Проектирование, сооружение и эксплуатация систем трубопроводного транспорта

Designing, construction and operation of pipeline transport system

DOI: 10/31660.0445-0108-2018-6-87-92

УДК 624.131.43

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ПЕСЧАНОГО ГРУНТА НА ЕГО ДЕФОРМАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА

**Л. Б. Антропова, Ю. В. Щипкова, М. И. Гильдебрандт,
В. А. Гриневич, Р. Н. Иванов**

Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия

Аннотация. Освоение новых месторождений нефти и газа, как правило, сталкивается с проблемой обеспечения объектов строительства материальными и минеральными ресурсами, например песчаным грунтом средней крупности для устройства оснований зданий и сооружений возводимой технологической инфраструктуры. Решение данной задачи видится в рациональном использовании имеющихся природных ресурсов, в том числе и грунтов. Авторами выполнены исследования влияния гранулометрического состава песчаного грунта средней крупности на его деформационные свойства. На основании выполненных исследований предложена технология регулирования деформационных свойств песчаного грунта.

Ключевые слова: резервуар; песчаный грунт; деформация; хранение

STUDYING THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF SANDY SOIL TO EVALUATE ITS INFLUENCE ON DEFORMATION PROPERTIES

L. B. Antropova, Yu. V. Shchipkova, M. I. Gildebrandt, V. A. Grinevich, R. N. Ivanov

Omsk State Technical University, Omsk, Russia

Abstract. The new field development, as a rule, is faced with the problem of providing construction facilities with material and mineral resources. Medium-sized sandy soil is a one such resources. It is necessary for the footing of buildings and structures of the constructed technological infrastructure. The problem solution is seen in the rational usage of available natural resources, including soils. We have studied granulometric composition of medium-sized sandy soil to evaluate its influence on its deformation properties. Based on the results, we offer the technology of regulation of deformation properties of sandy soil.

Key words: reservoir; sandy soil; deformation; storage

Освоение новых месторождений нефти и газа в сложных геологических и климатических условиях приводит к необходимости возведения новых резервуарных парков. Одним из основных этапов строительства резервуаров является возведение

основания резервуара. Согласно нормативным документам, в качестве грунтового основания используется песчаный грунт средней крупности^{1,2,3}. Однако при освоении месторождений возникает необходимость доставки таких грунтов из других регионов, что в отдельных случаях может значительно увеличить стоимость возведения основания за счет затрат на транспортировку данного грунта, а также увеличить временные затраты на строительство объекта. Таким образом, возникает необходимость разработки технологии, которая позволит преобразовать свойства песчаного грунта, находящегося вблизи строительной площадки.

Для решения данной задачи был проведен ряд лабораторных исследований на базе студенческой научно-исследовательской лаборатории, целью которых являлось изучение деформационных свойств песчаного грунта. Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

- исследовать деформационные характеристики песчаного грунта средней крупности, а также отдельных его фракций при различных значениях влажности;
- разработать программный продукт для обработки полученных в лабораторных условиях данных;
- разработать технологию регулирования деформационных свойств песчаного грунта.

В ходе подготовки к проведению лабораторных исследований [1] была разработана методика, этапы которой представлены на рисунке 1.

Рис. 1. Этапы проведения лабораторных исследований

В качестве исходного грунта был использован аллювиальный песок средней крупности, взятый с поймы реки Иртыш.

¹ СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87. – М.: ФАУ «ФЦС», 2012. – 140 с.

² РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1 000–50 000 куб. м. – М.: ОАО «АК «Транснефть», 2004. – 141 с.

³ ГОСТ 31385-2008. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. – Введ. 2009-07-31. – М.: Стандартинформ, 2010. – 56 с.

Данный грунт был разделен на фракции. Перед началом лабораторного исследования зернового состава пробу грунта нужно подготовить, для этого необходимы следующие действия: 1) предварительно высушить пробу грунта до воздушно-сухого состояния; 2) разделить грунт на отдельные частицы растиранием в фарфоровой ступке с помощью пестика.

Лабораторные сита монтируют в колонну. Самым нижним является поддон, в который попадают пылеватые частицы грунта размером менее 0,1 мм, далее собираются сита по мере увеличения размера отверстий. Для проведения исследований были выбраны сита размером 0,1; 0,25; 0,5; 1,0 мм (рис. 2).

*Рис. 2. Разделение грунта на фракции:
а) лабораторные сита; б) различные фракции песчаного грунта*

Для каждой фракции были проведены компрессионные испытания с помощью автоматизированного испытательного комплекса АСИС производства НПП «Гео-тек» при различной влажности грунта. Максимальная нагрузка была рассчитана исходя из нагрузки, создаваемой под днищем резервуара РВС-50000 м³ при гидравлических испытаниях. Программа испытаний представляет собой ступенчатое нагружение образца грунта с выдержкой по времени на каждой ступени, а затем снятие нагрузки с исследуемого образца (рис. 3).

Рис. 3. Программа нагружения образца грунта

Согласно нормативным документам, влажность грунта определяется с помощью метода высушивания до постоянной массы. Для высушивания песчаных грунтов до постоянной массы используются специальные сушильные шкафы, которые высушивают грунт при температуре 105 ± 2 °С. При этом грунт, помещенный в шкаф, должен находиться в открытой емкости. В данном случае была использована фарфоровая чаша. Песчаные грунты принято высушивать три часа с последующим высушиванием в течение одного часа. Высушивание производят до момента, когда разница между взвешиваниями не составит более 0,02 г. Однако данный способ занимает большое количество времени, и возникла необходимость подбора оборудования, которое позволит сократить время определения влажности. Для проведения экспериментальных исследований был выбран «Галогенный анализатор влагосодержания НВ43-S», который позволяет определять влажность грунта за несколько минут. Преимуществом является то, что данный анализатор имеет встроенные весы, что исключает этап дополнительного взвешивания на прецизионных весах. Помещенная проба грунта автоматически взвешивается при попадании в анализатор, а по окончании высушивания показывает вес уже высушенного образца. Выбранное оборудование позволяет за короткое время определить процент влажности подготовленного образца с необходимой точностью. Данный способ намного проще использовать при большом количестве повторений данной операции.

В результате проведения компрессионных испытаний были получены зависимости влияния влажности грунта на его уплотнение. Ранее выполненными исследованиями было установлено, что данная зависимость имеет четко выраженный экстремум функции [2–5].

Однако после выполнения лабораторных исследований был получен график, который имеет некий диапазон максимального уплотнения грунта. На рисунке 4 представлены зависимости (для нагрузки 180, 125 и 75 кПа) для песчаного грунта средней крупности, взятого с поймы реки Иртыш. Графики были получены также для отдельных фракций.

Рис. 4. Результаты компрессионных испытаний песчаного грунта средней крупности

Для того чтобы облегчить статистическую обработку данных [6–8], полученных при проведении эксперимента (так как он является весьма трудоемким и занимает большое количество времени), было принято решение разработать про-

граммный продукт, который позволит автоматически обрабатывать результаты эксперимента.

Для того чтобы рассчитать нормативные значения характеристик влажности песчаного грунта по результатам лабораторных исследований, был разработан специальный программный продукт (ПП) «Влажность» [9, 10].

Исходя из полученных данных, был предложен способ регулирования деформационных свойств песчаного грунта, заключающийся в создании композитной смеси несвязного дисперсного грунта [11, 12].

Предложенный способ регулирования строительных свойств несвязного дисперсного грунта имеет следующие преимущества перед уже существующими технологиями:

- не требуется закупка специального оборудования;
- в грунт не вводятся дорогостоящие добавки;
- предложенный способ позволяет не только сократить материальные затраты, но и уменьшить временные рамки проведения строительных работ по устройству основания резервуара.

Рис. 5. Разработанная технология

На рисунке 5 представлена последовательность операций разработанной технологии.

Таким образом, в ходе работы были изучены деформационные характеристики песчаного грунта средней крупности, а также отдельных его фракций. Для упрощения статистической обработки полученных данных был разработан программный продукт. Полученные результаты позволили разработать технологию регулирования деформационных свойств песчаного грунта, не требующую больших материальных затрат, а также позволяющую рационально использовать местные природные ресурсы. На данную технологию получен патент на изобретение.

Библиографический список

1. Грузин А. В., Антропова Л. Б. Совершенствование технологии подготовки песчаного основания резервуара для хранения жидких углеводородов // Инновации в строительстве глазами молодых специалистов: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. / Отв. ред. А. О. Гладышкин. – 2014. – С. 96–99.
2. Грузин А. В., Антропова Л. Б., Коновалова А. Д. Исследование компрессионных свойств песчаных грунтов основания резервуара РВС-50000 // Динамика систем, механизмов и машин. – 2014. – № 1. – С. 56–59.
3. Антропова Л. Б., Гильдебрандт М. И., Грузин А. В. Изменение характеристик деформируемости несвязных дисперсных грунтов оснований резервуаров для хранения нефти и продуктов ее переработки // Россия молодая: передовые технологии — в промышленность! – 2015. – № 2. – С. 94–98.

4. Сокращение теплотерь в грунты оснований при эксплуатации резервуаров для хранения жидких углеводородов / В. С. Ермаков [и др.] // Прогрессивные технологии и процессы: сб. науч. ст. 2-й междунар. молодежной науч.-практ. конф.: в 3 т. / Отв. ред. А. А. Горохов. – 2015. – С. 331–335.
5. Особенности деформации отдельных фракций грунтов оснований нефтегазовых объектов с размером частиц менее 2 мм / А. В. Грузин [и др.] // Молодежь и XXI век – 2015: материалы V междунар. молодежной науч. конференции: в 3 т. / Отв. ред. А. А. Горохов. – 2015. – С. 251–254.
6. Коновалова А. Д., Антропова Л. Б., Грузин А. В. Автоматизация обработки результатов лабораторных исследований грунтов оснований объектов нефтегазовой отрасли // Автоматизация, мехатроника, информационные технологии. Automation, Mechatronics, Information Technologies: материалы IV междунар. науч.-техн. интернет-конференции молодых ученых. – 2014. – С. 22–24.
7. Антропова Л. Б., Грузин А. В. Обработка результатов экспериментального определения влажности грунта оснований резервуаров для хранения нефти и нефтепродуктов // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации: сб. науч. тр. XI междунар. науч.-практич. конф.: в 4 т. / Отв. ред. А. А. Горохов. – 2014. – С. 119–122.
8. Грузин А. В., Русанова А. Д., Антропова Л. Б. Совершенствование обработки результатов лабораторных исследований грунтов оснований объектов нефтегазовой отрасли // Юность и знания — гарантия успеха: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. (17–18 декабря, 2014 год) / Отв. ред. М. С. Разумов. – Курск, 2014. – С. 116–118.
9. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ №2014614602 РФ, «Влажность»; заявитель и патентообладатель Омский государственный технический университет. – № 2014612354; заявл. 20.03.14; опубл. 20.05.14, Бюл. № 5. – 1с.
10. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19895; Программа «Влажность» / Грузин А. В., Антропова Л. Б., Коновалова А. Д. – опубл. 27.01.2014 // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» – № 1 (56) (январь 2014). – С. 23.
11. Регулирование деформационных свойств грунта при устройстве песчаного основания резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов / Л. Б. Антропова [и др.] // Поколение будущего: Взгляд молодых ученых — 2015: сб. науч. ст. 4-й междунар. молодежной науч. конф.: в 4 т. / Отв. ред. А. А. Горохов. – 2015. – С. 129–131.
12. Антропова Л. Б., Гильдебрандт М. И., Грузин А. В. Композиция грунтового основания резервуара для хранения нефти и нефтепродуктов // Проблемы геологии и освоения недр: тр. XX международного симпозиума им. акад. М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня основания Томского политехнического университета: в 2 т. / под ред. А. Ю. Дмитриева, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Институт природных ресурсов; Общество инженеров-нефтяников, международная некоммерческая организация «Студенческий чептер». – 2016. – С. 877–879.

Сведения об авторах

Антропова Любовь Борисовна, ассистент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный университет, г. Омск, e-mail: lubashka_2010@mail.ru

Щипкова Юлия Владимировна, ассистент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный университет, г. Омск, e-mail: ylia_sipkova@mail.ru

Гильдебрандт Маргарита Ивановна, инженер кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный университет, г. Омск, e-mail: r.bantik@mail.ru

Гриневиц Валентина Александровна, доцент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный университет, г. Омск, e-mail: grinevich_v@mail.ru

Иванов Руслан Николаевич, доцент кафедры нефтегазового дела, стандартизации и метрологии, Омский государственный университет, г. Омск, e-mail: irnsoft@mail.ru

Information about the authors

Antropova L. B., Assistant at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State University, e-mail: lubashka_2010@mail.ru

Shchipkova Yu. V., Assistant at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State University, e-mail: ylia_sipkova@mail.ru

Gildebrandt M. I., Engineer at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University, e-mail: r.bantik@mail.ru

Grinevich V. A., Associate Professor at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State University, e-mail: grinevich_v@mail.ru

Ivanov R. N., Associate Professor at the Department of Oil and Gas Business, Standardization and Metrology, Omsk State University, e-mail: irnsoft@mail.ru