

№1, 1999

Применение радиоэлектронных средств для определения состояния массива грунта

Алексеев П.С.

Применительно к технологиям современного строительства назрела серьезная проблема безопасной реконструкции и строительства зданий в условиях сплошной городской застройки. Особенно актуальной остается проблема безопасного строительства в условиях распространения слабых грунтов.

Решение этой проблемы требует применения достижений технического прогресса всех областей науки и техники. Во многих случаях такого рода проблемы были успешно решены благодаря использованию специальной контрольно-измерительной аппаратуры. В нашей стране радиоэлектронные средства получили широкое применение в разных отраслях промышленности - особенно в военной области, а также в гидротехническом строительстве.

К сожалению, случаи применения современных средств контроля за состоянием массива грунта в промышленном и гражданском строительстве остаются единичными. Серийное производство таких средств не ведется.

В результате в настоящее время мониторинг за поведением массива грунта в основании существующей застройки при новом строительстве или реконструкции ограниченно простейшими геодезическими измерениями, позволяющими получить лишь информацию о положении поверхности грунта и зданий.

Для Петербурга с его сложными грунтовыми условиями особенно важно определить механизм работы различных слоев грунта.

Такие исследования в 1980-х годах проводились под руководством П.Л. Иванова и А.В. Голли на сооружениях защиты Санкт-Петербурга от наводнений [1]. Был разработан комплекс приборов, позволяющих определить глубинные послойные деформации грунта, напряжения и поровые давления [2]. Однако, несмотря на эффективность этих приборов они не были востребованы на других строительных площадках города и остались опытными образцами.

На площадке строительства привокзального комплекса ВСМ были применены приборы для измерения горизонтального и вертикального перемещения слоев грунта (соответственно инклинометры и экстензиометры), изготовленные английской фирмы Soil Instruments Limited. Эти приборы используют для измерения пластмассовые трубы, установленные в скважины, пробуренные в толще изучаемого грунта.

Инклинометр использует в своем составе датчик, опускаемый в такую трубу. Датчик способен измерять углы отклонения трубы от вертикали в различных плоскостях. Полученные таким образом данные обрабатываются на ЭВМ, и строятся проекции изгиба трубы в разных проекциях.

Экстензиометр помимо пластмассовой трубы имеет в своем составе так называемые магнитные марки, устанавливаемые на трубу перед ее установкой в скважину. Эти марки снабжены пружинными устройствами, посредством которых происходит сцепление марок с грунтом. Поэтому магнитные марки двигаются вместе с грунтом и, следовательно,

перемещаются по вертикали также, как и слои изучаемого грунта. Местоположение таких марок определяют с помощью датчика магнитного поля (геркона), опускаемого в трубу вместе с кабелем на мерной ленте. На поверхности земли контактные провода от геркона идут на индикаторное устройство, генерирующее звуковой сигнал в случае замыкания контактов геркона.

Применение такого простого определителя местоположения магнитных марок сопряжено с рядом неудобств:

- отсутствует информация о расстоянии между маркой и датчиком поскольку индикатор выдает только сигналы "Есть" или "Нет";
- поскольку требуется определить местоположение марки с точностью до 1 мм, требуется точное и медленное подведение датчика к марке, чтобы найти место замыкания контактов геркона. При возможном "промахе" приходится отводить датчик на дальнейшее расстояние, поскольку геркон обладает свойствами гистерезиса, т.е. его контакты намагничиваются, и для их размыкания требуется уменьшение напряженности внешнего магнитного поля до величины, меньшей пороговой напряженности для замыкания контактов геркона.

Тем не менее прибор экстензиометр достаточно хорошо себя зарекомендовал в ходе эксплуатации. Такой результат позволяет сделать вывод о том, что требуется разработка отечественного аналога экстензиометра, который можно поставить на серийное изготовление. Более десяти лет назад подобный опытный образец прибора был разработан в ЛИСИ (ныне С-ПбГАСУ) под руководством А.В. Голли. Прибор имел тот же принцип действия, однако использованные марки не были магнитными, а были изготовлены из стали. Для поиска таких марок использовался металлоискатель, имеющий в своем составе датчик - катушку индуктивности, опускаемый в трубу на проводе и мерной ленте. При прохождении такого датчика вблизи марки индуктивность катушки изменяется, что положено в основу принципа работы металлоискателя. На поверхности земли имелся индикатор, показывающий, как далеко датчик находится от марки.

Такая схема комплекса для измерения вертикального перемещения слоев грунта имеет следующие преимущества перед зарубежным аналогом:

- имеется возможность оценить расстояние между маркой и датчиком по показанию индикатора;
- катушка создает переменное магнитное поле, скорость изменения которого много больше максимальной скорости движения датчика, следовательно система в целом не обладает гистерезисом, что упрощает поиск марок;
- стальные марки дешевле и проще в изготовлении, чем магнитные марки, а ведь они одноразовые и требуется их достаточно много;
- общая стоимость отечественного прибора ниже.

Применение экстензиометров было бы весьма полезным для организаций, занимающихся производством строительных работ нулевого цикла и позволило бы проводить исследования грунтовых условий при подготовке к строительству (реконструкции) и при непосредственном производстве работ. Прибор может дать весьма ценную информацию о состоянии грунтов, их перемещении, что может быть полезно при прогнозировании осадок близлежащих зданий.

В связи с этим была поставлена задача разработки образца такого прибора для возможности его последующего серийного изготовления.

Металлоискатель был разработан сперва в макетном варианте, а позже в виде печатного узла. Принцип его действия - возникновение биений на выходе сместителя при подаче на его входы

двух колебаний, близких по частоте. Одно из этих колебаний - опорное вырабатывается гетеродином, а второе - генератором, частота которого изменяется при изменении индуктивности катушки индуктивности, являющейся датчиком. Такой металлоискатель носит название металлоискателя на биениях. Устройство снабжено стрелочным индикатором, позволяющим оценить расстояние между центром катушки и маркой. Поскольку на выходе сместителя частота возникающих биений меняется при приближении катушки к марке, для работы индикатора применен частотный детектор (ЧД).

ЧД построен на формирователе, вырабатывающем на каждый передний фронт колебаний с выхода сместителя импульс установленной длительности и амплитуды. При изменении частоты входных колебаний аналогично изменяется также частота выходных импульсов, но амплитуда и длительность импульсов остаются неизменными. При этом меняется только постоянная составляющая таких импульсов, причем меняется по закону изменения частоты сигнала с выхода сместителя, а следовательно, и генератора на катушке индуктивности, которая, в свою очередь, зависит от расстояния между датчиком и маркой.

Поскольку стрелочный индикатор может показать только постоянную составляющую любого колебания, не требуется подключение к выходу формирователя интегрирующей цепочки, т.е. можно соединить ЧД и индикатор напрямую.

Такое устройство было разработано и изготовлено в виде печатного узла и может быть рекомендовано для серийного производства.

Литература

1. Бугров А.К., Голли А.В., Каган А.А., Кураев С.Н., Пирогов И.А., Шашкин А.Г. Натурные исследования напряженно-деформированного состояния и консолидации оснований сооружений комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений. Основания, фундаменты и механика грунтов №1, 1997г.
2. Голли А.В., Парамонов В.Н., Шашкин А.Г. Устройство для измерения послойных деформаций основания сооружения. Инф. листок № 590-87. Ленинградский ЦНТИ, Л., 1985. -4 с.