



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Геодезия»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к практическим работам
по дисциплине
«МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ»

Ростов-на-Дону
2023

УДК 624.01: 620.179 (075.8)

Составители: О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе

Методические указания к практическим работам по дисциплине
«Методы неразрушающего контроля» / сост. О.А. Губеладзе, А.Р. Губеладзе. – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2023. - 17 с.

Рассмотрены вопросы, связанные с изучением приборов, приобретением навыков практической работы с ними при диагностике зданий и сооружений. Предназначены для обучающихся по направлению подготовки 21.04.03 "Геодезия и дистанционное зондирование".

УДК 624.01: 620.179 (075.8)

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Геодезия»
канд. техн. наук, доцент М.А. Николенко

В печать 28.04.2023 г.
Формат 60×84/16. Объем 1,1 усл. п. л.
Тираж 50 экз. Заказ № 713

Издательский центр ДГТУ
Адрес университета и полиграфического предприятия:
344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный
технический университет, 2023

ЗАДАНИЕ №1
Работа с бесконтактным ИК-термометром
(пирометр Sight MS)

Цель работы: привить навыки работы с прибором теплового неразрушающего контроля при мониторинге здания (сооружения).

Область применения:

- выявление и распознавание дефектов в строительных конструкциях;
- определение плотности теплового потока через ограждающие конструкции;
- определение коэффициента теплообмена наружных поверхностей;
- определение коэффициента теплопередачи и приведенного термического сопротивления;
- выявление зон повышенных теплопотерь;
- оценка энергоэффективности наружных ограждающих конструкций.

На рисунке 1.1 представлен общий вид прибора.



Рисунок 1.1 - Общий вид прибора

Конструкция прибора

1. Переключатель °C/°F находится в батарейном отсеке.
2. В режиме измерения кнопки «Вверх»/«Вниз» позволяют

отрегулировать коэффициент излучения.

3. В режиме фиксации кнопка «Вверх» включает или выключает лазерный указатель, кнопка «Вниз» включает или выключает подсветку прибора.

4. Для настройки высокого порогового значения сигнала тревоги (HAL), низкого порогового значения сигнала тревоги (LAL-LOW) и коэффициента излучения (EMS) следует нажать кнопку «MODE» до момента появления на экране соответствующего индикатора, нажать кнопку «Вверх»/«Вниз» для выбора требуемого значения.

Таблица 1.1 - Технические характеристики прибора

Модификации	модель MS
Диапазон измерения	-32 ... +420 °C
Спектральный диапазон	8...14мкм
Оптическое разрешение, D:	20:1
Основная погрешность измерения (при окружающей $t^{\circ} = 23 \pm 5^{\circ}\text{C}$)	$\pm 1\%$ или $\pm 1^{\circ}\text{C}$ от 0 до 420 °C
	$\pm(1^{\circ}\text{C} \pm 0,07^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C})$ от 0 до -32 °C
Разрешение по температуре	0,2 °C
Время отклика	300 мс
Функции	
Дополнительные возможности	USB интерфейс
Разъем под штатив	да
Подсветка	да
Питание	9 В
Срок работы батареек	20 часов с лазером и 50 % подсветкой
Диапазон влажности окружающего воздуха	10 ... 95 %
Рабочая температура окружающей среды	0 ... 50 °C
Масса/Габаритные размеры	150 г / 190 x 38 x 45 мм

Работа прибора

РЕЖИМ MODE. После нажатия кнопки «Mode» появляется доступ к настройкам режимов EMS, блокировки (Lock), HAL, LOW. При каждом нажатии кнопки включается очередной режим (по кругу). На рисунке

представлена схема смены режимов настройки прибора.

Настройка коэффициента излучения выполняется в диапазоне значений 0,1 - 1,0. Режим блокировки (Lock) удобен при непрерывном измерении температуры. Нажать кнопку «Вверх» или «Вниз» для включения или выключения указанного режима. Нажать рычаг спускового механизма для непрерывного измерения температуры (режим Lock).

На экране прибора отображается текущая измеренная температура до очередного нажатия рычага спускового механизма. В режиме блокировки нажать кнопку «Вверх» или «Вниз» для настройки коэффициента излучения, включения или выключения режимов HAL, LOW. Для подтверждения выбора режимов HAL, LOW нажать рычаг спускового механизма. Диапазон регулировок пороговых значений температур следующий: - 50 до 1000°C (- 58 до 1832 °F).

ПРОЦЕСС ИЗМЕРЕНИЯ

1. Удерживая прибор за рукоятку, навести его на измеряемую поверхность.

2. Нажать и удерживать рычаг спускового механизма, чтобы включить прибор и выполнить измерение. Если элемент питания находится в хорошем состоянии, включается индикация прибора. В противном случае, требуется его заменить.

3. Отпустить рычаг спускового механизма, на ЖК-экране включается индикатор «HOLD» (Фиксация данных). Измеренные показания запомнены.

Для включения/выключения лазерного указателя нажать в режиме «HOLD» кнопку «UP» (Вверх). Нажать кнопку «DOWN» (Вниз) для включения и выключения подсветки экрана прибора.

4. Прибор автоматически выключается примерно через 7 секунд после отпускания рычага спускового механизма (если выключена блокировка прибора).

Примечание: Удерживая прибор за рукоятку, направить инфракрасный

датчик на объект измерения. Прибор автоматически вводит поправку, учитывающую влияние температуры окружающей среды. Следует помнить, что после измерения высоких температур (или в условиях высоких температур) требуется подождать как минимум 30 минут перед измерением объектов со средними и низкими температурами. И, наоборот, необходимо подождать несколько минут после проведения измерений низких температур перед измерением высоких температур. Эта особенность связана с процессом охлаждения инфракрасного датчика прибора.

Порядок выполнения работы

В ходе работы требуется определить температуру ($t^{\circ}\text{C}$) воздуха при помощи бесконтактного ИК-термометра в различных точках внутренней поверхности ограждающей конструкции (рис. 1.2), определить температурное поле по толщине стены (рис. 1.3) и приведенный коэффициент термического сопротивления по формуле

$$R_{np} = \Sigma F_i / \Sigma (F_i / R_i), \quad (1.1)$$

где F – площадь участка поверхности вокруг измеряемой точки;

R_i - термическое сопротивление в измеряемой точке.

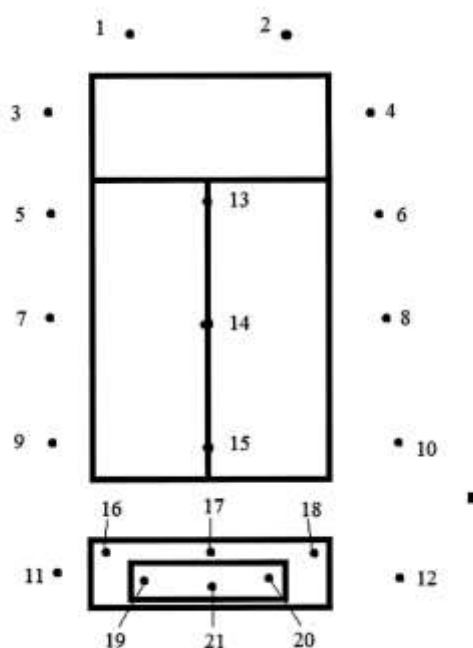


Рисунок 1.2 - Измерение температуры воздуха при помощи бесконтактного ИК-термометра

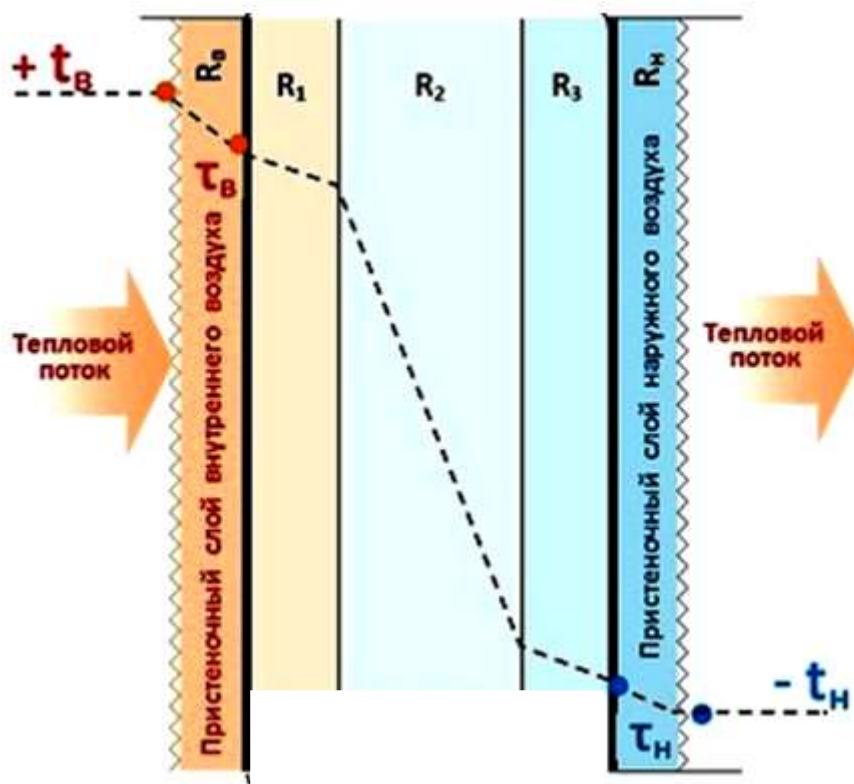


Рисунок 1.3 - Определение температурного поля по толщине стены

В заключении сделать вывод о энергоэффективности наружной ограждающей конструкции.

ЗАДАНИЕ №2

Определение прочности материала ограждающей конструкции (Beton Pro CONDROL)

Цель работы: привить навыки работы с прибором определяющем прочность материала ограждающей конструкции при мониторинге здания (сооружения).

Область применения:

- прибор предназначен для определения прочности бетона неразрушающим ударно-импульсным методом при контроле качества, обследовании сооружений и конструкций;

- прибор применим для определения прочности, однородности и пластичности различных строительных материалов в процессе их производства и применения, а также при обследовании элементов конструкций и сооружений.

Таблица 2.1 - Технические характеристики прибора

Диапазон измерения прочности	3,5-100 мПа
Погрешность	7%
Дискретность индикации прочности	0 1 мПа
Питание прибора	(2 элемента aalr6) 2,5±0,5 В
Потребляемый ток, не более:	
- в режиме просмотра	10 мА
- в режиме измерения	22 мА
- в режиме просмотра с подсветкой	32 мА
Время непрерывной работы прибора без замены элементов питания (без подсветки), не менее	30 часов
Габаритные размеры:	
- электронный блок	170x75x35 мм
- датчик	175x170x30 мм
Масса, не более:	
- электронный блок	0,22 кг
- датчик	0.85 кг
Количество записей:	
- промежуточных значений	2048
- усредненных значений	999

Состав изделия: конструктивно прибор «beton pro condtrol» выполнен в виде двух блоков (рис.2.1):

- электронный блок (1);
- датчик (2).



Рисунок 2.1 - Общий вид прибора

Порядок выполнения работы:

Расположить датчик таким образом, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно испытуемой поверхности. Датчик должен опираться на 3 точки взводного механизма.

После установки датчика необходимо приложить усилие для взвода механизма вплоть до опорных точек. Усилие должно быть таким, чтобы во время удара бойка не происходило отрыва опорных точек от поверхности изделия.

Результат высвечивается на индикаторе и хранится в памяти прибора для дальнейшей обработки

После выполнения установленного количества замеров или нажатия кнопки производится автоматическая обработка результата.

Обработка результата включает:

- усреднение промежуточных результатов измерений
- отбраковку в соответствии с выбранным критерием
- усреднение оставшихся после отбраковки измерений.

Результаты измерений представить в виде таблицы. В заключении сделать вывод о соответствии данного материала установленным требованиям.

ЗАДАНИЕ №3

Определение глубины трещин в бетоне ультразвуковым методом (Ультразвуковой тестер УК 1401)

Цель работы: привить навыки работы с прибором определяющим глубину трещин в бетоне ультразвуковым методом.

Ультразвуковые тестеры УК1401 предназначены для измерений времени и скорости распространения продольных ультразвуковых (УЗ) волн в твердых материалах при поверхностном прозвучивании на фиксированной базе с целью определения прочности и целостности материалов и конструкций.

Основные области применения приборов:

- определение прочности бетона по скорости ультразвука;
- определение прочности бетона в эксплуатируемых и строящихся сооружениях;
- оценка несущей способности бетонных опор и столбов из центрифугированного бетона через отношение скоростей распространения ультразвука в направлениях вдоль и поперек оси опоры;
- поиск приповерхностных дефектов в бетонных сооружениях по аномальному уменьшению скорости или увеличению времени распространения ультразвука в дефектном месте по сравнению с областями без дефектов;
- оценка глубины трещин, выходящих на поверхность бетона или камня;
- оценка пористости и трещиноватости горных пород, степени анизотропии и текстуры композитных материалов;
- оценка сходства или различия упругих свойств материалов или образцов одного материала друг от друга, а также возраста материала при условии изменения его свойств от времени.

Технические характеристики прибора представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1- Технические характеристики прибора

Наименование параметра	Значение
Диапазон юстировки задержки, мкс	от 2 до 20
Рабочая частота, кГц	50
База измерений, мм	150±1
Дискретность индикации времени распространения ультразвуковых волн, мкс	0,1
Дискретность индикации скорости распространения ультразвуковых волн, м/с	10
Диапазон измерений времени распространения продольных	от 25 до 100
Диапазон измерений скорости распространения продольных	от 1 500 до 6 000
Напряжения питания, В	от 3 до 5
Продолжительность непрерывной работы, ч: с выключенной подсветкой дисплея	100
	15
Габаритные размеры прибора, мм	199x120x34
Масса прибора, г	не более 350
Средняя наработка на отказ, ч	18 000

Устройство прибора

Прибор представляет собой электронный блок (рис. 3.1), смонтированный в пластмассовом корпусе, на боковой стороне которого жестко установлены два ультразвуковых преобразователя - передающий и приемный.

УЗ преобразователи снабжены коническими протекторами, в вершинах которых закреплены износоустойчивые керамические наконечники. В верхней

части лицевой панели электронного блока расположен жидкокристаллический дисплей с подсветкой, на котором отображаются результаты измерений и служебная информация, необходимая для управления прибором. Под дисплеем находится пленочная клавиатура управления. На верхней торцевой стенке электронного блока расположено окно инфракрасного (ИК) канала для связи с персональным компьютером (ПК). ИК канал используется для передачи записанных в тестере данных на ПК для их последующего анализа.



Рисунок 3.1 - Общий вид прибора

Работа прибора основана на измерении интервала времени, за который УЗ импульс проходит по объекту контроля от передающего преобразователя к приемному. Скорость ультразвука определяется путем деления расстояния между точками излучения и приема УЗ колебаний, на измеренное время. Для повышения достоверности измерений излучение и прием УЗ импульса периодически повторяются. На дисплей выводится величина, полученная в результате обработки нескольких принятых подряд УЗ сигналов.

Прибор может работать в следующих режимах:

В режиме измерений без записи результатов прибор позволяет проводить измерения времени или скорости распространения УЗ волн в материале.

В режиме измерений с записью результатов прибор обеспечивает все возможности режима без записи, но дополнительно позволяет записывать результаты измерений в память прибора, просматривать их на экране и выполнять коррекцию записей, проводя повторные измерения с записью данных в корректируемые ячейки.

В режиме измерений длительности переднего фронта сигнала происходит измерение интервала времени от первого превышения сигналом порога, автоматически установленного по пикам шума, до момента времени, когда первая полуволна сигнала достигнет максимума.

Режим настройки используется для следующих операций:

- выбор режима работы прибора;
- включение/выключение звуковой индикации;
- включение/выключение связи с ПК;
- вывод записанных результатов измерений на ПК;
- очистка памяти прибора;
- изменение частоты повторения зондирующих импульсов;
- включение/выключение автоматической регулировки усиления приемного тракта (APУ);
- контроль температуры внутри прибора;
- выбор системы единиц измерения.

В режиме измерений глубины трещины прибор позволяет выполнять измерения глубин трещин, выходящих на поверхность.

В левом нижнем углу дисплея (рис. 3.2) индицируются интервалы времени распространения ультразвука при наличии трещины, пересекающей путь распространения сигнала между ультразвуковыми преобразователями - слева и при отсутствии трещины в материале - справа (базовое).



Рисунок 3.2 - Вид экрана в режиме измерений глубины трещины

В данном режиме можно определить глубину трещины, выходящей на поверхность. Для этого следует измерить время прохождения ультразвука по сплошному материалу около трещины (рис. 3.3,а), а затем время прохождения сигнала через трещину (рис. 3.3,б). Прибор выполнит необходимые расчеты и на экране появится значение глубины трещины.



Рисунок 3.3 - Измерение времени прохождения ультразвука:
а - по сплошному материалу около трещины, б - через трещину

Глубину трещины DC (рис.3.4) прибор определяет путем сравнения времени t_0 распространения ультразвуковых волн в области ненарушенного объекта (траектория ADB) и t - в области с трещиной (траектория ACB) по

формуле

$$DC = \frac{AB}{2} \cdot \sqrt{\frac{t^2}{t_0^2} - 1} \quad (3.1)$$

Для измерения глубины трещины следует:

- прижать на 15-20 секунд прибор к поверхности ненарушенного объекта контроля параллельно трещине на расстоянии порядка 20-30 миллиметров от нее;
- прибор измерит время прохождения ультразвука по монолитному участку объекта контроля и это (базовое) значение времени появится на экране слева внизу.

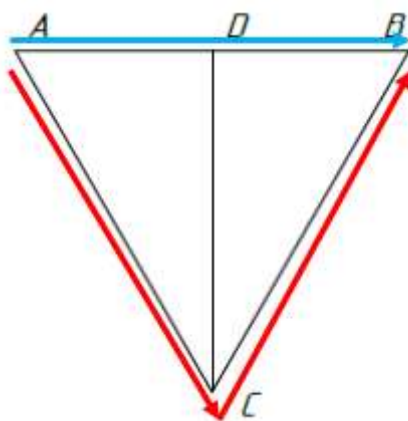


Рисунок 3.4 – Схема определения глубины трещины

Затем:

- нажать клавишу для записи его в память прибора;
- значение времени переместится вправо;
- расположить передающий и приемный преобразователи таким образом, чтобы трещина оказалась между ними. Для снижения погрешности трещина должна находиться по возможности на одинаковом расстоянии от каждого из преобразователей и располагаться перпендикулярно линии их установки;
- после звукового сигнала на экране появится значение глубины, которое будет присутствовать на экране в течение 10-15 секунд после отрыва прибора от поверхности.

Результаты измерений представить в виде таблицы.

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА О ВЫПОЛНЕНИИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Практические работы выполняются и оформляются индивидуально. Порядок оформления выполненных работ:

Отчет о выполненных работах оформляется студентом на отдельных листах. На титульном листе отчета должны быть указаны номер и название темы работы. Здесь же необходимо указать: дату выполнения практической работы, номер группы, фамилию и инициалы студента. На свободном месте – подпись. Образец оформления титульного листа отчета о выполненной работе – стандартный. В основной части отчета выделяют нумерацией и подчеркиванием следующие разделы:

1. Цель практической работы.
2. Общие сведения (или исходные данные).
3. Нормативные требования, использованные при выполнении работы.
4. Экспериментальная (расчетная) часть.
5. Выводы по работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.В. Приборы для неразрушающего контроля материалов и изделий [Текст]: кн.1/под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1986. – 488 с.
2. Ремнев, В.В. Обследование технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений [Текст]: учебное пособие/ В.В. Ремнев [и др.]. – М.: Маршрут, 2005. – 196 с.
3. Батаев, Д.В. Техническая экспертиза зданий и сооружений [Текст]/ Д.В. Батаев. – М.: «Комтек-Принт», 2004. – 310 с.
4. Калинин, В.М. Обследование и испытание конструкций зданий и сооружений [Текст]/ – М.: ИНФРА-М, 2005. – 336 с.
5. Будадин, О.Н. Тепловой неразрушающий контроль изделий [Текст]: /научно-методическое пособие/ О.Н. Будадин. – М.: Наука, 2002. – 472 с.
6. Дикарев, В.И. Методы и средства обнаружения объектов в укрывающих средах [Текст]/ В.И. Дикарев [и др.]. – С-Пб.: Наука и техника, 2004. – 280 с.
7. Методы неразрушающего контроля строительных конструкций. [Текст]: учебное пособие / О.А. Губеладзе, Л.В. Постой. – М.: НИЯУ МИФИ; Волго-донск: ВИТИ НИЯУ МИФИ, 2017. – 84 с.