

## **ИННОВАЦИОННЫЕ ФУНДАМЕНТЫ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ НА ПРИМЕРЕ ВЫБОРА ФУНДАМЕНТА ДЛЯ 9-ЭТАЖНОГО ЖИЛОГО ДОМА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВЕ**

**Шульга А. Д., Молокович А. М.**

Научный руководитель – Кравцов В. Н.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Беларусь

### **Введение**

Фундамент — строительная несущая конструкция, часть здания, сооружения, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и распределяет их по основанию. Фундамент, как правило, изготавливается из бетона или железобетона, а также камня, стали или дерева (стальных или деревянных свай).

Для строительства зданий применяются ленточные, отдельно стоящие столбчатые, свайные и плитные или комбинированные фундаменты. Они бывают сборные (сплошные монолитные или стаканного типа), монолитные и сборно-монолитные. Выбор фундамента зависит от сейсмичности местности, залегающих в основании грунтов и архитектурных решений.

Ведущим направлением рационального фундаментостроения для республики, где с поверхности или на небольшой глубине (1,5-2,0м), как правило, залегают «хорошие» грунты, является создание конструкций свай мелкого заложения с несущей способностью от 200 до 2000 кН, распределяющих нагрузку в верхних плотных слоях основания.

Экспериментальные работы, выполненные в ИСиА Госстроя БССР и ряде других организаций 18-11, опыт строительства показывает, что данную задачу можно решить за счет целенаправленного изменения физико-механических свойств грунта основания сваи в процессе ее устройства.

Следовательно, наиболее рациональными и экономичными в данном случае являются те свайные фундаменты, при устройстве которых уплотняется околосвайный грунт, эффективно изменяются его

свойства (доводятся до требуемых значений), что в первую очередь связано с формой свай (забивных) и технологией устройства (набивных). Опыт показывает, что наилучшим образом распределяют нагрузку от здания и вовлекают в работу наибольший объем грунта пирамидальные, конические, бипирамидальные и другие сваи, получившие широкое распространение, в том числе в Беларуси.

Однако всем им присущи те же недостатки, что и другим видам забивных свай. Наиболее эффективны они при передаче нагрузки от здания на верхний несущий слой основания. Вместе с тем, если указанные слои залегают на некоторой глубине от планировочной отметки, использовать такие сваи нельзя. В этих случаях требуются принципиально новые решения, позволяющие создать уплотненную зону в заглубленном пласте грунта. В наибольшей мере удовлетворяют указанным требованиям сваи набивные с вытрамбованной пятой и в вытрамбованных или в выштампованных скважинах, разработанные в ИСиА Госстроя БССР.).

Сваи в буровых скважинах с вытрамбованным основанием изготавливаются следующим образом. После бурения скважины производят уплотнение разрыхленного грунта забоя трамбовками или втрамбовыванием в основание скважины щебня или жесткой бетонной смеси. В результате втрамбовывания образуется уширение (пята) в виде шара неправильной формы. Изменения объем втрамбованной смеси, можно варьировать несущую способность.

### **Краткое описание почвенных условий**

Строительные площадки 9-этажных жилых домов № 9 в микрорайонах № 15, 4 и б в микрорайоне № 4 по Витебскому проспекту представлены наносным грунтом мощностью 3-4,5 м. В верхней и нижней зонах он рыхлый, а в средней зоне средней плотности песок среднего размера. Рост аллювиальной почвы составляет 3-4 года (т.е. почва находится в стабилизированном состоянии), аллювиальный слой подстиляется растительным слоем толщиной 20-30 см. Ниже находится аллювиальная песчаная почва с чередующимися слоями мелкого, среднего, крупного и щебнистого песка с преобладающим распространением мелкого песка. Подстилающие почвы, в основном средней плотности, с линзами и слоями рыхлого грунта.

Вытрамбовка скважин производилась свободным сбрасыванием

штампа-трамбовки массой около 3т. (черт. 4) с фиксированной высотой 2м (которая увеличивалась по мере заглубления штампа) с помощью навесного оборудования к трактору С 100. Навесное оборудование состоит из направляющей рамы, рабочего органа (штампа-трамбовки) 2, канатно-блочной системы противовеса и 3. В процессе опытного изготовления свай в вытрамбованных скважинах определялось:

- среднее число сбрасываний штампа с заданной высоты, обеспечивающих требуемое уплотнение основания и несущей способности;
- необходимое количество и объем глины и жесткого материала (щебня) требуемых для вытрамбовки скважин, заданных размеров;
- минимально-допустимое расстояние между соседними скважинами.

После изготовления опытных свай было проведено их испытание.

В процессе устройства первых опытных свай было установлено, что начиная с глубины погружения штампа I- I,5м, происходит обрушение стенок скважин и дальнейшее трамбование (даже при доувлажнении грунта) к положительному результату не приводит. Скважины получаются неправильной формы глубиной не более 1,2м. Для получения качественных скважин с заданной глубиной последующие опытные сваи изготавливались с использованием глины и щебня по двум вариантам технологии (см. черт. 6 - 8). По первому варианту в начале вытрамбовывали скважину глубиной около 1м, засыпали в нее послойно глину и щебень вытрамбовывали скважину глубиной 1,2-1,5м, снова засыпали глину и щебень, повторно вытрамбовывали скважину и т.п. Вышеописанный цикл работ повторялся до получения требуемой глубины скважины. При таком варианте устройства скважины требовалось 10-15 сбрасываний штампа дополнительно 0,3-0,4м<sup>2</sup> глины и 0,2м щебня при глубине скважины до 2м. Вместе с тем наблюдалось существенное поднятие грунта вокруг скважины на 10-15 см с ярко выраженным выпором грунта в стороны от штампа с разуплотнением его в угловых зонах. В связи с этим проектной глубины скважины 2,5м при требуемом качестве основания и стенок скважины достичь не удалось.

В процессе опытных работ было установлено, что для намывного грунта средней крупности применяемый штамп с вышеуказанными характеристиками не годится, т.к. он имеет большой угол сбега граней и четырехугольную форму поперечного сечения. В связи с этим

при забивке штампа по известной технологии происходит не уплотнение, а разрыхление грунта и его выпор. Для устранения недостатков в конструкции штампа ИСиА Госстроя БССР было предложено незначительно усовершенствовать его посредством уменьшения угла сбегания его граней и скругление углов. Однако, из-за недостатка времени и ряда технических сложностей от усовершенствования штампа пришлось отказаться.

В связи с этим, в ИСиА Госстроя БССР был разработан второй вариант технологии, который заключается в том, чтобы наряду с закреплением стенок скважин глиной от обрушения дополнительно укрепить основание, и существенно повысить его несущую способность посредством: втрамбовывания в основание дополнительного объема местного грунта и за счёт этого уменьшить глубину погружения штампа и соответственно силы выпора.

Для вытрамбовки скважины в намеченном месте откапывали углубление диаметром около 1 м и глубиной 250-300 мм. Затем втрамбовывали скважину до полного обрушения ее стенок, верхнюю часть скважины послойно засыпали песком и щебнем и снова втрамбовывали до полного обрушения ее стенок и т.п. Указанный цикл работ повторялся до получения скважины глубиной 1,8 м. На устройство такой скважины требовалось 22-25 сбрасываний штампа (15 мин), 0,1 м щебня и 0,25 м глины, что существенно меньше, чем по первому варианту. При этом грунта не наблюдалось поднятия поверхности и его выпора в стороны.

Указанного эффекта, очевидно, можно было бы добиться также за счет уменьшения высоты сбрасываний штампа, но конструкция оборудования этого не позволяет.

При вытрамбовке котлованов дополнительно замерялись горизонтальные перемещения. Перемещения замерялись по металлическим штырям из арматуры диаметром 12 мм и длиной 400 мм погруженных в грунт, через 300 мм на расстояние до 3 м от оси скважины. Измерения производились мерной лентой относительно неподвижных точек.

Кроме того, в ходе опытного производства свай было определено минимальное расстояние между скважинами. С этой целью были утрамбованы четыре скважины на расстояниях 1, 2, 3 и 5 м друг от друга. Установлено, что минимальное расстояние между скважи-

нами должно быть не менее 2,5-3 м, в этом случае не происходит повреждения стенок ранее пробуренных скважин и разрыхления грунта в зоне уплотнения.

Поэтому при массовом изготовлении свай рекомендуется устраивать скважины через одну с последующим возвратом к пропуску через месяц (через 72 часа после укладки бетонной смеси в рану скважины) или с использованием вставок.

### **Испытание экспериментальных свай в уграмбованных скважинах.**

Для подтверждения данных, включенных в проект, и проверки технологических схем на строительной площадке дома 1 № 9 в пределах здания были проведены 2 статических испытания свай, изготовленных с использованием различных технологий.

#### **Методика испытаний свай**

Испытания проводились в соответствии с процедурой, регламентированной ГОСТ 5686-78 в местах строительной площадки, указанных на картах "Белгоспроекта".

В качестве упора использовалась металлическая балка, приваренная к 4 анкерным сваям сечением 300х300 мм и длиной около 4 м. Результаты испытаний приведены в протоколах испытаний в приложении I. Сваи были загружены с помощью гидравлических домкратов грузоподъемностью 1000 кН. Давление в системе поддерживалось с помощью насосной станции.

Осадка сваи была измерена с помощью двух измерителей отклонения системы Аистова (БПАО). Осадок измеряли по отношению к неподдерживаемая металлическая система отсчета, состоящая из металлических свай типа в и приваренных к ним металлических консольных балок.

Вертикальные нагрузки на сваи были доведены до величины, превышающей максимальной-возможное значение, предусмотренному проектом в 1.5 раза.

Нагружение свай производилось ступенями, величина которой соответствовала 1/10 от наибольшей несущей способности сваи, полученной расчетным путем.

Анализ результатов показывает, что сваи изготовленные по пер-

вому варианту технологии по несущей способности и осадкам не отвечают требованиям проекта и норм как это и следовало ожидать по результатам их опытного изготовления. В то же время сваи, изготовленные по второму варианту технологии. Разработанному Институтом, даже без модернизации штампа-трамбовки, отвечают требованиям проекта и нови. Исходя из этого, можно заключить, что на намывных основаниях 4 и 5 микрорайонов г.Могилева для свай, изготовленных по второй технической схеме при среднем количестве сбрасываний штампа-трамбовки, несущая способность и осадки оснований свай будут обеспечены.

### **Заключение**

На основании анализа, расчетов, и технико-экономического сравнения различных конструктивных решений свайных фундаментов, а также опытного изготовления и испытания свай набивных в вытрамбованном ложе можно сделать следующие выводы.

1) Наиболее предпочтительным вариантом фундаментов для 9-ти этажных жилых домов, возводимых на намывных основаниях 4 и 5 микрорайонов г.Могилева являются ленточные фундаменты из свай набивных в вытрамбованных скважинах. По всем основным показателям (приведенные затраты, трудоемкость, материалоемкость) они значительно превосходят все остальные варианты в рассматриваемых условиях. Даже в случае усложнения технологии за счет дополнительного втрамбовывания в скважину глинисто-щебеночной смеси, вызванного особенностями намывного грунта и непригодностью, для данных условий, имеющегося в наличии в тресте "Строймеханизации" и Могилевском ДСК штампа-трамбовки, сваи в вытрамбованных скважинах превосходят остальные варианты по эффективности и только незначительно уступают микросвайным фундаментам по трудоемкости. Кроме того, у треста "Строймеханизации" и Могилевского ДСК шире возможности, с точки зрения наличия и маневрирования оборудованием для изготовления свай в забивных скважинах (в требуемое время их строительства), чем для других вариантов свай.

2) Штмп, имеющийся в тресте "Строймеханизация" и Могилевском ДСК, не подходит для намывных фундаментов Могилева, его следует улучшить за счет уменьшения углов отводных граней и об-

резки или скругления углов. Это позволит снизить трудоемкость изготовления свай на 30-50%.

3) Колодцы для штабелирования свай в утрамбованных колодцах следует устраивать в соответствии с технологической схемой, показанной на рисунке.2. В при этом среднее количество падений штампа должно составлять  $n = 22-25$ , а количество стенок скважины - не менее 3. Расход глины при изготовлении свай по второй технологической схеме составляет 0,25 м, щебня - 0,1 м. Минимальное расстояние между лунками должно составлять не менее 2,5 м, т.е. сваи должны быть прорезаны через одну с возвратом на пропущенные места через 72 часа после укладки бетонной смеси в ранее заполненные колодцы или с использованием вставок. Устройство колодца зимой без прогрева грунта допускается только в том случае, если промерзание почвы не превышает 30 см.

4) процесс установки колодцев и заполнения его бетонной смесью для каждой сваи должен осуществляться постоянный оперативный контроль, результаты которого должны быть зафиксированы в журнале работ (форма журнала была передана заказчику и тресту Строймеханизации)

5) После изготовления свайного поля для дома № 9 в микрорайоне № 5 следует провести контрольные испытания свай по Витебскому проспекту в количестве не менее 2 шт. (в соответствии с требованиями проекта), а также для обеспечения мониторинга атмосферных осадков здания.