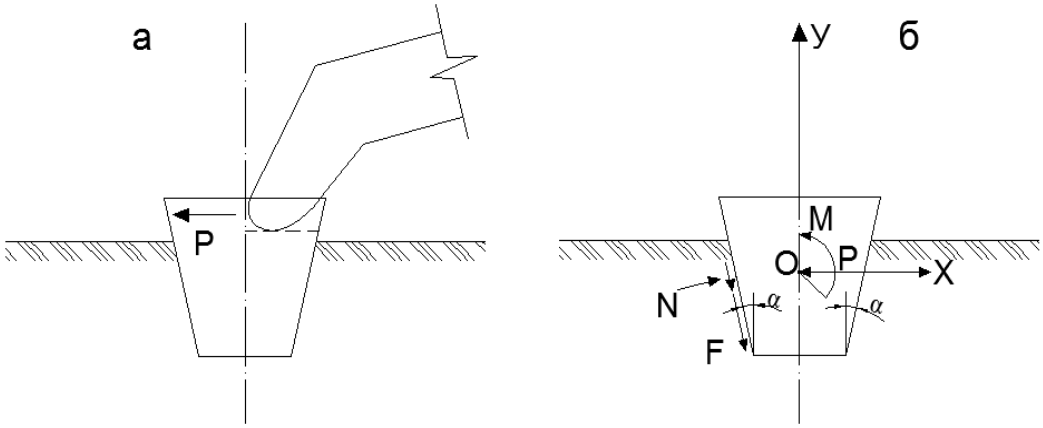
При отсутствии силы F образовался бы выпор тела сваи или блока на поверхность грунта. Во избежание выпора необходимо, чтобы сумма вертикальных составляющих сил была бы меньше или равна нулю ($\sum y \le 0$). Таким образом:

$$N \cdot \sin\alpha \le F \cdot \cos\alpha. \tag{2}$$

Подставляя значение F из выражения (1) в неравенство (2) и решая его относительно α будем иметь:

$$\alpha \le arctgf. \tag{3}$$

Известно, что для грунтов нормальной влажности и средней плотности значение f составляет 0,25…0,7 (для песков – до 0,45, для супесей – 0,45…0,5; для суглинков – 0,5…0,6, для глин – более 0,6). С учетом реальных значений коэффициентов трения f для различных видов грунтов в результате решения неравенства (3) построим график зависимости углов наклона пирамидальной сваи α от коэффициента трения грунта f (рис. 2).



а – конструктивная, б – расчетная

Рисунок 1 – Схема работы пирамидальной сваи на действие горизонтальной нагрузки

1 – верхняя граница допустимых значений углов α; 2 – оптимальные значение углов α; 3 – фактические значение реальных углов α

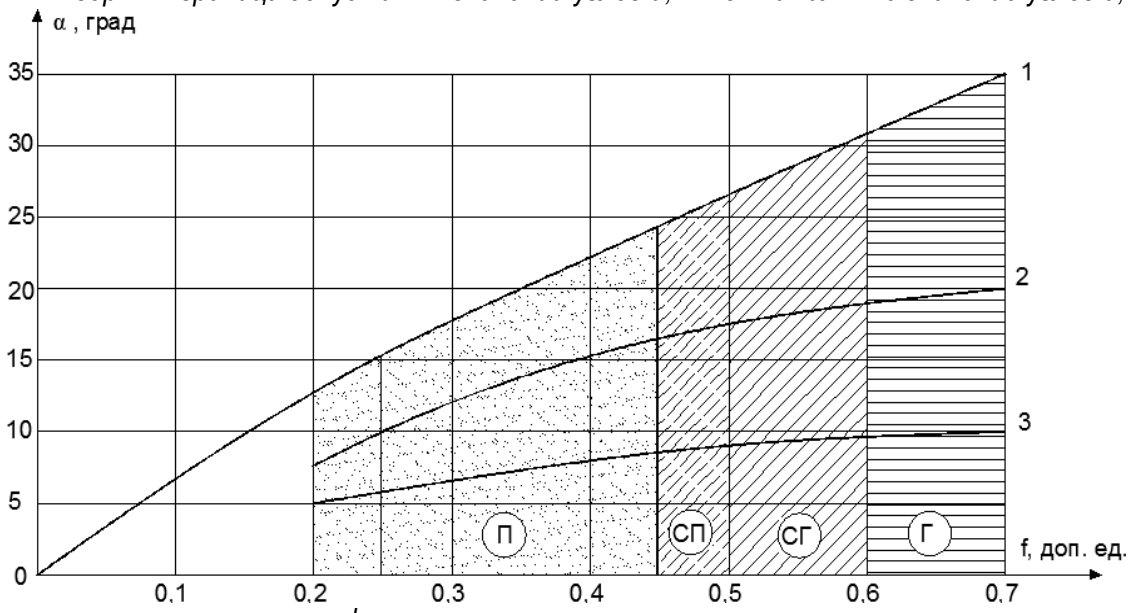


Рисунок 2 – График зависимости угла наклона граней пирамидальной сваи α от коэффициента трения грунта f (α = arctgf) в песчаных (П), супесчаных (СП), суглинистых (СГ) и глинистых (Г) грунтах

Что же касается обьема бетона V и площади опирания на грунт в горизонтальном направлении, то они в типовом решении составляют 0.72 м^3 и 1.32 м^2 соотвественно в различных конструктивных исполнениях на одну сваю или блок и имеются возможности их дальнейшего улучшения (уменьшения расхода бетона V и увеличения вертикальной площади опирания на грунт при работе на горизонтальную нагрузку P) в других технических решениях, что и реализовано авторами в разработках по а.с. СССР №№1652520, 1735488 и патенте РБ №9372.

Традиционная конструция блока (аналога) показана на рис. 3, а, а техническая характеристика-приведена в табл. 2, строка 1.

Конструктивные и технологические особенности разработанных коротких забивных блоков и пирамидальных свай показаны на рис.3, б-г, а их технические характеристики приведены в табл.2, строки 2-4.

Таблица 2 – Технические характеристики типовой и разработанных конструкций забивных блоков

№ п/п	Решение конструкции, № рисунка	Размеры l*b*h*c,м	Угол наклона граней α, град	Масса m, кг	Объем бетона V, м^3	Площадь опирания на грунт в направлении распора P, м^2	Расход стали, кг
1	Типовая конструкция СП3, 3 70/10р, рис. 3, а	3,3*0,7*0,7*1,0	6	1800	0,72	1,32	34,1 / 34,3
2	А.с. СССР №1622520, рис. 3, б	3,3*0,7*0,7*1,0	6	1800	0,72	1,87	34,1 / 34,3
3	А.с. СССР №1735488,	3,3*0,7*0,7*1,0	10	900	0,35	1,87	29,3
	рис. 3, в						29,5
4	Патент РБ №9372, рис. 3, г	3,3*0,7*0,7*1,0	10	900	0,35	1,87	29,3 / 29,5

Примечания:

1. Технические характеристики забивных блоков даны при значении тупого угла в верхнем основании блоков β = 90˚.
2. Расход стали (натуральный и приведенный) блоков указан расчетный.
3. L*b*h*c – соответственно длина блока, ширина, высота и диагональ блока в верхнем основании.

Главной и характерной особенностью разработок БрГТУ, в отличие от типового решения, является возможность их работы в направлении горизонтальной нагрузки (распора) P диагоналями c, т.е. большими сторонами 5, 5’ в верхнем 3 и нижнем 3’ основаниях забивных блоков.

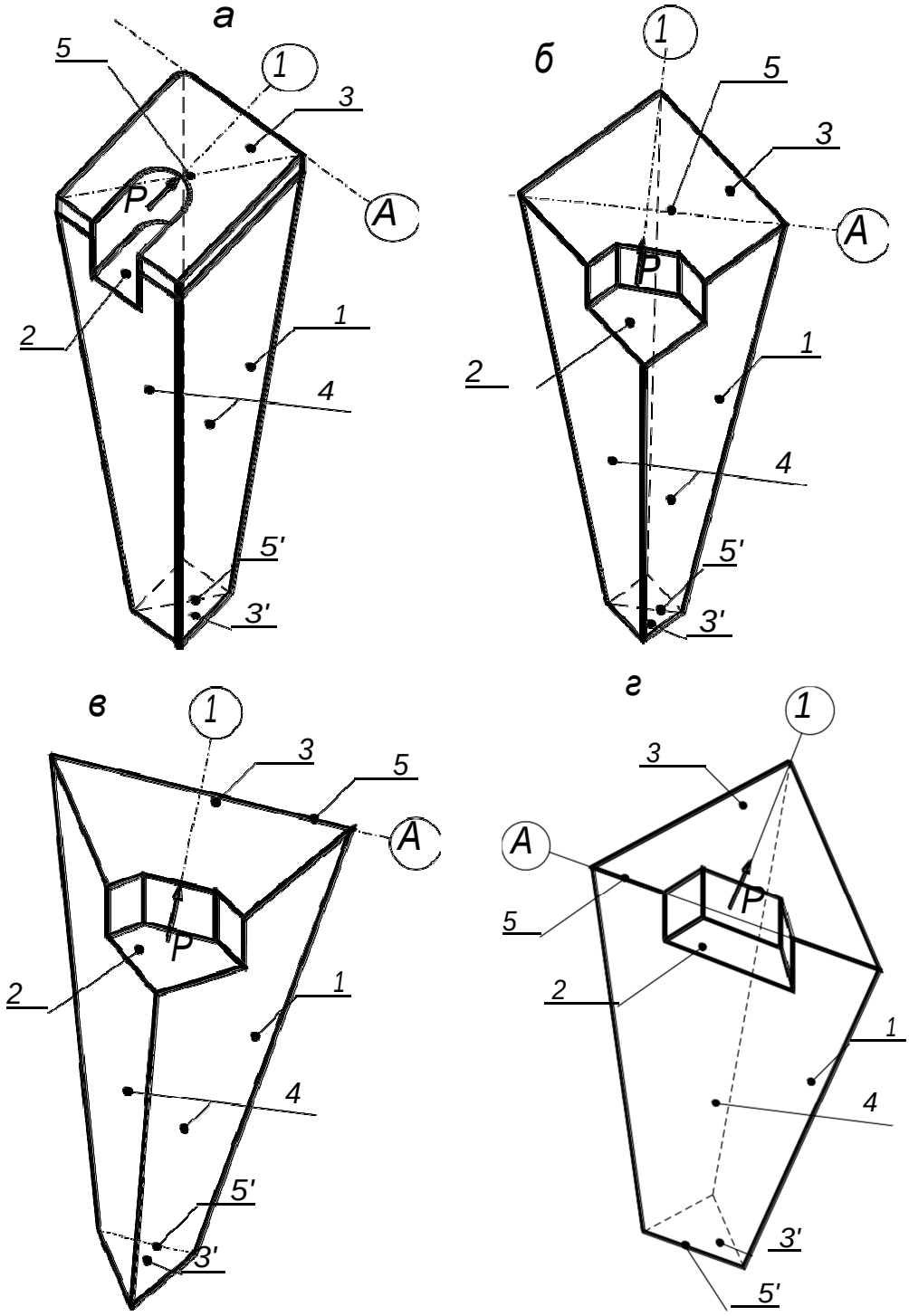
Переориентация сторон и диагоналей предлагаемых забивных блоков в направлении действия распора P предполагает определенные экономические выгоды от их применения, а именно:

1. Снижается расход бетона (объем) при изготавлении предлагаемых забивных блоков по сравнению с типовым решением в 0.72/0.35 = 2.05 раза, т.е. вдвое, и возможность увеличения несущей способности на действие горизонтальной нагрузки по грунту основания за счет увеличения вертикальной площади опирания на грунт в направлении распора P – в 1.87/1.32 = 1.417 =$\sqrt{2}$ раза, т.е. почти в полтора раза, при одинаковых размерах пирамидальных свай путем превращения четырехгранной усеченной пирамиды в трехгранную.

2. Примерно в полтора раза (точнее в $\sqrt{2}$) обеспечивается возможность увеличения несущей способности предлагаемой пирамидальной сваи по сравнению с известной на действие горизонтальной нагрузки при одинаковых материалоемкостях (объеме бетона) изделий за счет переориентации сторон блока относительно продольных и поперечных осей здания или сооружения и возможности работы в направлении распора P диагональю, а не стороной.

3. Выполнение гнезда для опирания полурам в углу или на середине стороны верхнего основания блоков существенного влияния на трудоемкость и стоимость изготовления изделий не оказывает.

4. С увеличением угла при основаниях β > 90° в предлагаемых конструкциях технико-экономические показатели блоков улучшаются.



а – типовая марки СП 3,3-Р; б – по а. с. СССР № - 1622520;

в – по а. с. СССР № - 1735488; г – по патенту РБ на полезную модель № 9372;
1 – ствол (усеченная пирамида); 2 – гнездо; 3,3' – верхнее (большее и нижнее (меньшее) основания пирамиды; 4 – боковые грани пирамиды; 5, 5' – большие стороны (диагонали) оснований 3,3';
→ – направление действия распора; (А) и (1) – продольная и поперечная оси здания

Рисунок 3 – Известная (а) и разработанные в БрГТУ (б-г) конструкции забивных