

Разработка способов дренирования для устройства модифицированных оснований

В.Д. Гейдт, Л.В. Гейдт, А.В. Гейдт

Тюменский индустриальный университет

Аннотация: В целях ускорения консолидации для устройства модифицированных оснований хорошо себя зарекомендовало вертикальное дренирование. Проведен комплекс экспериментальных полевых исследований, посвященных изучению влияния самоформирующихся вертикальных песчаных дрен на процесс консолидации водонасыщенного грунта.

Ключевые слова: водонасыщенный грунт, торф, консолидация, глубинное вибровоздействие, дренообразователь, песчаные дрены, модифицированное основание.

В Западной Сибири инженерная подготовка для устройства модифицированных оснований под строительство объектов нефтегазового комплекса производится, в основном, методами гидромеханизации или отсыпки с использованием строительной техники. При достаточно большой мощности торфяных оснований и их невысокой фильтрационной способности достижение стабилизации происходит за неприемлемо длительный срок (несколько лет). Это обстоятельство является одним из самых существенных факторов [1], значительно увеличивающих сроки строительства. Поэтому внедрение в практику инженерной подготовки методов ускорения консолидации до сроков короткого лета (2-3 месяца) потенциально может быть экономически оправданным.

Вертикальные песчаные дрены, как известно [2-4], значительно сокращают сроки консолидации, так как существенно уменьшают пути фильтрации отжимаемой из пор грунта воды до дренирующей поверхности. Ряд работ [5-7] вертикальным дренам посвятил S. Hansbo.

Полевые исследования были проведены на экспериментальном участке, расположенном на площадке строительства Вать-Еганского нефтяного месторождения в 40 км от г. Когалыма. Болота на территории площадки

строительства распространены повсеместно и по условиям проходимости строительной техники относится ко II типу. Для освоения территории и создания модифицированных оснований необходим ряд специальных мероприятий, связанных с вертикальной планировкой рельефа, с обеспечением дренажа для заглубленных сооружений.

Инженерная подготовка территории осуществлялась путем отсыпки песчаным грунтом мощностью до 2,5 метров. Инженерно-геологические условия территории характеризуются средней категорией сложности согласно СП 47.13330.2016. Район работ расположен на поверхности слаборасчлененной водно-ледниковой равнины в пределах одного геоморфологического элемента. Рельеф поверхности спокойный, абсолютные отметки изменяются от 72 до 75,5 м. Отсутствие уклона земной поверхности нарушает естественный сток поверхностных вод, при большом количестве выпадающих осадков и незначительном испарении благоприятствует процессу заболачивания. Болотные отложения представлены торфом бурым, среднеразложившимся, насыщенным водой [8], который залегает до глубины 3,0-4,5 м. Ниже расположены пески серые, мелкие, насыщенные водой, мощностью 8,4-11,0 м. В основании разреза - суглинки серые тугопластичные с примесью органических веществ с тонкими прослойками мелкого, насыщенного водой песка.

Гидрогеологические условия площадки характеризуются наличием подземных вод, приуроченных к болотным отложениям и пескам, с единым уровнем установления в торфах на глубине 0,2-0,4 м. Нормативная глубина сезонного промерзания торфа 0,6 м, песка мелкого - 3,1 м, суглинков - 2,2 м. По условиям морозного пучения торф пучинистыми свойствами не обладает [9], песок относится к слабопучинистым, суглинок – сильнопучинистым. По физико-механическим свойствам грунты опытного участка подразделены на 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ):

ИГЭ-1 торф бурый среднеразложившийся, насыщенный водой, плотность -1010-1020 кг/м³; E = 0,16 МПа; C=0,0045 МПа;

ИГЭ-2 пески серые мелкие, насыщенные водой, E=18 МПа; C=0,002 МПа;

ИГЭ-3 суглинки серые тугопластичные с примесью органических веществ, плотность 1890-1900 кг/м³; E = 4МПа; C = 0,018 МПа.

Размеры экспериментального участка в плане составляли 50x40 м. Полигон был разбит на 2 опытные площадки. Эти площадки представляли собой квадратные участки с размером сторон 10 м. С целью исключения взаимовлияния одной площадки на другую расстояние между ними приняли равными 5 метрам. На опытных площадках №№ 1, 2 были выполнены следующие виды работ: площадка № 1- являлась эталонной. Уплотнение торфа на ней происходило только под весом намывного слоя; площадка № 2 - устройство дрен по прямоугольной сетке шагом 2,5 м.

Методика проведенных полевых экспериментов по устройству вертикальных песчаных дрен с использованием местного мелкого пылеватого песка намывного слоя и ускорения стабилизации дренированных заторфованных оснований с помощью глубинной вибрации была разработана для инженерно-геологических разрезов, представленных сверху вниз следующими видами грунтов: намывные (насыпные) пески (в том числе мелкие и пылеватые), торф, минеральный грунт.

Дренообразующая установка ДУ-01 (рис. 1) предназначена для устройства вертикальных песчаных дрен в заторфованных грунтах, перекрытых слоем песка, сконструирована на основе выполненных лабораторных исследований.

Установка для устройства вертикальных песчаных дрен в заторфованных основаниях состоит из следующих элементов: базовой машины-крана или сваебойного агрегата, навесного оборудования, мачты

направляющей, вибропогружателя, дренообразователя и насоса. Навесное оборудование для устройства дрен включает в себя вибропогружатель В-401(ВП-1) и дренообразователь с раскрывающимся наконечником.



Рис. 1. – Дренообразующая установка ДУ-01

Основным рабочим органом установки для устройства вертикальных песчаных дрен является обсадная конструкция, именуемая в дальнейшем дренообразователем, представляющая собой металлическую инвентарную перфорированную трубу (диаметр боковых отверстий 150 мм) с наружным диаметром обсадной трубы 426 мм и раскрывающимся наконечником (Рис. 2). Дренообразователь верхней частью жестко приваривается к плите, которая в свою очередь крепится на болтах к вибропогружателю. Перфорация выполняется по всей длине трубы на участке, не доходящем до нижнего конца трубы на 6 ее диаметров. К нижней части дренообразователя жестко приваривается самораскрывающийся наконечник, представляющий собой стальную обойму, к которой прикреплены шарнирно четыре створки. Перед погружением все четыре створки замыкаются и скрепляются кольцом. Внутри дренообразователя устанавливаются две трубы, через которые под давлением подводится вода, предотвращающая заклинивание песка и

появления арочного эффекта. Для облегчения погружения дренообразователя рекомендуется на наружной поверхности дренообразователя также установить газопроводные трубы, в нижней части которых устанавливаются иньекторы для подачи воды под давлением. Для подачи воды используется насос.

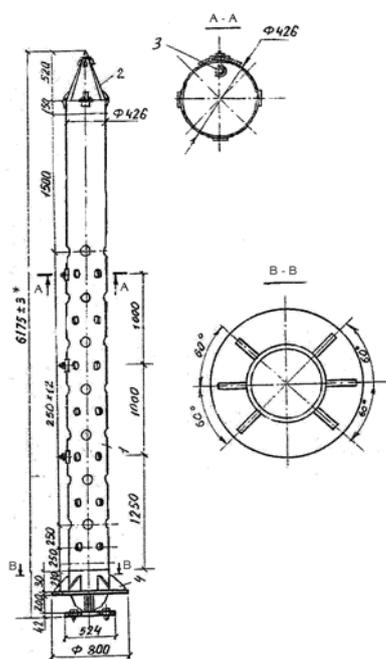


Рис. 2. – Конструктивная схема дренообразователя
1 – перфорированная труба; 2 – раскрывающийся наконечник;
3 – труба для нагнетания воды; 4 – верхний наконечник

Достоинством дренообразователя является то, что данная конструкция позволяет отказаться от использования бункера для устройства дрены. Впервые для устройства дрен предлагается использовать местные намывные пески [10], это доказывают и лабораторные исследования. При погружении песок верхнего намывного слоя заполняет внутреннюю полость дренообразователя через боковые отверстия. При извлечении дренообразователя наконечник раскрывается, и песок заполняет образовавшееся отверстие в торфе.

При устройстве вертикальных песчаных дрен необходимо выполнить следующие операции: установить направляющую стрелу в вертикальное положение (при этом низ наконечника должен располагаться над уровнем земли на 0,3-0,5 м); сомкнуть лепестки наконечника и надеть на них кольцо; опустить дренообразователь на грунт и ослабить тяговый трос; включение дренообразователя и погружение его в грунт со скоростью 1 м/мин, при этом происходит заполнение песком его внутренней полости через отверстия, расположенные на боковой поверхности; после заглубления наконечника в минеральный грунт, залегающий ниже торфа, дренообразователь выдерживается в этом положении в течение 2 мин.; подъем дренообразователя производится с равномерной скоростью 0,5 м/мин, при этом наконечник освобождается от кольца и открывается; при извлечении дренообразователя в торфе образуется песчаная дрена; для устройства следующей дрены установка передвигается на следующую точку и операция повторяется.

Порядок выполнения работ и пооперационный график (таблица №1) изготовления одной дрены приведены на рис. 3.

Качество уплотнения грунта дренами определяется по результатам наблюдения за осадками поверхностных марок и в порядке контроля по данным полевых (статического зондирования или лопастным прибором) и лабораторных испытаний грунта [11] до и после уплотнения.

Результаты наблюдений показывают, что на момент 120 суточной консолидации (конец короткого лета) на эталонной площадке №1 (без вертикальных дрен) осадка составила приблизительно 65% от величины конечной осадки S_k . На площадке №2 на этот момент времени осадка S составила приблизительно 90% конечной S_k .

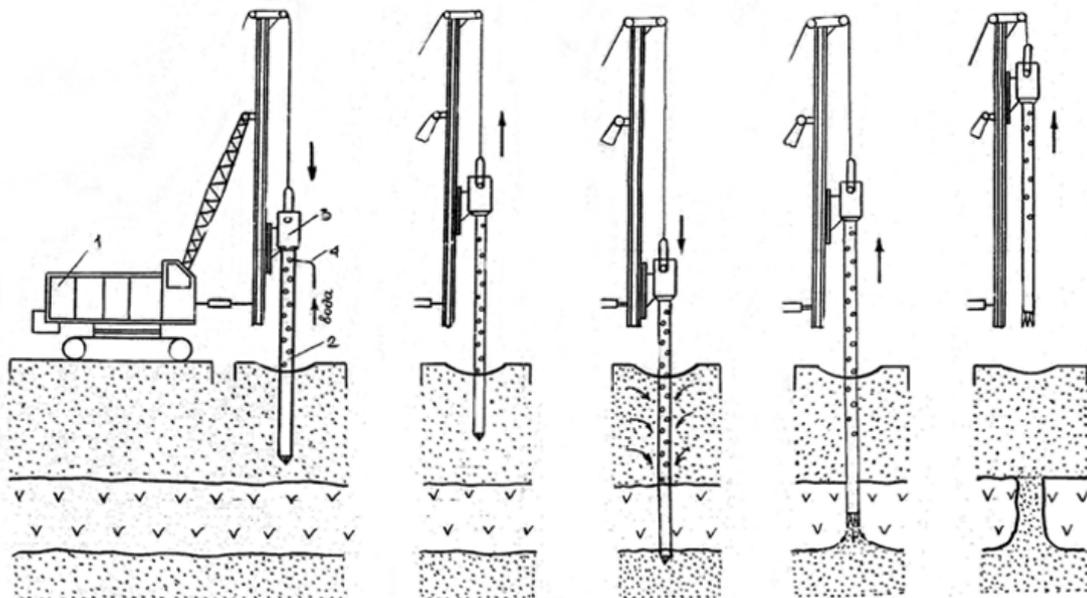


Рис. 3. – Технологическая карта на устройство вертикальных песчаных дрен
 1 – кран на гусеничном ходу; 2 – дренообразователь; 3 – вибропогружатель;
 4 – водопровод; —> направление движения дренообразователя

Таблица 1

Пооперационный график устройства вертикальных песчаных дрен

Этапы работ	Время цикла, мин.						
	2	4	6	8	10	12	14
I. Погружение дренообразователя на глубину равную толще песчаного слоя	█						
II. Подача воды	█						
III. Погружение дренообразователя на полную глубину $H=(H_{п}+H_{г})+0,5$	█						
IV. Выдержка дренообразователя в нижнем положении (раскрытие наконечника)			█				
V. Извлечение дренообразователя с равномерной скоростью (0,5 м/мин)				█	█	█	█

Выводы: По результатам проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- рассмотрен способ устройства вертикальных песчаных дрен, отличающийся от ранее предлагавшихся такими конструктивными изменениями, которые позволяют гарантированно избежать появления арочного эффекта, значительно ускорить подготовку основания для возведения зданий и сооружений в условиях Западной Сибири, а также использовать в качестве материала дрены местный мелкий песок;
- разработан мобильный комплекс для изготовления вертикальных самоформирующихся песчаных дрен;
- проведены испытания применения мобильного комплекса в полевых условиях.

Литература

1. Коновалов П.А., Кулебякин И.Н., Кушнир С.Я. Особенности консолидации торфяных толщ Западной Сибири при инженерной подготовке территории намывом // Сб. статей. Гомель, 1981. С. 33–34.
2. Абелев М.Ю. Строительство гражданских и промышленных сооружений на слабых водонасыщенных грунтах. Москва: Стройиздат, 1983. 248с.
3. Коновалов П.А. Строительство сооружений на заторфованных территориях. Москва: Стройиздат, 1995. 343 с.
4. Коновалов, П.А., Зехниев Ф.Ф., Безволев С.Г. Расчет эффективности укрепления слабых оснований нагружением, дренированием и армированием // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2003. №1. С. 2–8.
5. Hansbo S. Consolidation of clay with special reference to influence of vertical sand drains // Swedish Geot. Institute. Proc. №. 18. pp. 1–160.
6. Hansbo S. Consolidation of Clay by Band-Shaped Prefabricated Drains//Ground Engineering. 1979. Vol. 12. № 5. pp. 16–25.

7. Hansbo S. Geodrains in Theory and Practice: Geotechnical Report from Terrafigo. Stockholm, 1979. № 5. pp. 11–20.

8. Зехниев Ф.Ф. Результаты исследований процесса консолидации дренированных многослойных заторфованных оснований // «ОФМГ». 1994. № 3. С. 11-15.

9. Светинский Е.В., Трескин В.П. Оборудование для уплотнения слабых водонасыщенных грунтов песчаными дренами // Тр. НИИОСПа – 1979. Вып. 61. С. 129-135.

10. Гейдт В.Д., Гейдт Л.В. Лабораторные исследования скорости консолидации грунта при устройстве песчаных дрен: на примере Западной Сибири // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2018. №№ 1 (36). С. 67-71.

11. Гейдт В.Д., Л.В Гейдт, А.В. Гейдт. Механизм влияния глубинной вибрации на изменение физического состояния грунта // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2019. №№ 1 (40). С. 79-82.

References

1. Konovalov P.A., Kulebjakin I.N., Kushnir S.Ja. Sb. statej. Gomel', 1981. pp. 33–34.

2. Abelev M.Ju. Stroitel'stvo grazhdanskih i promyshlennyh sooruzhenij na slabyh vodonasyshhennyh gruntah. [Construction of civil and industrial structures on weak water -saturated soils]. Moskva: Strojizdat, 1983. 248 p.

3. Konovalov P.A. Stroitel'stvo sooruzhenij na zatorfovannyh territorijah. [Construction of structures on peat territories]. Moskva: Strojizdat, 1995. 343 p.

4. Konovalov, P.A., Zehniev F.F., Bezvolev S.G. Os-novanija, fundamenty i mehanika gruntov. 2003. №1. pp. 2–8.

5. Hansbo S. Swedish Geot. Institute. Proc. №. 18. pp. 1–160.

6. Hansbo S. Ground Engineering. 1979. Vol. 12. № 5. pp. 16–25.



7. Hansbo S. Geodrains in Theory and Practice: Geotechnical Report from Ter-rafigo. Stockholm, 1979. № 5. pp. 11–20.
8. Zehniev F.F. «OFMG». 1994. № 3. pp. 11-15.
9. Svetinskij E.V., Treskin V.P. Tr. NIIOSPa – 1979. Vyp. 61. pp. 129-135.
10. Geidt V.D., L.V Geidt. Akademicheskij vestnik UralNIIproekt RAASN. 2018. № 1 (36). pp. 67-71.
11. Geidt V.D., L.V Geidt, A.V. Geidt. Akademicheskij vestnik Ural-NIIproekt RAASN. 2019. № 1 (40). pp. 79-82.