

## ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВА БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ МЕТОДОМ ПОЛОГО ШНЕКА

**Леонович С.Н.**, д-р техн. наук, профессор, **Полейко Н.Л.**, канд. техн. наук, доцент (БНТУ)

**Аннотация.** На кафедре «Технология строительного производства» Белорусского национального технического университета проведен комплекс исследований по подбору составов мелкозернистого бетона, для устройства буронабивных свай методом полого шнека. Исследованы составы бетона с применением различных добавок. Выданы рекомендации по приготовлению мелкозернистого бетона, удовлетворяющие исходным показателям.

Новым перспективным направлением в изготовлении буронабивных свай является технология внутрислового шнека. Эта технология отличается высокой производительностью, снижением трудовых и материальных затрат по сравнению с обычной технологией.

Технология полого шнека – это бурение скважин для свай с помощью непрерывного полого шнека, что позволяет производить работы в различных грунтах – сухих, болотистых, рыхлых, плотных, в мягких горных породах.

Сваи, изготовленные по данной технологии, совмещают в себе преимущества забивных и буронабивных свай. При производстве работ отсутствуют ударные воздействия и вибрация. Благодаря системе звукоизоляции, которой снабжено оборудование, достигается низкий уровень шума, что позволяет производить буровые работы в районах застройки города. Формование свай осуществляется без выемки грунта, что позволяет выполнять работы в непосредственной близости к существующим сооружениям. Данная технология не требует использования глинистого раствора, что позволяет избежать загрязнения строительной площадки, а также снижает количество грунта, извлеченного на поверхность, и уменьшает расходы по вывозу разработанного грунта.

При помощи данной технологии можно получить буронабивные сваи диаметром от 400 мм до 2000 мм и длиной до 40 м.

Указанная технология основана на использовании в качестве бура особого инструмента – полого шнека. Такой бур состоит из полой трубы, на внешнюю сторону которой наварены спиральные лопасти, извлекающие отобранный грунт из скважины. В начале полого шнека устанавливается забурник. Он оснащен двумя спиралями и режущим инструментом, что позволяет облегчить прохождение через грунт. Торец шнека закупоривается специальной заглушкой, которая защищает полую часть шнека от попадания грунта. Сам шнек наращивается по мере заглубления бура в грунт. Конечная длина шнека зависит от требуемой длины свай (рисунок 1).

При бурении грунт частично извлекается и одновременно происходит уплотнение боковой поверхности скважины, что повышает несущую

способность сваи. Когда бур достигает заданной глубины, при помощи бетононасоса производится подача бетонной смеси в полость шнека. Создаваемое бетононасосом давление выдавливает специальную заглушку, и бетонная смесь попадает внутрь скважины, при этом шнек поднимается с вращением или без, освобождая пространство в скважине. Таким образом осуществляется формирование сваи. За счет того, что подача бетона осуществляется под давлением, происходит дополнительное уплотнение стенок и забоя скважины, и, как следствие, повышение несущей способности.

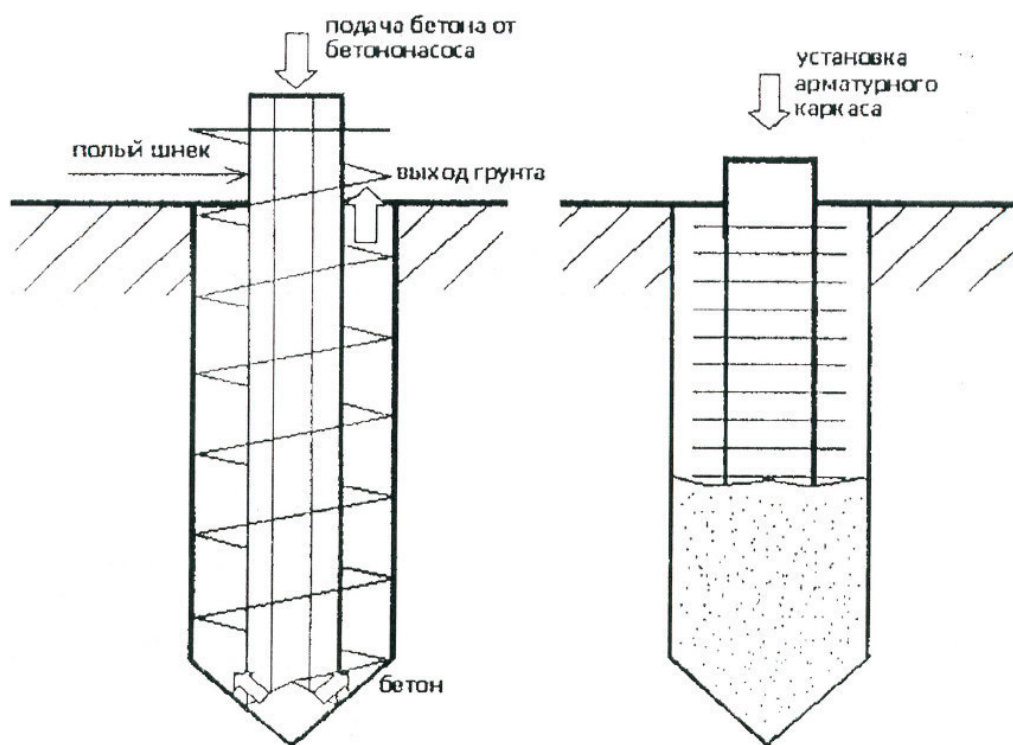


Рисунок 1 – Технологическая схема устройства буронабивных свай методом полого шнека

Скорость извлечения шнека и нагнетания бетонной смеси в скважину должны быть синхронизированы, поскольку их соотношение определяет среднюю площадь поперечного сечения сваи. При быстром извлечении шнека существует риск нарушения целостности ствола сваи. После заполнения скважины бетоном при помощи вибропогружателя происходит погружение пространственного арматурного каркаса [1, 2].

Основные стадии формирования сваи представлены на рисунке 2.

При использовании этой технологии к качеству бетона предъявляются высокие требования – класс бетона по прочности на сжатие должен быть не менее С16/20÷С18/25, бетон должен обладать высокой удобоукладываемостью и перекачиваемостью, подвижность не менее 16÷18 см. С целью возможности установки объемного арматурного каркаса, бетон должен обладать пониженным водоотделением и расслаиваемостью в течение времени, необходимого для заполнения скважины, подготовки и установки арматурного каркаса. Снижение подвижности бетонной смеси до

показателя менее 16 см должно наступать не ранее чем через 45÷60 мин. Основным критерием, не позволяющим использовать принятые составы бетона в устройстве буронабивных свай, является значительное водоотделение и расслаиваемость бетонной смеси, а также ранние сроки схватывания, которые не позволяют успешно подать бетонную смесь в скважину и установить арматурный каркас на проектную глубину.

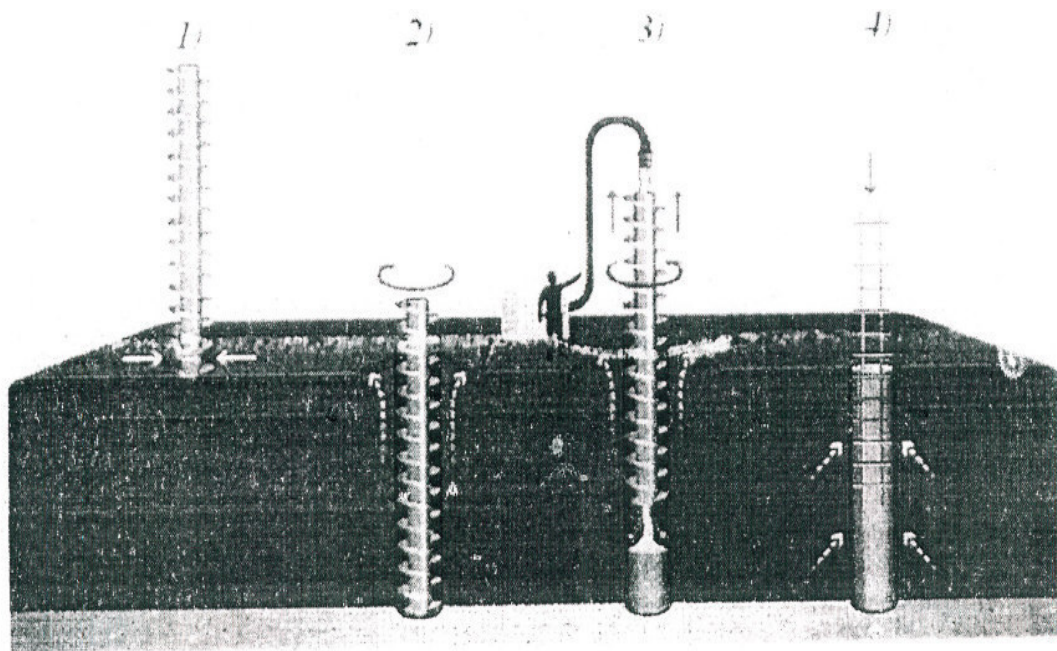


Рисунок 2 – Основные технологические стадии формирования свай:  
1 – определение проектного расположения свай; 2 – бурение скважины;  
3 – заполнение скважины бетонной смесью и подъем шнека;  
4 – установка арматурного каркаса

Высокие требования к качеству бетонной смеси не позволяют подобрать ее без применения химических добавок – суперпластификаторов и добавок снижающих водоотделение и расслаиваемость.

На кафедре «Технология строительного производства» Белорусского национального технического университета проведен комплекс исследований по подбору составов мелкозернистого бетона, для устройства буронабивных свай по технологии внутритрилового шнека, удовлетворяющего выше приведенным условиям.

В качестве вяжущего при подборе составов бетона использовался портландцемент М500 Д0 производства ОАО «Красносельскцементосифер» по ГОСТ 10178-85, мелкий заполнитель – песок высшего качества производства ДЗС «Заславль» по ГОСТ 8736 с Мк 2,65, вода по ГОСТ 23732, химическая добавка – суперпластификатор – С-3, бентонитовая глина и тонкодисперсный наполнитель (молотый доломит) с удельной поверхностью 3600 см<sup>2</sup>/г [3, 4, 5, 6].

При подборе состава бетонной смеси были исследованы десять составов мелкозернистого бетона с различным содержанием цемента, расходом

бентонитовой глины и химической добавки. Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона (кг) приведен в таблице 1.

Подвижность и расслаиваемость растворной смеси определялись по ГОСТ 5802-86. Расход воды определялся экспериментальным путем до получения требуемой подвижности. Показатель расслоения определялся аналитическим путем после промывки порции растворной смеси под струей чистой воды до полного удаления вяжущего через сито 0,14 мм. Расход химической добавки суперпластификатора С-3 назначался в соответствии с работами [5, 6]. Содержание бентонитовой глины в смеси определялось опытным путем по методике, изложенной в работах [1, 7].

Таблица 1 – Расход материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона

№ п/п	Цемент, кг	Песок, кг	Вода, кг	Добавка (С-3), % от массы цемента	Молотый доломит, кг	Бентонитовая глина, кг
1	2	3	4	5	6	7
1	550	1650	430	–	–	–
2	550	1650	350	0,5	–	–
3	750	1450	325	0,5	–	–
4	550	1550	400	0,5	75	–
5	550	1650	350	0,5	–	–
6	550	1650	250	0,5	–	11
7	550	1650	300	0,5	–	22
8	550	1650	325	0,5	–	44
9	550	1650	350	0,5	–	66
10	550	1650	400	0,5	–	88

Для определения прочности на сжатие и растяжение при изгибе изготавливались образцы – балки размером 40х40х160 мм в соответствии с ГОСТ 310.4-81. Образцы хранились в нормально-влажностных условиях и испытывались в 3-х, 7-ми и 28-ми суточном возрасте. Результаты испытаний составов №№ 1÷10 приведены в таблице 2.

Подвижность исследуемых составов находилась в пределах от 15,0 до 18,5 см. Прочность на сжатие в возрасте 28 суток составила от 2,84 МПа (состав № 10) до 48,0 МПа (состав № 3). Расслаиваемость бетонной смеси находилась в пределах от 1,72% (состав № 6) до 35,3% (состав № 3). Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что применение добавки суперпластификатора С-3 приводит к уменьшению водоцементного отношения, увеличению прочности бетона и снижению расслаиваемости бетонной смеси. Увеличение расхода цемента с 550 до 750 кг/м<sup>3</sup> бетона позволяет получить значительный прирост прочности, но одновременно приводит к резкому увеличению расслаиваемости бетонной смеси.

С увеличением расхода добавки суперпластификатора происходит быстрое снижение подвижности смеси. Использование тонкодисперсного наполнителя не приводит к значительному снижению расслаиваемости, но

одновременно приводит к снижению прочности бетона.

Применение бентонитовой глины в качестве стабилизирующей добавки, увеличивающей однородность и подвижность бетонной смеси, уменьшающей водоотделение, позволяет снизить расслаиваемость смеси до 1,72% (состав № 6) при сохранении прочности в 30,0 МПа.

Таблица 2 – Результаты испытаний

№ состава	Возраст, сут.	R <sub>из</sub> , МПа	R <sub>сж</sub> , МПа	П, см	P, %	В/Ц
1	2	3	4	5	6	7
1	3	0,40	1,00	16,50	28,10	0,78
	7	2,30	12,70			
	28	3,00	15,60			
2	3	0,52	1,21	15,00	4,40	0,64
	7	2,75	18,20			
	28	4,50	24,00			
3	3	1,26	3,48	16,50	35,30	0,43
	7	4,62	24,00			
	28	6,60	48,00			
4	3	0,20	0,60	17,50	21,70	0,89
	7	2,01	7,20			
	28	3,32	13,20			
5	3	0,98	1,78	18,00	6,40	0,64
	7	1,16	14,80			
	28	3,75	25,10			
6	3	1,00	2,62	16,00	1,72	0,45
	7	2,50	14,6			
	28	6,10	30,0			
7	3	0,55	1,32	16,00	10,80	0,54
	7	4,03	7,70			
	28	8,30	27,20			
8	3	0,70	2,49	16,00	12,00	0,59
	7	1,00	6,74			
	28	4,90	17,90			
9	3	0,61	2,01	16,50	8,41	0,64
	7	0,82	5,87			
	28	3,30	17,70			
10	3	0,25	0,66	16,00	2,84	0,73
	7	2,27	3,80			
	28	2,80	9,50			

Увеличение содержания бентонитовой глины в бетонной смеси приводит к замедлению набора прочности бетона и снижению конечной прочности. Оптимальным является содержание бентонитовой глины в

количестве 10÷15% от массы цемента.

**Выводы.** 1. Увеличение расхода цемента больше 550 кг/м<sup>3</sup> бетона приводит к увеличению расслаиваемости бетонной смеси. 2. Использование добавки суперпластификатора С-3 снижает водоцементное отношение бетонной смеси, повышает прочность и снижает расслаиваемость. Оптимальным является расход добавки С-3 в количестве 0,4÷0,6% от массы цемента. Увеличение расхода добавки С-3 приводит к быстрой потере подвижности бетонной смеси с течением времени, что затрудняет подачу бетонной смеси бетононасосом. 3. Применение бентонитовой глины в качестве стабилизирующей добавки позволяет уменьшить расслаиваемость бетонной смеси, увеличить подвижность, но приводит к снижению прочности в процентном отношении соответственно. Оптимальным является содержание бентонитовой глины в количестве 10÷15% от массы цемента. 4. Составом мелкозернистого бетона, удовлетворяющим исходным показателям по всем параметрам, является состав № 6, который был рекомендован для устройства буронабивных свай по технологии внутриполого шнека при строительстве различных объектов.

**Литература.** 1. Пособие 1-93 к СНиП 2.02.03-85. Проектирование и устройство буроинъекционных анкеров и свай. – М., 1994, – 90 с. 2. П13-01 к СНБ 5.01.01-99. Проектирование и устройство буронабивных свай. 3. ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. 4. ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия. 5. СТБ 1112-98. Добавки для бетонов. Общие технические условия. 6. П1-99 к СНиП 3.09.01-85. Применение добавок в бетоне. 7. ВСН 132-92. Правила производства и приемки работ по нагнетанию растворов за тоннельную обделку. – М., 1993. – 47 с.