



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технологии вяжущих веществ, бетонов и
строительной керамики»

Методические указания
к лабораторной работе № 7
по дисциплине
«Неразрушающие методы контроля»

**«Знакомство с устройством и
правилами работы приборов по
оценке водонепроницаемости,
отрыва со скалыванием и др.»**

Автор
Романенко Е.Ю.

Ростов-на-Дону, 2017

Аннотация

Методические указания предназначены для бакалавров всех форм обучения направления подготовки 27.03.01 «Стандартизация и метрология», профиль «Метрология, стандартизация и сертификация».

Методические указания предназначены для обучающихся, изучающих дисциплину «Неразрушающие методы контроля» для разработки заданий по материалам теоретического курса.

Методические указания разработаны в соответствии с образовательным стандартом, содержат информацию для лабораторных работ направленных на развитие творческого подхода к изучению дисциплины с учетом требований национальной базы по стандартизации и Федерального закона «О техническом регулировании».

Целью выполнения лабораторной работы является овладение навыками лабораторных методов определения водонепроницаемости строительных материалов различными методами контроля. Ознакомление с приборами, работающими на основе метода отрыва со скалыванием. Изучение особенностей использования приборов георадиолокатора и измерителя длины свай.

Автор

к. техн. наук, доц. кафедры «Технологии вяжущих веществ, бетонов и строительной керамики» Романенко Е.Ю.





Оглавление

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 ЗНАКОМСТВО С УСТРОЙСТВОМ И ПРАВИЛАМИ РАБОТЫ ПРИБОРОВ ПО ОЦЕНКЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ, ОТРЫВА СО СКАЛЫВАНИЕМ И ДР.	4
1 Водонепроницаемость бетона	4
2 Определение прочности бетона методом отрыва со скалыванием.....	16
3 Определение величины адгезии методом нормального отрыва стальных дисков	20
4 Инструментальное исследование территорий с использованием метода георадиолокационного подповерхностного зондирования-профилирования.....	22
5 Инструментальные измерения длины конструкций с использованием сейсмического метода измерения величины заглубления железобетонных (металлических) свай.	26
Контрольные вопросы	32
Литература	33

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ЗНАКОМСТВО С УСТРОЙСТВОМ И ПРАВИЛАМИ РАБОТЫ ПРИБОРОВ ПО ОЦЕНКЕ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ, ОТРЫВА СО СКАЛЫВАНИЕМ И ДР.

1 Водонепроницаемость бетона

Бетон является самым распространённым строительным материалом. Большинство сооружений, предполагающих контакт с водой, выполняют именно из бетона. Одно из важных свойств бетона является его водонепроницаемость.

Водонепроницаемость – способность бетона не пропускать воду под давлением, при этом давление повышают ступенями до достижения определенной величины. Она важна для гидротехнических сооружений, резервуаров для хранения воды.

По степени водонепроницаемости бетон подразделяют на марки W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18 и W20. Цифры 2-20 обозначают давление в кгс/см², при котором стандартные бетонные образцы диаметром и высотой 15 см не пропускают через себя воду.

Водонепроницаемость бетона определяется различными методами, а так же существуют способы увеличения водонепроницаемости бетона, добавляя специальные добавки, которые способствуют уплотнению, а так же с помощью использования специального гидрофобного цемента.

Проницаемость бетона может оцениваться коэффициентом фильтрации, K_f , см/с.

Методы определения водонепроницаемости (ГОСТ 12730.5):

- определение водонепроницаемости по "мокрому пятну" (основан на измерении максимального давления при котором через образец не просачивается вода);
- определение водонепроницаемости по коэффициенту фильтрации (основан на определении коэффициента фильтрации при постоянном давлении по измеренному количеству фильтрата и времени фильтрации);
- ускоренный метод определения коэффициента фильтрации (фильтратометром);
- ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости.

В связи с тем, что обычные методы испытания занимают



достаточно много времени (испытание бетона марки W8 «по мокрому пятну» длится около недели), на практике применяют ускоренные методы определения водонепроницаемости.

Водонепроницаемость бетона зависит, в основном, от В/Ц, вида вяжущего, а также от содержания в бетоне тонкомолотых и химических добавок, условий твердения и возраста бетона. Кроме того, на водонепроницаемость бетона влияет структура пор. Понижив В/Ц, мы уменьшаем макропористость и повышаем водонепроницаемость бетона. Это хорошо видно из рис. 1. Уменьшить В/Ц можно повышением расхода цемента при постоянном расходе воды, применением пластифицирующих добавок, в особенности суперпластификаторов, которые понижают водопотребность бетонных смесей на 20-30%.

Более высокую водонепроницаемость имеют бетоны на глиноземистом, расширяющемся, напрягающемся и высокопрочном цементах. Они присоединяют при гидратации большее количество воды и образуют более плотный цементный камень. Пуццолановый портландцемент за счет заполнения пор пуццолановыми добавками и их набухания также повышает водонепроницаемость бетонов.

Можно вводить пуццолановые добавки непосредственно в бетонную смесь.

Повышают водонепроницаемость бетона на 2-3 марки уплотняющие добавки сульфата алюминия, сульфата железа, нитрата кальция и др. Повышение степени уплотнения бетонной смеси увеличивает его водонепроницаемость. Это достигается механическими способами: вибрированием, прессованием, центрифугированием и т. д. или же удалением воды вакуумированием.

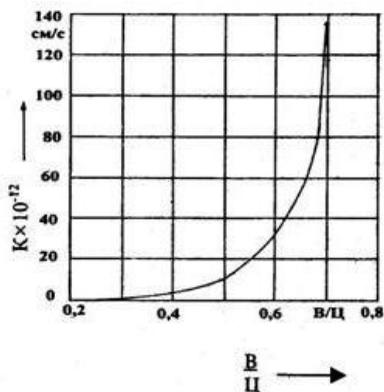


Рис. 1. Зависимость проницаемости бетона от В/Ц

С возрастом увеличивается количество гидратных новообразований, заполняющих макропоры. При этом, как видно из приведенного ниже графика (рис. 2), водонепроницаемость повышается в значительной степени.

Воздухововлекающие или газообразующие добавки изменяют характер пористости. Поры становятся закрытыми и более водонепроницаемыми для бетона, чем открытые сообщающиеся.

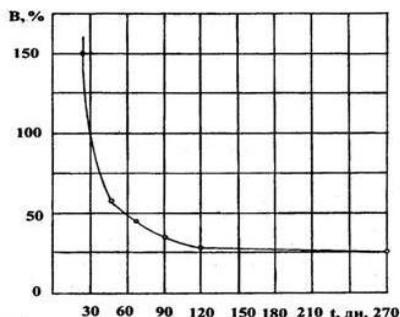


Рис. 2. Влияние возраста бетона на его водонепроницаемость В (за 100% принята водонепроницаемость в возрасте 30 суток)

Бетон с высоким коэффициентом водонепроницаемости имеет следующие преимущества:

- Нет необходимости в гидроизоляции при строительстве подвалов и заливки фундаментов даже если уровень грунтовых вод высокий. При этом, заливка стен и полов должна быть прове-

дена без швов и перерывов. Почему не сделать обычную гидроизоляцию? – потому что это достаточно дорого, кроме того, не каждая организация может сделать это грамотно.

- Бетон с высоким коэффициентом водонепроницаемости устойчив к перепадам температур. У него достаточно высокие коэффициенты морозостойкости. Такой бетон может долгое время служить верой и правдой. Это очень актуально для таких конструкций, как сваи, отмостки, и другие, в случае, когда они находятся во влажной среде.

Тем не менее есть одно «но» – такой бетон производится только высоких марок, а так как содержание цемента в нем высоко – выше и его цена. Существуют и сложности с доставкой бетона и укладкой – он быстро схватывается. Помимо этого, далеко не каждый завод сможет гарантировать Вам такое качество бетона.

Разумеется, можно использовать добавки самостоятельно, но каковы в этом случае гарантии правильности пропорций и равномерности перемешивания их в бетонной смеси? В процессе строительства этого никак и не заметить, а настоящие проблемы могут начаться после сдачи объекта.

Бетон обладает еще многими свойствами и характеристиками, но все, что нужно для индивидуального строительства, пожалуй, в этой статье изложено.

Потеря качества и свойств бетона может быть вызвана:

- При разбавлении на объекте бетонной смеси водой. Это делается для облегчения укладки бетона. Тем не менее это грубое нарушение. Лишняя вода не среагирует с цементом, ее излишки образуют микропустоты. Впоследствии, она, конечно, испаряется, но вот эти пустоты в структуре уже никуда не денутся. Прочность бетона потеряна.

- При длительном времени доставки бетона в миксере он «сваривается». Отрицательно в этом случае влияет и жаркая погода.

- При некачественном уплотнении смеси бетона. Это бывает, когда бетон укладывается без вибрирования. Как результат – пустоты в структуре конструкции, и потеря прочности (марки бетона), причем весьма существенная.

Как видно из всего изложенного – тонкостей при изготовлении бетона не так уж и мало, поэтому, прежде чем делать бетон самостоятельно, подумайте, стоит ли?

Как отмечалось ранее, марка бетонов по водонепроницаемости определяется максимальной величиной давления воды, при котором не наблюдается ее просачивания через образцы, изгото-

товленные и испытанные на водонепроницаемость согласно требованиям действующих государственных стандартов. Для бетонов конструкций, с требованиями повышенной плотности и коррозионной стойкости, а также по ограничению проницаемости, назначают марки по водонепроницаемости. Конкретные марки бетона конструкций по водонепроницаемости устанавливаются в соответствии с нормами проектирования и указываются как в стандартах и технических условиях так и в проектной документации (чертежах) на эти конструкции.

Для проведения испытаний в лабораторных условиях применяется установка УВФ-6 (рис. 3), которая имеет шесть гнезд для крепления цилиндрических обойм с шестью образцами-цилиндрами. Данная установка предназначена для испытания бетонных образцов-цилиндров на водонепроницаемость по методу «мокрого пятна». УВФ-6 можно применять в закрытых помещениях с температурой воздуха $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$... $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$ и влажностью до 80 %. Все бетонные образцы (одна серия) должны быть в проектном возрасте (28 суток). Образцы бетона не должны иметь дефектов в виде трещин или сколов. Давление воды подается на нижнюю торцевую поверхность бетонных образцов, установленных в обоймы, которые надежно закреплены в гнездах установки. Начиная со ступени в 0,2 МПа, выдерживают установленное давление на каждой ступени в течение 16 часов (для образцов высотой 15 см). Испытание длится до тех пор, пока на верхней торцевой поверхности образца не появятся признаки фильтрации воды в виде капель или мокрого пятна. Испытание останавливается и фиксируется давление, при котором образовалась мокрое пятно. Водонепроницаемость каждого образца оценивают максимальным давлением воды, при котором еще не наблюдалось ее просачивание через образец. Водонепроницаемость серии образцов оценивают максимальным давлением воды, при котором на четырех из шести образцов не наблюдалось просачивание воды. Марку бетона по водонепроницаемости принимают по табл. 3 ГОСТ 12730.5.



Рис. 3. УВФ-6 – установка для оценки водонепроницаемости и фильтрации бетона без форм

Технические характеристики:

Диапазон рабочих давлений 0-14 кг/ см².

Водоснабжение по замкнутому циклу

Установленная мощность 1 кВт

Режим работы полуавтоматический

Ток трёхфазный

Количество одновременно испытываемых образцов 6

НТД (ГОСТ): ГОСТ 12730.5-849

Масса 300 г

Размер 1250х600х1480 мм

Энергопитание 220/380 В

Кроме метода «мокрого пятна» применяется ускоренный метод определения водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости. Для проведения испытаний используют прибор типа «АГАМА-2РМ» (рис. 4). Прибор и методика испытаний гостирована (ГОСТ 12730.5, Приложение 4). В качестве образцов, кроме цилиндров, можно использовать кубы с размером ребра 15 см. Принцип работы прибора заключается в измерении времени прохождения единицы объема газа через образец-куб. При параллельных испытаниях одних и тех же серий образцов цилиндров бетона и образцов кубов бетона (в проектном возрасте) на установке УВФ-6 и приборе АГАМА-2РМ была выявлена закономерность - расхождение в показателях водонепроницаемости бетона

до марок W6 – W8 практически отсутствует или в пределах $\pm 10\%$. При увеличении марки бетона по водонепроницаемости показатели по прибору АГАМА-2РМ получаются завышенными по отношению к методу «мокрого пятна». Бетон марки по водонепроницаемости W12, определенной на установке УВФ-6, соответствовал бетону марки W16 – W18, определенной на приборе АГАМА – 2РМ. Таким образом, использование прибора АГАМА – 2РМ целесообразно на бетонах с низкой и средней маркой по водонепроницаемости, в отличие от установки УВФ-6. У прибора АГАМА - 2РМ есть и другая проблема. Эмпирически установлено, что надежность показателей достигается при температуре воздуха 20 ± 2 °С и влажности воздуха $60 \pm 5\%$.

Прибор устанавливают на поверхность испытываемого изделия через герметизирующую мастику. При перемещении поршня в камере создается разрежение, изменение которого фиксируется датчиком давления. По изменению давления определяется значение сопротивления материала проникновению воздуха. Прибор предназначен для эксплуатации на открытом воздухе и в закрытых помещениях, при температуре воздуха от 0 до 40 °С. Прибор не должен подвергаться воздействию атмосферных осадков.

В транспортной упаковке прибор можно транспортировать любым видом транспорта, кроме морского.



Рис. 4. Прибор АГАМА – 2РМ для ускоренного определения водонепроницаемости бетона

Технические характеристики:

Вакуумметрическое давление в камере прибора – не менее 0,06 МПа.

Усилие, необходимое для создания рабочего разрежения в камере – не более 300 Н.

Диапазон измерения:

сопротивления материала проникновению воздуха – от 0,1 до 999,9 с/см³.

марки бетона по водонепроницаемости – от 0 до 20.

Предел допускаемой относительной погрешности определения сопротивления материала проникновению воздуха не превышает 8%.

Цена деления отсчётного устройства – 0,1 с/см³.

Время, необходимое для полного заряда аккумуляторов – 10 часов.

Для экспресс определения водонепроницаемости бетона также могут быть использованы приборы:

1 Агама-3М – фильтратомер вакуумный для бетонных образцов с ребром 15 см (рис. 5). Предназначен для ускоренных испытаний на водонепроницаемость бетона в образцах-кубах с ребром 15 см по воздухопроницаемости по ГОСТ 12730.5, приложение 3.

Основные характеристики:

Разрежение до 0,6 ати.

Длительность испытаний 2-5 мин.

Масса 4,2 кг.

Питание от сети 220 В, 50 Гц



Рис. 5. Агама-3М – фильтратомер вакуумный для бетонных образцов с ребром 15 см

2 ВВ-2 – устройство экспрессной оценки водонепроницаемости бетона с электронным блоком (рис. 6).

Устройство ВВ-2 предназначено для определения водонепроницаемости бетона в образцах и изделиях на основе экспресс-метода оценки его воздухопроницаемости ГОСТ 12730.5, прило-

жение 4

Технические характеристики:

Начальный уровень вакууметрического давления, создаваемого внутри камеры, кгс/см² не менее 0,64

Начальное давление прижатия фланца камеры к поверхности бетона, кгс/см² не менее 0,5

Ширина фланца камеры, мм 25

Внутренний объем полости камеры, см³ 240

Диапазон показаний вакуумметра, кгс/см² от 0 до -1

Диапазон измерения, кгс/см² от -0,6 до -0,54

Масса устройства, кг 1



Рис. 6. ВВ-2 – устройство экспрессной оценки водонепроницаемости бетона с электронным блоком

3 Приборы ВИП-1.2 и ВИП-1.3 (рис. 7)

Приборы ВИП-1.2 и ВИП-1.3 предназначены для ускоренного определения водонепроницаемости бетона по величине сопротивления проникновению воздуха по ГОСТ 12730.5-84 в конструкциях, изделиях, образцах из бетона и других строительных материалов в лабораториях, заводских и построечных условиях, при обследовании зданий и сооружений.



Рис. 7. Приборы ВИП-1.2 и ВИП-1.3 для ускоренного определения водонепроницаемости бетона

Достоинства приборов:

- Единственный полностью автоматический моноблочный прибор со встроенными миниатюрными вакуумными насосами, мощным литиевым аккумулятором и электронно-измерительным блоком.
- Простота подготовки и проведения испытаний.
- Возможность использования на горизонтальных и вертикальных поверхностях, и в местах с ограниченным доступом, а также на образцах-кубах 150x150 мм и кернах $\varnothing 150$ мм.
- Эргономичное исполнение.
- Выполнен из легкосплавных материалов.
- Выпускается два варианта исполнения прибора:
 - ВИП-1.2 – однокамерное исполнение с автоматическим измерением сопротивления проникновению воздуха и водонепроницаемости бетона (патент)
 - ВИП-1.3 – двухкамерное исполнение с охранной зоной, измерением глубины образования вакуума и водонепроницаемости бетона (патент)
- Встроенное зарядное устройство.
- Возможности приборов
- Создание разряжения в камерах посредством встроенных вакуумных электронасосов.
- Регистрация процессов изменения давления в вакуумных камерах.
- Измерение сопротивления материала проникновению воздуха.

Знакомство с устройством и правилами работы приборов по оценке водонепроницаемости, отрыва со скалыванием и др.

- Определение марки бетона по его водонепроницаемости.
- Определение глубины образования вакуума (для ВИП-1.3).
- Система меню для выбора режимов работы.
- Отображение информации на графическом дисплее с подсветкой.
 - Полная архивация процессов, результатов и условий измерений, в т.ч. вида материала, времени и температуры.
 - Русский и английский язык меню и текстовых сообщений.
- USB интерфейс для связи с ПК и заряда аккумулятора.
 - Сервисная компьютерная программа
 - Перенос результатов измерений в компьютер
 - Архивация, документирование и обработка результатов
 - Экспорт результатов в Excel, текстовый формат и другие приложения

Технические характеристики

Давление в камере, МПа, не выше	0,05
Диапазон измерения сопротивления, с/см ³	0,1 ... 1000
Диапазон марок бетона по водонепроницаемости	0...20
Пределы погрешности измерения сопротивления, %, не более	±7
Пределы погрешности измерения давления, кПа	±2
Дискретность индикации:	
- давление, МПа	0,001
- сопротивления, с/см ³	0,01
Габаритные размеры, мм:	
- однокамерного исполнения ВИП-1.2 Ø145x65 / 145x76	
- двухкамерного исполнения ВИП-1.3 Ø173x80	
Масса, кг:	
- однокамерного прибора ВИП-1.2	1,2 / 1,9
- двухкамерного прибора ВИП-1.3	2,3

Прибор «ВИП-1», модификация «ВИП-1.3» (далее прибор) предназначен для ускоренного определения параметра воздухопроницаемости a материала (бетона, раствора) и сопротивления m этих материалов проникновению воздуха в образцах, изделиях и конструкциях. Применяется для оперативного контроля марки водонепроницаемости W по ГОСТ 12730.5 при технологиче-

ских процессах изготовления бетона, а также в строительстве бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатирующихся в условиях повышенной влажности или в водной среде.

С использованием в измерениях второй вакуумной камеры, в качестве охранного периметра, прибор позволяет определять глубину образования вакуума Н.

Рабочие условия эксплуатации – диапазон температур от плюс 5 °С до плюс 40 °С, относительная влажность воздуха при плюс 30 °С и ниже без конденсации влаги до 75 %, атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Принцип работы

Принцип действия прибора основан на измерении в течение определенного промежутка времени падения вакуумметрического давления $P_{\text{вак}}$, предварительно созданного в вакуумной камере прибора, полость которой имеет герметичный контакт через мастику с поверхностью испытуемого материала, с последующим автоматическим вычислением по измеряемым величинам параметров проницаемости. Падение давления в камере обусловлено фильтрацией в нее окружающего воздуха сквозь поры и дефекты материала, подвергаемого вакуумированию. Скорость изменения давления зависит от параметра воздухопроницаемости материала или обратного ему значения сопротивления m материала проникновению воздуха. Во время измерения встроенный электронный блок автоматически отслеживает измерение вакуумметрического давления и запоминает точки t этого процесса. Вычисление сопротивления материала проникновению воздуха m , $\text{с}/\text{см}^3$, производится по установленной зависимости с учетом: времени, в течение которого произошло падение вакуумметрического давления, начального значения вакуумметрического давления, конечного значения вакуумметрического давления, объема вакуумной камеры прибора. Вычисление параметра воздухопроницаемости материала a , $\text{см}^3/\text{с}$, производится по формуле.

Согласно ускоренному методу определения водонепроницаемости бетона по его воздухопроницаемости (ГОСТ 12730.5 Приложение 4) по вычисленным параметрам a и m с использованием табличных данных может быть определена марка бетона по водонепроницаемости W .

Кроме этого, прибор позволяет получать и использовать градуировочные зависимости $W \sim m$ для материалов заказчика, либо уточнить данные по бетону, если они будут расходиться с результатами испытания на водонепроницаемость методом «мокрого пятна» более чем на одну марку. Для определения марки

материала по водонепроницаемости в приборе используется градуировочная зависимость. В связи с тем, фактическая величина вакуумметрического давления $P_{\text{вак}}$ зависит от атмосферного давления $P_{\text{атм}}$, которое является не постоянной величиной, все расчеты в приборе ведутся с использованием значений абсолютного давления $P_{\text{абс}}$. Конструктивной особенностью данного прибора является наличие второй (внешней) вакуумной камеры, которая используется в измерениях в качестве охранного периметра. Во время проведения испытания электронный блок прибора следит за тем, чтобы давление во внешней (охранной) камере $P_{\text{абс охр}}$ соответствовало давлению в измерительной камере $P_{\text{абс изм}}$. Такая схема проведения испытания позволяет определять глубину образования вакуума H , см – параметр, характеризующий проницаемость конструкции.

2 Определение прочности бетона методом отрыва со скалыванием

Отличительной особенностью метода отрыва со скалыванием является то, что он применяется не только для определения прочностных характеристик бетона, но и служит для корректировки калибровочных коэффициентов приборов ультразвуковых и ударно-импульсных.

1 ОНИКС-ОС – измеритель прочности бетона отрывом со скалыванием (рис. 8).



Рис. 8. Измеритель прочности бетона методом отрыва со скалыванием «ОНИКС – ОС»

Предназначен для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Применяется в особо ответственных случаях при обследовании железобетонных конструкций и сооружений, а также для корректировки калибро-

вочных коэффициентов ультразвуковых (ПУЛЬСАР-1.1) и ударно-импульсных приборов (ОНИКС-2.5).

В отличие от аналогов, он выполнен в виде микропроцессорного устройства (МПУ) и портативного гидравлического пресса с пространственной самоустановкой оси вырыва и механизмом защиты от проскальзывания анкера, что позволило существенно улучшить метрологические и эксплуатационные характеристики.

Основные функции:

Микропроцессорное устройство обеспечивает полный контроль процессов нагружения и измерения в реальном времени:

- индикацию положения анкера и скорости изменения усилия;
- фиксацию момента отрыва от фрагмента;
- вычисление прочности бетона и регистрацию результатов;
- ориентацию по виду и возрасту бетона, типоразмеру анкера, влажности и условиям твердения.

Особенности

- автоматическая адаптация к рельефу поверхности;
- самоустановка оси вырыва;
- минимальные массогабаритные показатели (пресс выполнен из титана);
- портативность;
- память результатов и условий выполнения 1000 измерений;
- полноценное представление информации на графическом дисплее с подсветкой.

Технические характеристики

- Усилие вырыва анкера, кН:
 - ОНИКС-ОС-30: 30
 - ОНИКС-ОС-50: 50
- Диапазон измерения прочности, МПа: 5-100
- Предел погрешности, %: 2
- Размеры анкера (тип II по ГОСТ), мм: d16x35, d24x48
- Габаритные размеры пресса / МПУ, мм: 218x90x170/145x70x25
- Полная масса пресса / МПУ, кг : 3,5/0,12
- Базовое расстояние от опор до оси, мм: ±100, ±70

2 ПОС-50МГ4 Д - измеритель прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием (рис. 9).

Приборы предназначены для неразрушающего контроля

прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. ПОС-50МГ4Д оснащен датчиком перемещения и имеет функцию автоматической корректировки прочности.

Область применения приборов – определение прочности бетона на объектах строительства, при обследовании зданий и сооружений, а также для уточнения градуировочных характеристик ударно-импульсных и ультразвуковых приборов, в соответствии с Приложением №9 ГОСТ 22690.

Отличительной особенностью приборов является электронный силоизмеритель, обеспечивающий индикацию текущего значения приложенной нагрузки с фиксацией максимального значения, а также индикацию скорости нагружения в процессе испытаний.

С целью повышения точности и удобства эксплуатации в приборах предусмотрена возможность установки следующих параметров: вида бетона (тяжелый/легкий), вида твердения (нормальное/ТВО), предполагаемой прочности бетона (<50МПа/>50МПа), типоразмера анкера. Выбор параметров осуществляется с клавиатуры приборов, при этом обеспечивается выбор коэффициентов для автоматического вычисления прочности бетона по результатам нагружения (вырыва фрагмента бетона).



Рис. 9. Измеритель прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием ПОС-50МГ4 Д

Приборы оснащены энергонезависимой памятью 99 результатов измерений и имеют режимы установления индивидуальных

градуировочных зависимостей и передачи данных на ПК. Занесенные в память приборов результаты измерения маркируются типом контролируемого изделия, датой и временем измерения. Индикация цифровая в кН и МПа.

3 ПОС-50МГ4 - измеритель прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием (рис. 10).



Рис. 10. Измеритель прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием ПОС-50МГ4

Приборы предназначены для неразрушающего контроля прочности бетона методом отрыва со скалыванием и методом отрыва стальных дисков по ГОСТ 22690. ПОС-50МГ4Д оснащен датчиком перемещения и имеет функцию автоматической корректировки прочности.

Прибор ПОС-50МГ4«Скол» комплектуется сменными насадками, обеспечивающими испытание бетона как методом отрыва со скалыванием, так и методом скалывания ребра. Время подготовки к работе не более 5 минут.

Область применения приборов – определение прочности бетона на объектах строительства, при обследовании зданий и сооружений, а также для уточнения градуировочных характеристик ударно-импульсных и ультразвуковых приборов, в соответствии с Приложением № 9 ГОСТ 22690.

Отличительной особенностью приборов являются устройство для измерения величины проскальзывания анкера и электронный силоизмеритель, обеспечивающий индикацию текущей нагрузки и скорости нагружения с фиксацией максимального значения.

С целью повышения точности и производительности контроля в приборах, в зависимости от метода испытаний, преду-

смотрена возможность установки следующих параметров: вида бетона (тяжелый/легкий), вида твердения (нормальное/ТВО), типа контролируемого изделия, типоразмера анкера, крупности заполнителя (для ПОС-50МГ4 «Скол»). Ввод параметров осуществляется в диалоговом режиме с клавиатуры приборов, при этом обеспечивается выбор коэффициентов для автоматического вычисления прочности бетона по результатам нагружения (нагрузка при скалывании ребра или вырыве фрагмента бетона).

Приборы имеют энергонезависимую память 99 результатов измерений каждым из методов, режимы, обеспечивающие установление 10 индивидуальных градуировочных зависимостей (для каждого из методов). Занесенные в память прибора результаты измерения маркируются типом контролируемого изделия, датой и временем измерения. Приборы имеют режим передачи данных на ПК. Индикация результата цифровая, в кН и МПа.

На аналогичном принципе действия устроены приборы ОНИКС-1.ОС.050, ОНИКС-1.ОС.100 и пр., выбор которых для использования в конкретных условиях производства должен основываться на экономической целесообразности, допустимых размеров анкерного устройства, требуемых диапазонов измерения нагрузки и пределов допускаемой основной и относительной погрешности при измерении нагрузки, установленных в НТД.

3 Определение величины адгезии методом нормального отрыва стальных дисков

ПСО-10МГ4 – измеритель адгезии методом нормального отрыва стальных дисков по ГОСТ 28089, 28574 (рис. 11).

Приборы ПСО-2,5МГ4, ПСО-5МГ4 и ПСО-10МГ4 предназначены для измерения прочности сцепления керамической плитки, фактурных покрытий, штукатурки, защитных, лакокрасочных покрытий с основанием методом нормального отрыва стальных дисков (пластин) по ГОСТ 28089, 28574 и др.

Область применения приборов – определение прочности сцепления облицовочных и защитных покрытий с основанием на объектах строительства, предприятиях стройиндустрии, в мебельном, деревообрабатывающем и лакокрасочном производстве, при обследовании и реконструкции зданий и сооружений.

Отличительной особенностью приборов является электронный силоизмеритель, обеспечивающий индикацию текущего значения приложенной нагрузки с фиксацией максимального значения, а также индикацию скорости нагружения в процессе испытаний.



Рис. 11. Измеритель адгезии методом нормального отрыва стальных дисков ПСО-10МГ4

С целью повышения точности и удобства эксплуатации в приборах предусмотрена возможность выбора размеров приклеиваемых стальных дисков (пластин) с клавиатуры приборов, при этом обеспечивается автоматическое вычисление прочности сцепления по результатам нагружения (отрыва стального диска).

Приборы оснащены энергонезависимой памятью 100 результатов измерений. Индикация цифровая в кН и МПа.

Приборы могут комплектоваться насадками для испытания кровельных мастик и клеевых соединений по ГОСТ 26589, 14760 и 24064.

4 Инструментальное исследование территорий с использованием метода георадиолокационного подповерхностного зондирования-профилирования.

Георадиолокатор (георадар) ОКО – 2 (рис. 12).

Радиолокационный прибор подповерхностного зондирования (в общепринятой терминологии – георадар) позволяет строить геологические разрезы, определять положение УГВ, выявлять оползневые зоны (АБ-150), осуществлять поиск инженерных коммуникаций (АБ-400), определять качество и состояние бетонных конструкций (АБ-1700)



Рис. 12. Георадиолокатор (георадар) ОКО – 2 с антенными блоками

Методика проведения обследования

На этапе инструментального обследования решаются следующие задачи:

- локализация участков обследования;
- георадиолокационная съемка исследуемых участков территории по намеченным профилям;
- камеральная обработка и анализ результатов изысканий.

Георадиолокационный метод основан на явлении отраже-

ния электромагнитной волны от поверхностей, на которых скачкообразно изменяются электрические свойства контактирующих тел -электропроводность (σ_z) и диэлектрическая проницаемость ($\epsilon_{отн}$). Электромагнитная волна, падающая на такую поверхность, порождает вторичную волну, распространяющуюся в направлении, противоположном направлению распространения падающей волны. Имеется два вида волн этого типа. К первому типу относятся собственно отраженные волны, образующиеся в случае, когда поверхность раздела является плоской или квазиплоской, т.е. размеры ее не ограничены. Примером такой поверхности является граница между слоями с различными диэлектрическими свойствами. Ко второму типу относятся волны, возникающие на контактной поверхности, один или все размеры которой сравнимы с пространственной длительностью падающего на объект импульса электромагнитной волны. Примерами поверхностей рассматриваемого типа являются трубы, расположенные в грунте (их длины много больше диаметра), захороненные металлические предметы, электрические кабели, локальные неоднородности в грунте, подземные полости и т.д. (рис. 13).

Волны второго типа называются дифрагированными. Интенсивность дифрагированных волн зависит от формы и площади контактной поверхности, контраста электрических свойств контактирующих тел и длительности зондирующего электромагнитного импульса t . Величина t является фундаментальным параметром георадарного зондирования, определяющим глубинность, разрешающую способность и величину мертвой зоны - размер области, внутри которой невозможно выделить объекты, порождающие вторичные волны.

Диэлектрическая проницаемость ($\epsilon_{отн}$), а, следовательно, и скорость распространения электромагнитных волн (v) главным образом определяются влагонасыщенностью грунтов и в меньшей степени зависят от частоты f и литологического состава этих грунтов.

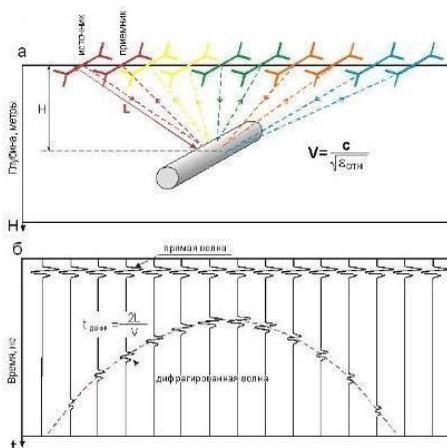


Рис. 13. Схема образования дифрагированной электромагнитной волны от трубы

Основной величиной, измеряемой при георадарных исследованиях, является время пробега электромагнитной волны (t) от источника возбуждения – передающей антенны - до отражающего или дифрагирующего объекта и от этих объектов до приемной антенны.

Для практической реализации георадарных исследований необходимы источник импульсного типа и приемник, осуществляющий прием и запись колебаний в цифровом или аналоговом виде. Источник представляет собой генератор (передатчик) электрических импульсов типа затухающей синусоиды с частотой f , которая может меняться в интервале 50-2500 МГц, а частота посылки импульсов (F) – в пределах 10-100 кГц. Потребляемая мощность генератора варьирует от единиц до сотен Вт. Блок приема включает в себя собственно приемник, стробоскоп, преобразователь аналоговых сигналов в цифровую форму, код, регистратор цифровых данных – компьютер типа «ноутбук».

Использование георадара связано с его перемещением вдоль профиля.

Волновое поле, регистрируемое в последовательных точках профиля,

визуализируется в виде радарограммы – набора трасс в координатах t, L , где L – расстояние по профилю.

Обработка волновой картины по специальному алгоритму позволяет получить изображения, приближенные к тем или иным

геологическим или другим объектам (скрытые коммуникации, слои литологических разностей, уровень грунтовых вод, различные предметы).

На рис. 14 показан пример георадарного профильного зондирования металлической трубы.

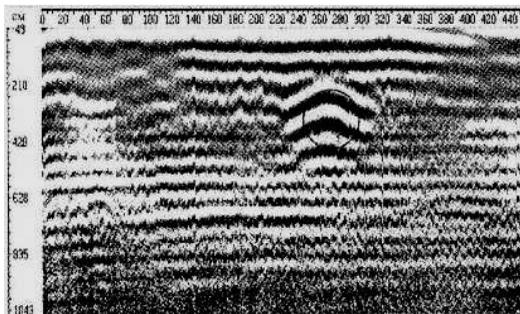


Рис. 14. Зондирование металлической трубы в глинистом грунте

Георадиолокационное подповерхностное зондирование (ГПЗ) применяется в различных областях инженерной геологии.

При геотехнических и геоэкологических работах ГПЗ используется для:

- 1) обнаружения под землей и водой металлических и диэлектрических предметов, теплотрасс, кабелей, трубопроводов,
- 2) дефектоскопии подземных строительных конструкций,
- 3) изучения мест утечек нефтепроводов, геохимических загрязнений промышленных и сельскохозяйственных производств и т.д.

К несомненным достоинствам ГПЗ следует отнести то, что диаграммы направленности антенн георадара рассчитаны на изучение разреза непосредственно под точкой зондирования. Это позволяет успешно использовать метод в условиях пересеченного рельефа. Факторы, резко снижающие глубинность исследований ГПЗ - наличие в приповерхностных слоях обводненных глин, перекрывающих нижележащие слои осадков, а также повышенная минерализация воды в обследуемых водоемах. Поэтому, если в пресных водоемах и песках без примеси глинистой фракции глубинность изучения разреза достигает десятков метров, то в акваториях с повышенной минерализацией воды и в разрезах, содержащих слои глины, глубинность резко уменьшается.

5 Инструментальные измерения длины конструкций с использованием сейсмического метода измерения величины заглубления железобетонных (металлических) свай.

Для определения длины заглубленных конструкций, определения их целостности и сплошности, а также наличия и характера расположения в теле конструкции трещин целесообразно использовать приборы, работающие на принципе сейсмического метода. Одним из таких приборов является ИДС-1.

Прибор предназначен для:

- определения глубины свай и локализации дефектов (деформации профиля поперечного сечения сваи, трещин) в свае, забитой в различные грунты;
- использования в качестве высокочастотной двухканальной сейсмической станции;
- использования в качестве сонара.



Рис. 15. Измеритель длины свай ИДС-1

Измеритель длины свай «ИДС – 1» (прибор для измерения длины свай) – высокочастотная двухканальная сейсмическая станция. При измерениях использована частота квантования – 96 кГц и рабочая полоса частот – 2 кГц. Динамический диапазон – 100 дБ, полный динамический диапазон – 140 дБ, эффективное напряжение шумов – 0,9 мкВ, коэффициент нелинейных искажений – не более 0,01%.

Краткие сведения о сейсмическом методе измерения величины заглубления железобетонных и металлических свай
 Сейсмический метод измерения величины заглубления же-

лезобетонных и металлических свай основан на измерении интервала времени между моментом излучения упругой продольной волны в железобетонной (металлической) свае и моментом прихода отраженной волны. Продольная упругая волна излучается молотком. Величина заглубления железобетонной (металлической) сваи вычисляется, исходя из измеренного интервала времени. При этом скорость продольной волны упругих колебаний в железобетонной (металлической) свае, считается известной (ее можно рассчитать по формуле, измерить прибором, или откалибровать прибор по известной свае).

Отраженная продольная упругая волна возникает в местах изменения механического импеданса (механический импеданс пропорционален скорости продольной упругой волны в железобетонной или металлической свае и площади поперечного сечения этой сваи). Таким образом, если считать железобетонную или металлическую сваю однородной (т.е. скорость постоянна) там, где происходит изменение профиля сваи или имеется дефект в ее теле, происходит отражение упругой продольной волны. И чем резче это изменение (дефект), тем больше коэффициент отражения упругой продольной волны и тем заметней отклик на экране электронного блока прибора. Сейсмоприемник закрепляется на конце железобетонной или металлической сваи, включается режим регистрации и производится механическое воздействие молотком вдоль оси железобетонной (металлической) сваи для возбуждения продольной упругой волны (рис. 16).

Упругая продольная волна, отражаясь от конца железобетонной (металлической) сваи, возвращается к сейсмоприемнику прибора.

Измеритель (ИДС - 1) производит регистрацию отраженного упругого продольного сигнала, по которому осуществляется измерение времени между начальным воздействием и отраженной упругой продольной волной.

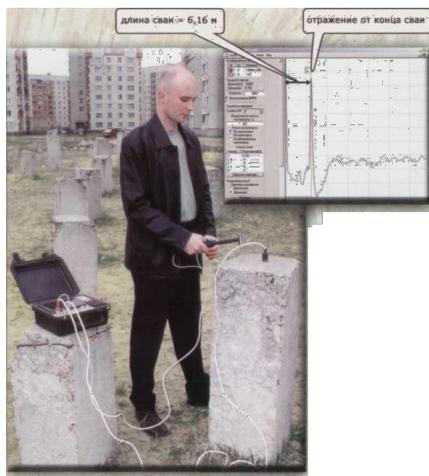


Рис. 16. Излучение продольной упругой волны

Определение величины заглубления железобетонных и металлических свай (L) производится в следующей последовательности:

- 1) производится определение промежутка времени между начальным воздействием и откликом, полученным от нижней границы сваи (характерные максимумы на графике);
- 2) вычисляется длина железобетонной (металлической) сваи по формуле (1):

$$L = \frac{\Delta t * V}{2} \quad (1)$$

где Δt – промежуток времени между начальным воздействием и откликом, полученным от нижней границы в первом канале (рис. 17), сек;

V – скорость распространения продольной упругой волны в среде, м/сек (табличное значение скорости в бетоне 3600 м/сек, в металле 5100 м/сек).

Скорость распространения продольной упругой волны в среде может быть задана оператором или определяться по формуле (2):

$$V = \frac{S}{|t_2 - t_1|} \quad (2)$$

где S – расстояние между сейсмоприемниками, м;
 $|t_2 - t_1|$ – модуль разности времени начала воздействия между двумя каналами, сек.

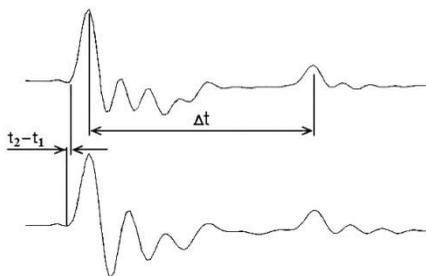


Рис. 17. Сейсмограмма

Точность вычисления обусловлена периодом квантования, который определяется по формуле (3):

$$T_{\text{кв}} = 1 / F_{\text{д}} [1/\text{кГц}], \quad (3)$$

где $T_{\text{кв}}$ – период квантования, мсек;

$F_{\text{д}}$ – частота дискретизации, кГц.

Использование прибора – Измерителя длины свай «ИДС-1» требует обязательного отсутствия посторонних сейсмических волн, т. е. помех.

Данные измерений геофизических параметров (сейсмических характеристик), полученные с помощью Измерителя длины свай «ИДС-1» посредством программы «SI», представляются в графическом виде, и на их основании формируется отчёт.

Программа «SI» реализует следующие функции:

- установка связи с Измерителем длины свай «ИДС-1»;
- работа с файлами на Измерителе длины свай «ИДС-1» и на персональной электронно-вычислительной машине;
- конвертирование файлов измерений с расширением *.DDB в файлы с расширением *.SGY;
- представление файла измерений в графическом виде;
- выполнение обработки файла измерений (получение спектра, временно-амплитудная регулировка усиления и построе-

ние автокорреляционной функции);

- формирование отчёта.

К несомненным достоинствам сейсмического метода измерения величины заглубления железобетонных и металлических свай с использованием прибора – Измерителя длины свай «ИДС-1» следует отнести то, что он позволяет определить такие дефекты в свае, как утолщение/утончение профиля сваи, трещины. Так же можно примерно определить продольный размер дефекта. Поперечный размер дефекта определяется качественно. Картина, получающаяся при работе с прибором, показана на рис. 18.

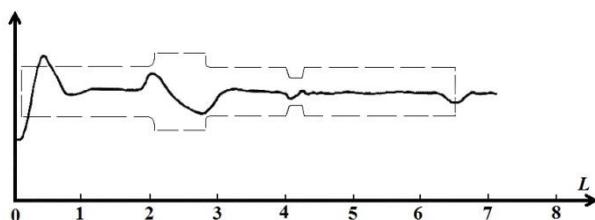


Рис. 18. Определение дефектов в свае

Максимальная длина железобетонных (металлических) свай, измеренная прибором – Измеритель длины свай «ИДС-1», составляет 25-30 м (в зависимости от плотности грунта – чем плотнее грунт, тем меньше длина).

Другим прибором, позволяющим определять длину заглубленных конструкций и одновременно осуществлять функции сейсмостанции, является прибор СПЕКТР-2.0.34



Рис. 19. Прибор диагностики свай «СПЕКТР - 2.0»

Работа прибора основана на спектральном анализе собственных частот свай. Колебания возбуждаются с помощью удара молотка. Длины вычисляются на интересующих частотах при известной скорости распространения упругих колебаний в теле сваи.

Основанная обработка экспериментальных данных производится в компьютерной программе. Компьютерная программа «СПЕКТР-2.0» позволяет автоматизировать вычисления при анализе сигнала и спектра («Обработка/измерение длины» или из контекстного меню графиков «Сигнал» и «Спектр»). Расчет проводится на основе установленных точек на графиках «Сигнал» или «Спектр».

Контрольные вопросы

- 1 Как определяется и чем характеризуется водонепроницаемость бетона?
- 2 Перечислите методы определения водонепроницаемости.
- 3 Как определить водонепроницаемость на установке УФФ-6?
- 4 При помощи каких приборов можно провести ускоренные испытания водонепроницаемости бетона строительных конструкций?
- 5 Как и с использованием каких приборов реализуется метод отрыва со скалыванием?
- 6 Для чего используется прибор георадар «Око-2»?
- 7 Как и чем определяется длины свай?

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 12730.5-78. «Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости».

2. ГОСТ 22690-88. «Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля».

3. ГОСТ 28089-89. «Конструкции строительные стеновые. Метод определения прочности сцепления облицовочных плиток с основанием».

4. ГОСТ 28574-90. «Защита от коррозии в строительстве. Конструкции бетонные и железобетонные. Методы испытаний адгезии защитных покрытий».

5. ГОСТ 26589-94. «Мастики кровельные и гидроизоляционные. Методы испытаний».

6. ГОСТ 14760-69 «Клеи. Метод определения прочности при отрыве».

7. ГОСТ 24064-80. «Мастики клеящие каучуковые. Технические условия».

8. Ткаченко Г. А. Нормативно-техническое обеспечение и управление качеством в промышленности строительных материалов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению «Строительство»; Ростов н/Д: Ростовский государственный строительный университет, 2003.

9. Электронная библиотечная система: www.znaniium.com.

10. Электронная библиотечная система РГСУ: <http://lib.rgsu.ru/MegaPro/Web>.

11. Комплект лазерных дисков с примерами испытаний конструкций неразрушающими методами.

12. Проспекты на приборы и системы контроля качества.