

УДК 624.154.331:624.131.553

Лях В.Н.

## РАСЧЕТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕСЧАНЫХ ГРУНТОВ УПРОЧНЕННЫХ ОСНОВАНИЙ НАБИВНЫХ ФУНДАМЕНТОВ С МИКРОСВАЯМИ

Конструктивно набивной фундамент с микросваями (далее – ФСМ) представляет собой куст из трех, четырех микросвай конусообразной формы длиной до  $l = 1,0$  м и заглубленного ростверка в выштампованном котловане с размерами в плане  $a \times b = (0,9 \div 1,4) \times (0,7 \div 1,1)$  м и высотой  $h = 0,5$  м, здесь  $a$  – длина ростверка и  $b$  – ширина ростверка [1].

ФСМ изготавливается путем забивки в грунт штампа-скважинообразователя идентичной формы и последующего бетонирования скважин микросвай и котлована заглубленного ростверка. При этом могут изготавливаться как одиночные, так и ленточные ФСМ, так и кусты из двух, трех и четырех ФСМ с использованием комплекта штампов-скважинообразователей [2].

Основное преимущество ФСМ заключается в образовании зоны двойного упрочнения (уплотнения) под фундаментом в процессе выштамповки скважин микросвай и котлована под ростверк. Как показали проведенные исследования, именно образование упрочненной (уплотненной) зоны обеспечивает высокую удельную несущую способность оснований (в том числе насыпных) ФСМ, позволяет ликвидировать влияние колебаний прочности (плотности) верхнего слоя естественных оснований, а также вести строительство на насыпных грунтах толщиной до 3 м без их предварительного уплотнения [3].

Сопротивление оснований ФСМ при воздействии вертикальных нагрузок определяется:

- сопротивлением упрочненного грунта по подошве заглубленного ростверка ( $R_0$ );
- сопротивлением упрочненного грунта по острию ( $R$ ) и боковой поверхности микросвай ( $R_{\Pi}$ );
- нормальным давлением упрочненного грунта (боковым отпором) по боковой поверхности микросвай ( $R_i$ ).

Сопротивление оснований ФСМ при воздействии горизонтальных нагрузок определяется:

- силами трения упрочненного грунта по подошве заглубленного ростверка, определяемыми величиной вертикального пригруза ( $N$ ) и углом внутреннего трения упрочненного грунта ( $\varphi_y$ );
- силами сцепления (прилипания) между подошвой заглубленного ростверка и упрочненным грунтом, определяемыми площадью подошвы ( $A$ ) заглубленного ростверка и удельным сцеплением упрочненного грунта ( $C_y$ );
- силами пассивного отпора грунта по боковой поверхности заглубленного ростверка и микросвай.

Экспериментально были определены параметры зон упрочнения грунтовых оснований ФСМ и характеристики упрочненных грунтов в пределах этих зон.

Зона уплотнения имеет форму эллипсоида вращения. В частности, наибольшие размеры зоны уплотнения песчаных грунтов средней крупности в зависимости от ширины  $b$  заглубленного ростверка составляют:

- для песков плотных:  
по ширине –  $4b$ ,  
по глубине –  $1,6b$ ;
- для песков средней плотности:  
по ширине –  $2,8b$ ,  
по глубине –  $1,8b$ ;
- для песков рыхлых:  
по ширине –  $2,2b$ ,  
по глубине –  $2,9b$ .

Значение переходных коэффициентов для определения геометрических параметров зоны упрочнения (уплотнения) по сравнению с соответствующими параметрами песчаных грунтов средней крупности составляет:

- для песков крупных – 1,08;
- для песков мелких – 0,99;
- для песков пылеватых – 0,80.

Конкретизированы расчетные сопротивления упрочненного грунта под подошвой заглубленного ростверка  $R_0$ , острием  $R$  и боковой поверхностью  $R_i$ ,  $R_{\Pi}$  микросвай, которые сведены в региональ-

ные таблицы расчетных сопротивлений (таблицы 1-4), в которых их значения зависят от вида и плотности песчаных грунтов в природном залегании.

**Таблица 1** – Расчетное сопротивление упрочненных (уплотненных) песчаных грунтов естественного сложения под подошвой ростверка, нижним концом и по боковой поверхности микросвай

Расчетная глубина расположения нижнего конца свай (фундамента), м	Коэффициент пористости, $e$	Расчетные сопротивления $R_0, R$ и $R_f$ , МПа, для песчаных грунтов				
		гравелистых	крупных	средней крупности	мелких	пылеватых
0,5	0,5	3,00	2,50	2,40	2,20	1,75
	0,65	2,00	1,60	1,50	1,40	1,10
	0,8	1,60	1,10	1,05	1,00	0,80
1,0	0,5	4,80	4,20	3,20	2,40	1,85
	0,65	3,00	2,80	2,00	1,50	1,15
	0,8	2,10	2,00	1,40	1,05	0,82
1,5	0,5	7,20	6,40	4,10	2,55	1,90
	0,65	4,50	4,00	2,60	1,60	1,17
	0,8	3,15	2,80	1,80	1,10	0,85

**Таблица 2** – Расчетное сопротивление трения упрочненных (уплотненных) песчаных грунтов естественного сложения по боковой поверхности микросвай

Расстояние от расчетной поверхности грунта до середины рассматриваемого слоя, м	Расчетное сопротивление $R_f$ , кПа, для песчаных грунтов средней плотности				
	гравелистых	крупных	средней крупности	мелких	пылеватых
0,5	50,0	47,0	40,0	35,0	25,0
1,0	60,0	55,0	45,0	40,0	30,0
1,5	65,0	57,0	50,0	45,0	35,0

**Таблица 3** – Расчетное сопротивление упрочненных (уплотненных) песчаных грунтов насыпного сложения под подошвой ростверка, нижним концом и по боковой поверхности микросвай

Расчетная глубина расположения нижнего конца свай (фундамента), м	Расчетные сопротивления $R_0, R$ и $R_f$ , МПа, для насыпных песчаных грунтов с коэффициентом уплотнения $K_{com}$			
	0,92	0,94	0,96	0,98
0,5	0,90	1,10	1,12	1,40
1,0	0,92	1,15	1,20	1,45
1,5	0,95	1,18	1,25	1,50

**Таблица 4** – Расчетное сопротивление трения упрочненных (уплотненных) песчаных грунтов насыпного сложения по боковой поверхности микросвай

Расстояние от расчетной поверхности грунта до середины рассматриваемого слоя, м	Расчетное сопротивление $R_f$ , кПа, для насыпных песчаных грунтов с коэффициентом уплотнения $K_{com}$		
	0,92	0,95	0,98
0,5	18	28	38
1,0	24	32	44
1,5	27	35	49

Уточнены параметры прочности упрочненного грунта  $\phi_u$  и  $C_u$  (таблица 5), зависящие от значений угла внутреннего трения ( $\phi_n$ ) и удельного сцепления ( $C_n$ ), коэффициента пористости ( $e$ ) песчаного грунта в природном залегании.

Таблица 5 – Расчетные характеристики прочности упрочненного песчаного грунта основания ФСМ

Физические характеристики вида грунта основания	$\varphi_y$	$C_y$
Песчаные грунты		
$e < 0,60$	$\varphi_{II} / 1,1+1^\circ$	$C_{II} / 1,5$
$0,60 \leq e \leq 0,75$	$\varphi_{II} / 1,1+2^\circ$	$1,3C_{II} / 1,5$
$e > 0,75$	$\varphi_{II} / 1,1+3^\circ$	$1,3C_{II} / 1,5$

Натурные испытания и наблюдения за осадками 21-го объекта (из более чем двухсот построенных в различных грунтовых условиях РБ) на ФСМ [4] свидетельствуют, что реальные деформации их упрочненных оснований отличаются от расчетных не более чем на 15%, что является подтверждением достаточной точности расчетных характеристик упрочненных оснований ФСМ.

Полученные материалы исследований, приведенные в настоящей статье, включены в нормативный документ по проектированию и устройству ФСМ [5].

### ЛИТЕРАТУРА

1. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Опыт строительства зданий и сооружений на набивных фундаментах с микросваями в выштампованных котлованах// Основания и фундаменты: Обзорная информация БелНИИТИ. – Минск, 1990. – 53 с.
2. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Технология устройства набивных фундаментов в выштампованных котлованах с микросваями// Прибалтийская геотехника VII: Тез.докл.конф. – Рига, 1991. – С. 147-150.
3. Сеськов В.Е., Лях В.Н. Фундаменты с микросваями в выштампованных котлованах на объектах строительства Беларуси// Основания, фундаменты и механика грунтов. - 1995. – №5. – С. 7-10.
4. Лях В.Н. Оценка несущей способности и деформативности оснований набивных микросвайных фундаментов по результатам испытаний в полевых условиях// Пространственные конструктивные системы зданий и сооружений. Методы расчета, конструирования и технологии возведения: Тр.межд.научн.техн.конф. – Мн., 2002. – С. 52-58.
5. Проектирование и устройство фундаментов из свай набивных с уплотненным основанием: Пособие П19-04 к СНБ 5.01.01-99: Утв. Минстройархитектуры РБ от 20.09.04. – Минск, 2004. – 147 с.

УДК 624.138.003

Пойта П.С., Пчелин В.Н., Чернюк В.П.

## УПЛОТНЕНИЕ ГРУНТА МНОГОМАССОВЫМИ ТРАМБОВКАМИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМИ СОЗДАНИЕ В ГРУНТЕ ВОЗРАСТАЮЩИХ ДИНАМИЧЕСКИХ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ

В ряде случаев, при наличии слабых грунтов основания, возникает необходимость улучшения физико-механических свойств грунта посредством его уплотнения сбрасываемыми с высоты тяжелыми трамбовками.

Эффективность уплотнения грунта трамбовками определяется такими параметрами, как:

- величина создаваемых в грунте при ударе динамических контактных напряжений;
- время нанесения удара;
- масса, высота сбрасывания и рабочая площадь трамбовки.

Время наносимого сбрасываемой трамбовкой удара можно увеличить посредством использования многомассовых трамбовок, благодаря чему повышается коэффициент полезного действия удара [1]. При этом в каждом рабочем цикле наносится серия ударов с интервалом, не превышающим время нанесения одного удара.

В соответствии с [2] при уплотнении грунта трамбовками с созданием в грунте в процессе его уплотнения возрастающих динамических контактных напряжений от 0,6 до 2 МПа через интервал 0,45...0,7 МПа глубина уплотнения увеличивается на 15-20% с одновременным снижением энергозатрат на 14%. Кроме того, обеспечивается получение устойчивой плотности всей массы уплотненного грунта, так как исключается образование буферной зоны (взрыхленного слоя).