

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства»  
(ПГУАС)

М.В. Арискин, С.А. Болдырев

**МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ  
СОВРЕМЕННЫМИ ПРИБОРАМИ**

Рекомендовано Редсоветом университета  
в качестве учебного пособия для студентов,  
обучающихся по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство»

Под общей редакцией доктора технических наук,  
профессора Ю.П. Скачкова

Пенза 2015

УДК 69.058 (075.8)

ББК 38.74

А81

*Учебное пособие подготовлено в рамках проекта  
«ПГУАС – региональный центр повышения качества подготовки  
высококвалифицированных кадров строительной отрасли»  
(конкурс Министерства образования и науки Российской Федерации –  
«Кадры для регионов»)*

Рецензенты: кандидат технических наук, директор  
ООО «ИнжСтройКОМ» Э.В. Егинов;  
доктор технических наук, профессор  
Н.Н. Ласьков (ПГУАС)

**Арискин М.В.**

А81 Методы экспериментальных исследований строительных конструкций. Определение физико-механических свойств строительных конструкций современными приборами: учеб. пособие / М.В. Арискин, С.А. Болдырев; под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 80 с.

Учебное пособие составлено в соответствии с программой дисциплины «Методы экспериментальных исследований строительных конструкций» и отражает определения физико-механических свойств строительных конструкций современными приборами.

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Строительные конструкции» и базовой кафедре ПГУАС при ООО «Гипромаш» и предназначено для использования обучающимися по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2015

© Болдырев С.А., Арискин М.В., 2015

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие выполнено на кафедре строительных конструкций и способствует овладению:

– методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчетного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, и систем автоматизированного проектирования (ПК-3);

– способностью и готовностью проводить научные эксперименты с использованием современного исследовательского оборудования и приборов, оценкой результатов исследований (ОПК-11).

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство». Оно может быть полезным также инженерно-техническим работникам проектных и строительных организаций.

## ВВЕДЕНИЕ

Ускорение научно-технического прогресса в строительстве тесно связано с сокращением сроков исследований эффективных конструкций. Это обуславливает широкое использование ЭВМ во всем комплексе научных исследований.

Бурное развитие в последнее десятилетие численных методов строительной механики сложных пространственных сооружений, внедрение в инженерную практику разработанных на их основе универсальных программных комплексов показывают, что экономически и методически целесообразно проведение исследований сложных сооружений с применением расчетных моделей. В то же время применение математических методов сдерживается существующей в настоящее время диспропорцией между высоким уровнем автоматизации самого вычислительного процесса и отсутствием алгоритмических приемов построения расчетных схем реальных сооружений, что ставит получение результатов в зависимость от субъективных качеств исследователя.

Достоверные результаты могут быть получены экспериментально. Однако со сложностью конструкций и сооружений существенно возрастают трудоемкость, стоимость и сроки проведения исследований. Это относится и к методам физического моделирования.

В настоящих методических рекомендациях излагаются принципиальные положения оптимизации процесса исследований сложных строительных конструкций на основе системного анализа. При этом в решении поставленных задач рационально сочетаются методы физического и

математического моделирования. Основной упор делается на математические методы. Физический эксперимент используется исключительно для уточнения и проверки расчетной модели объекта. Это обусловило применение целенаправленных физических моделей, разработанных на основе функционального подобия, благодаря чему существенно упрощается конструкция моделей, снижаются затраты ресурсов на эксперимент.

Максимально возможное выделение формальных методов при исследовании позволяет снизить влияние субъективных факторов на результаты, использовать автоматизацию. В то же время следует отметить, что роль неформальных методов при исследовании сложных конструкций по-прежнему остается значительной, что делает процесс проведения исследований сочетанием научных методов и искусства экспериментатора.

На современном этапе развития строительной науки, когда исследование сложных конструкций требует снижения затрат труда, времени и материальных средств, разработанные рекомендации вносят определенный вклад в создание комплексных методов исследований, позволяющих за счет ускорения испытаний и повышения информативности результатов создавать новые эффективные конструкции.

В целях повышения эффективности исследований сложных строительных конструкций, возможности их максимальной автоматизации и снижения затрачиваемых ресурсов целесообразен подход, основанный на методологической концепции системного анализа [1...3] как одной из основных особенностей современной науки и техники. Это позволит выделить одинаковые для всех типов конструкций процедуры и этапы работ, максимально исключая субъективность и направленные на оптимальное решение поставленных проблем.

Отсутствие единого теоретического обоснования или даже унифицированной совокупности методов, общих для всех объектов приложения системного анализа вынуждает для каждой проблемы строить свою методологию, впрочем, с обязательным включением общих принципов системности – ряда формальных и неформальных процедур.

Системный подход при исследовании сложных строительных конструкций носит комплексный характер. Объект исследования (конструкция или сооружение) рассматривается как сложная система со всеми необходимыми признаками: наличие подсистем (элементов), объединенных связями (физические, логические, математические), а также выполнение условия целостности функционирования.

В системном анализе при исследовании строительных конструкций выделяются следующие основные логические элементы – исходные категории: цель (или цели); исследования альтернативные средства достижения цели (физическое или математическое моделирование); ресурсы для решения проблемы; система связей между целями, средствами и ресурсами; критерии выбора предпочтительных альтернатив.

При системном подходе выбор методов исследований строительных конструкций производится с учетом их роли в целом. Оптимальные характеристики элементов системы – физических нематематических моделей – предполагают рассмотрение их как единого средства достижения цели. Поэтому физический и численный эксперименты должны быть с самого начала согласованы между собой, ориентированы на эффективное решение задач исследований, дополняя друг друга.

Исследования строительных конструкций и сооружений выполняются экспериментальными методами на натуральных образцах и физических моделях либо теоретическими, с использованием расчетных моделей.

Физическое моделирование, основанное на теории простого или расширенного подобия, по мере усложнения задач исследований все менее целесообразно, так как не решает задач снижения трудоемкости и стоимости изготовления моделей, соблюдения планируемых сроков эксперимента.

Развитием численных методов расчета сложных конструкций, применением ЭВМ, широким внедрением в инженерную практику универсальных и специальных программных комплексов обуславливается экономическая целесообразность широкого использования в исследованиях сооружений расчетных моделей с назначением достоверных расчетных схем сооружений, ориентированных на решение конкретных исследовательских задач. Однако существующей в настоящее время диспропорцией между высоким уровнем автоматизации самого расчета и методикой построения достоверных расчетных схем реального сооружения существенно снижается надежность численных исследований, вносится известная доля субъективности в получаемые результаты.

Традиционно экспериментальные и численные исследования проводятся независимо друг от друга. В лучшем случае сопоставляются результаты. При этом проведенный анализ несколько не повлияет на саму стратегию и методику эксперимента. Все это исключает существенное ускорение и повышение результативности работ.

Физический и численный (математический) эксперименты рассматриваются как единая система средств (организованный комплекс), направленных на наиболее эффективное решение задач исследования.

Расчетные и физические модели, как элементы системного анализа, по сравнению с аналогичными моделями, используемыми в обычных исследованиях, характеризуются целенаправленностью и ясностью. Системный подход обуславливает применение нового класса физических моделей, разработанных с использованием функционального подобия, что существенно упрощает их конструкцию и уменьшает объем экспериментальных исследований.

Сочетание при исследовании сложных строительных конструкций методов физического и математического моделирования обуславливает целесообразность применения принципа декомпозиции (членения) объекта исследований на более простые элементы, отдельные испытания которых потребуют гораздо меньше ресурсов по сравнению с испытаниями всей системы. Особенно этот принцип эффективен при исследовании сооружений, состоящих из большого количества однотипных элементов и узлов. Физическое моделирование в основном связано с получением определенных характеристик конструкций и параметров, которые можно определить, используя только высокоточные современные приборы.

# 1. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ

## 1.1. Подготовка к механическим испытаниям

Для определения прочности бетона в конструкциях предварительно устанавливают градуировочную зависимость между прочностью бетона и косвенной характеристикой прочности (в виде графика, таблицы или формулы).

Для метода отрыва со скалыванием, в случае применения анкерных устройств в соответствии с приложением 2, и для метода скалывания ребра, в случае применения приборов в соответствии с приложением 3, допускается использовать градуировочные зависимости, приведенные в приложениях 5 и 6 соответственно.

Для методов упругого отскока, ударного импульса, пластической деформации и отрыва градуировочные зависимости устанавливают конкретно для каждого вида прочности; для методов отрыва со скалыванием и скола ребра допускается устанавливать единую градуировочную зависимость независимо от вида прочности.

Градуировочную зависимость устанавливают заново при изменении вида крупного заполнителя, технологии производства бетона, при введении добавок, а для методов отскока, ударного импульса и пластической деформации – также при изменении вида цемента, внесении количественных изменений в номинальный состав бетона, превышающих по расходу цемента  $\pm 20\%$ , крупного заполнителя  $\pm 10\%$ .

Для установления градуировочных зависимостей используют не менее 15 серий образцов-кубов по ГОСТ 10180 или не менее 30 отдельных образцов-кубов. При установлении градуировочной зависимости для метода отрыва со скалыванием в каждую серию дополнительно включают не менее трех образцов-кубов. Образцы изготавливают в соответствии с ГОСТ 10180 в разные смены в течение не менее 5 сут из бетона одного состава, одной и той же технологии и при том же режиме тепловлажностной обработки или тех же условиях твердения, что и конструкции, подлежащие контролю. При изготовлении образцов пять серий рекомендуется изготавливать из бетонной смеси, отличающейся по составу от проектного по цементно-водному отношению в пределах плюс 0,4, и пять серий в пределах минус 0,4.

Размеры образцов для установления градуировочной зависимости следует выбирать в соответствии с наибольшей крупностью заполнителя в бетонной смеси по ГОСТ 10180, но не менее:

– 100×100×100 мм – для методов отскока, ударного импульса, пластической деформации для испытания неразрушающими методами и по ГОСТ 10180 и отрыва со скалыванием для испытания по ГОСТ 10180;

– 200×200×200 мм – для методов отрыва и скалывания ребра конструкции. Размеры ребра дополнительных образцов-кубов, испытываемых методом отрыва со скалыванием, должны быть не менее шести глубин установки анкерного устройства. В случае применения на производстве способов и режимов уплотнения, приводящих к изменению структуры бетона, размер и способ изготовления образцов для установления градуировочных зависимостей должен указываться в стандартах или технических условиях на сборные конструкции, в рабочих чертежах на монолитные конструкции или же в методиках, утвержденных в установленном порядке.

Возраст образцов, используемых при установлении градуировочной зависимости, для методов отскока, ударного импульса и пластической деформации не должен отличаться от установленного срока испытаний конструкций:

– более чем на 40% – при контроле прочности бетона естественного твердения;

– более чем в два раза – при контроле прочности бетона после тепловой обработки.

Температура бетона отдельных образцов при определении косвенной характеристики не должна отличаться от средней температуры образцов более чем на  $\pm 10$  °С, а от температуры конструкции – более чем на  $\pm 10$  °С.

При построении градуировочных зависимостей, предназначенных для контроля отпускной, передаточной и распалубочной прочности бетона, допускается устанавливать градуировочную зависимость по данным неразрушающих испытаний горячих образцов и испытания тех же образцов на сжатие по ГОСТ 10180 при нормальной температуре.

Относительная влажность образцов, используемых при установлении градуировочной зависимости, не должна отличаться от влажности испытываемой конструкции более чем на  $\pm 2\%$ .

Градуировочную зависимость для методов упругого отскока, ударного импульса, пластической деформации, отрыва и скалывания ребра уста-

навливают на основе результатов испытаний образцов-кубов сначала неразрушающим методом, а затем по ГОСТ 10180.

При установлении градуировочной зависимости для метода отрыва со скалыванием косвенную характеристику определяют на дополнительно изготавливаемых образцах-кубах, а по ГОСТ 10180 испытывают образцы основных серий. Для определения косвенных характеристик испытания проводят на боковых поверхностях образцов (по направлению бетонирования).

Число измерений на каждом образце для методов отскока и пластической деформации при ударе должно быть не менее пяти, а расстояние между местами ударов – не менее 30 мм. Для метода ударного импульса – не менее десяти, а расстояние между местами ударов – не менее 15 мм. Для метода пластической деформации при вдавливании количество испытаний на одной грани – не менее двух, а расстояние между местами испытаний – не менее двух диаметров отпечатков.

При установлении градуировочной зависимости методом скалывания проводят по одному испытанию на каждом боковом ребре. При установлении градуировочной зависимости для метода отрыва со скалыванием проводят по одному испытанию на каждой боковой грани. При испытании методом отскока, ударного импульса, пластической деформации при ударе образцы должны быть зажаты в прессе усилием  $(30 \pm 5)$  кН.

За единичное значение прочности бетона принимают значение прочности бетона в серии по ГОСТ 10180 или прочность бетона одного образца (если градуировочную зависимость устанавливают по данным испытаний отдельных образцов). Образцы, испытанные методом отрыва, устанавливают на прессе так, чтобы к опорным плитам пресса не прилегали поверхности, на которых проводили вырыв; результаты испытаний по ГОСТ 10180 увеличивают на 5%.

За единичное значение косвенного показателя прочности при установлении градуировочной зависимости принимают среднее арифметическое значение этой величины в серии образцов (или образце), используемых при определении единичного значения прочности. Градуировочная зависимость должна иметь среднее квадратическое (остаточное) отклонение, не превышающее 12% при использовании серии образцов и 15% при использовании отдельных образцов от среднего значения прочности.

При отсутствии возможности установления градуировочных зависимостей следует применять метод отрыва со скалыванием или метод скалывания ребра, используя градуировочные зависимости, приведенные в ГОСТ.

Для обследования конструкций допускается применять методы упругого отскока, ударного импульса или пластической деформации, используя градуировочную зависимость, установленную для бетона, отличающегося от испытываемого (по составу, возрасту, условиям твердения, влажности), с уточнением ее в соответствии с методикой, приведенной ГОСТ.

При проведении обследований допускается испытание методами упругого отскока, ударного импульса и пластических деформаций бетона в пробах, отобранных от конструкции в соответствии с ГОСТ.

## 2.2. Подготовка испытанию ультразвуковым методом

Подготовка испытания включает проверку используемых приборов в соответствии с инструкциями по эксплуатации и установку градуировочных зависимостей в соответствии с выбранным способом прозвучивания.

Градуировочную зависимость "скорость – прочность" устанавливают при испытании конструкций способом сквозного прозвучивания. Градуировочную зависимость "время – прочность" устанавливают при испытании конструкций способом поверхностного прозвучивания.

Допускается при испытании конструкций способом поверхностного прозвучивания использовать градуировочную зависимость "скорость – прочность" с учетом коэффициента перехода, определяемого в соответствии с ГОСТ.

Градуировочную зависимость устанавливают по результатам ультразвуковых измерений в бетонных образцах-кубах и механических испытаний тех же образцов.

Механические испытания образца проводят по ГОСТ 10180 непосредственно после ультразвуковых измерений.

При необходимости проведения ультразвуковых испытаний бетона конструкций непосредственно после термообработки (горячего) для определения отпускной прочности бетона этих конструкций после их остывания допускается устанавливать градуировочную зависимость по результатам ультразвуковых измерений горячих образцов и механических испытаний тех же образцов после их остывания.

При установлении градуировочной зависимости для приемочного контроля образцы изготавливают в соответствии с требованиями ГОСТ 10180 в разные смены в течение не менее 3 сут из бетона того же номинального состава, по той же технологии, при том же режиме твердения, что и конструкции, подлежащие контролю.

В случае применения на производстве способов и режимов уплотнения бетона конструкций, приводящих к изменению его состава за счет отжатия воды затворения, способ приготовления образцов необходимо указывать в нормативно-технической или проектной документациях на эти конструкции.

Допускается изготовление до 40 % общего числа образцов из бетонной смеси, состав которой отличается от номинального по цементно-водному отношению не более 0,4.

При определении прочности бетона в процессе его ускоренного твердения для установления градуировочной зависимости в тепловую установку помещают образцы, число которых равно числу промежутков времени, на которое разбивают период изотермического прогрева. На каждом из этих этапов испытывают по одной серии образцов. Например, если период изотермического прогрева разбит на равные четыре промежутка времени, то в тепловую установку закладывают четыре серии образцов.

При установлении градуировочной зависимости для определения прочности бетона в процессе естественного твердения сроки испытаний образцов необходимо выбирать из следующего параметрического ряда: 3, 7, 14, 28, 60, 90, 180, 365 сут. Образцы испытывают не менее чем в трех возрастах, один из которых является проектным. В каждом возрасте испытывают не менее 4 серий образцов.

Время распространения ультразвука в образцах при установлении градуировочной зависимости "скорость – прочность" измеряют способом сквозного прозвучивания в соответствии с рис. 1.

База прозвучивания должна быть не менее 100 мм. Допускается базу прозвучивания снизить до 70 мм при проведении контроля мелкозернистых бетонов и бетона на ранних стадиях твердения (скорость ультразвука менее 2000 м/с).

Время распространения ультразвука в образцах при установлении градуировочной зависимости "время – прочность" измеряют способом поверхностного прозвучивания в соответствии с рис. 1.

Минимальная база прозвучивания должна быть не менее 120 мм.

Время распространения ультразвука следует измерять на поверхности, занимающей при изготовлении то же положение относительно формы и направления формования, что и контролируемая поверхность изделия.

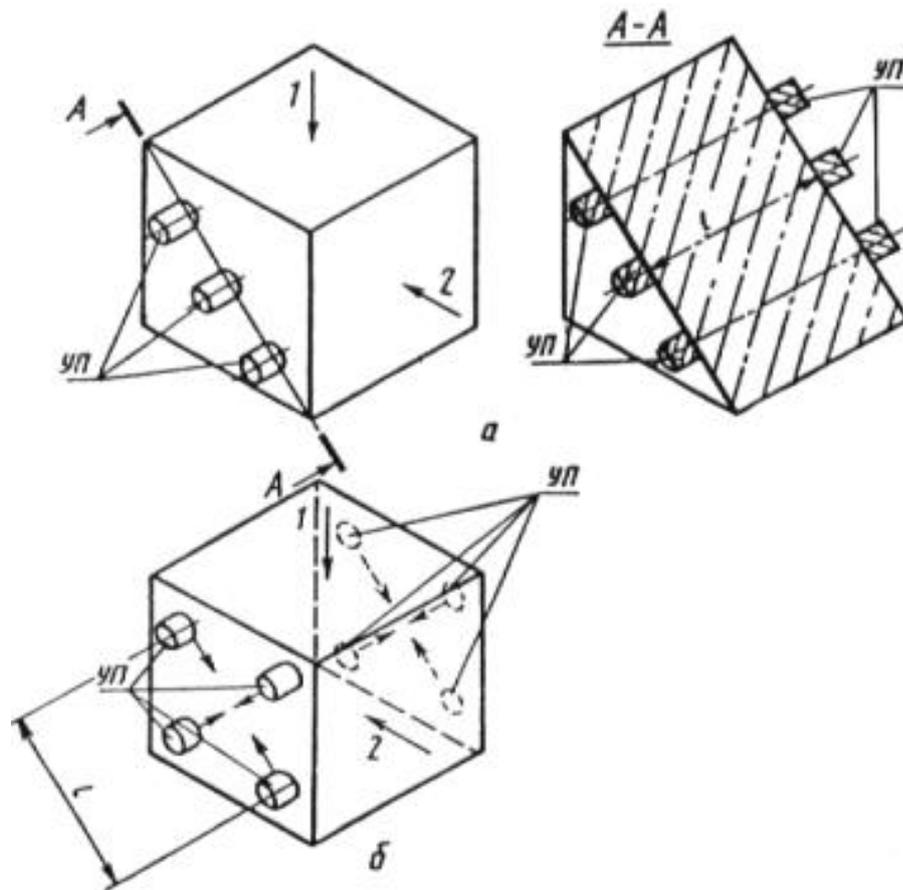


Рис.1. Схема испытания кубов:  
 а – схема испытания кубов способом сквозного прозвучивания;  
 б – схема испытания кубов способом поверхностного прозвучивания;  
 УП – ультразвуковые преобразователи; 1 – направление формования;  
 2 – направление испытания при сжатии; 1 – база прозвучивания

В зоне контакта ультразвуковых преобразователей с поверхностью бетона не должно быть раковин и воздушных пор глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм, а также выступов более 0,5 мм. Поверхность бетона должна быть очищена от пыли.

Относительная погрешность измерения базы прозвучивания не должна превышать 0,5 %. Число измерений времени распространения ультразвука в каждом образце должно быть при сквозном прозвучивании 3, при поверхностном – 4.

Отклонение отдельного результата измерения времени распространения ультразвука в каждом образце от среднего арифметического значения результатов измерений для данного образца не должно превышать 2 %.

Результаты измерения времени распространения ультразвука в образцах, не удовлетворяющих этому условию, не учитывают при расчете среднего арифметического значения скорости распространения ультра-

звука в данной серии образцов. При наличии в серии двух образцов, не удовлетворяющих этому условию, результаты испытаний серии бракуют.

Градуировочную зависимость устанавливают по единичным значениям скорости (времени) ультразвука и прочности бетона.

За единичное значение прочности бетона принимают среднюю прочность бетона в серии образцов, определенную по ГОСТ 10180.

За единичное значение скорости (времени) ультразвука принимают среднее арифметическое значение этих величин в серии образцов, используемых для определения единичного значения прочности.

Градуировочную зависимость устанавливают заново при изменении номинального состава бетона по ГОСТ 27006.

## 2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ

Испытания проводят на участке конструкции площадью от 100 до 600 см<sup>2</sup>. Прочность бетона в контролируемом участке конструкции определяют по градуировочной зависимости, установленной в соответствии с требованиями разд.3, при условии, что измеренные значения косвенного показателя находятся в пределах между наименьшим и наибольшим значениями косвенного показателя в образцах, испытанных при построении градуировочной зависимости.

Число и расположение контролируемых участков при испытании конструкций должно соответствовать требованиям ГОСТ 18105 или указываться в стандартах и (или) технических условиях на сборные или в рабочих чертежах на монолитные конструкции и (или) технологических картах на контроль.

При определении прочности обследуемых конструкций число и расположение участков должно приниматься по программе проведения обследования.

Число испытаний на одном участке, расстояние между местами испытаний на участке и от края конструкции, толщина конструкции на участке испытания должны быть не меньше значений, приведенных в табл.1.

Т а б л и ц а 1

Число испытаний для определения свойств материалов

Наименование метода	Число испытаний на участке	Расстояние между местами испытаний, мм	Расстояние от края конструкции до места испытаний, мм	Толщина конструкции, мм
Упругий отскок	5	30	50	100
Ударный импульс	10	15	50	50
Пластическая деформация	5	30	50	70
Скалывание ребра	2	200	-	170
Отрыв	1	2 диаметра диска	50	50
Отрыв со скалыванием	1	5 глубин вырыва	150	Удвоенная глубина установки анкера

Шероховатость поверхности участка бетона конструкции при испытании методами отскока, ударного импульса, пластической деформации должна соответствовать шероховатости поверхности кубов, испытанных при установлении градуировочной зависимости. В необходимых случаях допускается зачистка поверхности конструкции.

При использовании метода пластической деформации при вдавливании, если нулевой отсчет снимают после приложения начальной нагрузки, требования к шероховатости поверхности бетона конструкций не предъявляют.

## 2.1. Метод упругого отскока

При испытании методом упругого отскока расстояние от мест проведения испытания до арматуры должно быть не менее 50 мм.

Испытание проводят в следующей последовательности:

- прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к испытуемой поверхности в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- положение прибора при испытании конструкции относительно горизонтали рекомендуется принимать таким же, как при испытании образцов для установленной градуировочной зависимости; при другом положении необходимо вносить поправку на показания в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- фиксируют значение косвенной характеристики в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- вычисляют среднее значение косвенной характеристики на участке конструкции.

## 2.2. Метод пластических деформаций

При испытании методом пластической деформации расстояние от мест проведения испытания до арматуры должно быть не менее 50 мм.

Испытание проводят в следующей последовательности:

- прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к испытуемой поверхности в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- при сферическом инденторе испытание допускается проводить, для облегчения измерений диаметров отпечатков, через листы копировальной

и белой бумаги (в этом случае образцы для установления градуировочной зависимости испытывают с применением такой же бумаги);

- фиксируют значения косвенной характеристики в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- вычисляют среднее значение косвенной характеристики на участке конструкции.

### 2.3. Метод ударного импульса

При испытании методом ударного импульса расстояние мест проведения испытания до арматуры должно быть не менее 50 мм.

Испытания проводят в следующей последовательности:

- прибор располагают так, чтобы усилие прикладывалось перпендикулярно к испытываемой поверхности в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- положение прибора при испытании конструкции относительно горизонтали рекомендуется принимать таким же, как при испытании образцов для установления градуировочной зависимости; при другом положении необходимо вносить поправку на показания в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- фиксируют значение косвенной характеристики в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора;
- вычисляют среднее значение косвенной характеристики на участке конструкции.

### 2.4 Метод отрыва

При испытании методом отрыва участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры. Испытание проводят в следующей последовательности:

- в месте приклейки диска снимают поверхностный слой бетона глубиной 0,5-1 мм и поверхность очищают от пыли;
- диск приклеивают к бетону так, чтобы слой клея на поверхности бетона не выходил за пределы диска;
- прибор соединяют с диском;
- нагрузку плавно увеличивают со скоростью  $(1 \pm 0,3)$  кН/с;
- фиксируют показание силоизмерителя прибора;

– измеряют площадь проекции поверхности отрыва на плоскости диска с погрешностью  $\pm 0,5$  см ;

– определяют значение условного напряжения в бетоне при отрыве.

Результаты испытаний не учитывают, если при отрыве бетона была обнажена арматура или площадь проекции поверхности отрыва составила менее 80% площади диска.

## 2.5. Метод отрыва со скалыванием

При испытании методом отрыва со скалыванием участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры.

Испытания проводят в следующей последовательности:

– если анкерное устройство не было установлено до бетонирования, то в бетоне сверлят или пробивают шпур, размер которого выбирают в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, в зависимости от типа анкерного устройства;

– в шпуре закрепляют анкерное устройство на глубину, предусмотренную инструкцией по эксплуатации прибора, в зависимости от типа анкерного устройства;

– прибор соединяют с анкерным устройством;

– нагрузку увеличивают со скоростью 1,5-3,0 кН/с;

– фиксируют показание силоизмерителя прибора и глубину вырыва с точностью не менее 1 мм.

Если наибольший и наименьший размеры вырванной части бетона от анкерного устройства до границ разрушения по поверхности конструкции отличаются более чем в два раза, а также если глубина вырыва отличается от глубины заделки анкерных устройств более чем на 5%, то результаты испытаний допускается учитывать только для ориентировочной оценки прочности бетона.

## 2.5. Метод скалывания ребра

При испытании методом скалывания ребра на участке испытания не должно быть трещин, околлов бетона, наплывов или раковин высотой (глубиной) более 5 мм. Участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры.

Испытание проводят в следующей последовательности:

- прибор закрепляют на конструкции, прикладывают нагрузку со скоростью не более  $(1 \pm 0,3)$  кН/с; – фиксируют показание силоизмерителя прибора;
- измеряют фактическую глубину скалывания;
- определяют среднее значение усилия скалывания.

Результаты испытания не учитывают, если при скалывании бетона была обнажена арматура и фактическая глубина скалывания отличалась от заданной (см. прил. 3) более чем на 2 мм.

## 2.6. Ультразвуковой метод

Число и расположение контролируемых участков на конструкции должны отвечать требованиям ГОСТ 18105 и указываться в технологических картах на контроль или в нормативно-технической и проектной документации на конструкции или устанавливаться программой обследования, согласованной с проектной организацией. На каждом контролируемом участке проводят одно измерение времени распространения ультразвука при сквозном и не менее двух при поверхностном прозвучивании. В последнем случае прочность бетона определяют по среднему значению полученных результатов измерения времени распространения ультразвука.

Качество поверхности бетона контролируемого участка конструкции в зоне контакта с ультразвуковыми преобразователями должно соответствовать требованиям п. 3.10. Допускается проведение измерений времени распространения ультразвука в конструкциях через облицовочные материалы и декоративные покрытия по методикам, согласованным с головными научно-исследовательскими организациями.

Сборные линейные конструкции (балки, ригели, колонны и др.) испытывают, как правило, способом сквозного прозвучивания в поперечном направлении.

Изделия, конструктивные особенности которых затрудняют осуществление сквозного прозвучивания, а также плоские конструкции (плоские, ребристые и многопустотные панели перекрытия, стеновые панели и т. д.) испытывают способом поверхностного прозвучивания. При этом база прозвучивания при измерениях на конструкциях должна быть такой же, как на образцах при установлении градуировочной зависимости.

Возраст бетона контролируемых конструкций не должен отличаться от возраста бетона образцов, испытанных для установления градуировочной зависимости, более чем на 50 % – при контроле нормируемой прочности бетона, и 25 % – при определении прочности бетона в процессе твердения.

Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций следует проводить в направлении, перпендикулярном уплотнению бетона. Расстояние от края конструкции до места установки ультразвуковых преобразователей должно быть не менее 30 мм.

Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций следует проводить в направлении, перпендикулярном направлению рабочей арматуры. Концентрация арматуры вдоль выбранной линии прозвучивания не должна превышать 5 %.

Допускается прозвучивание вдоль линии, расположенной параллельно рабочей арматуре, если расстояние от этой линии до арматуры составляет не менее 0,6 длины базы.

При определении прочности бетона в процессе его твердения места установки и число зондов или преобразователей устанавливаются в зависимости от конструктивных и технологических особенностей контролируемых конструкций.

При контроле ускоренного твердения бетона в нескольких однотипных

Преобразователи, устанавливаемые на бортоснастке формы, должны быть электрически и акустически изолированы от нее термостойкими прокладками, например, из пористой резины толщиной не менее 5 мм. Акустический зонд в бетон конструкции устанавливается в процессе формирования. При этом не допускается нанесение смазки на рабочие поверхности преобразователей.

При контроле прочности бетона в конструкциях по ГОСТ 18105 полученное значение прочности принимают за среднюю прочность контролируемого участка конструкции.

### 3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Прочность каменных, бетонных и железобетонных конструкций (стен, фундаментов, каркасов, перекрытий и т.п.) может определяться неразрушающими и разрушающими методами.

Неразрушающие методы позволяют определять прочность конструкций без ослабления сечения и снижения несущей способности при отборе образцов, кернов или проб материалов. К неразрушающим методам относятся механические (ударные, отрыва, скалывания) и ультразвуковые способы [6, с.36].

Ультразвуковой способ используется для определения прочности хрупких и нехрупких материалов в соответствии с требованиями ГОСТ 24732-80 (бетоны) и ГОСТ 17624-78 (силикатные камни). Оценка прочности конструкций производится по скорости распространения ультразвука в материале образца с помощью ультразвуковых приборов.

Для оценки прочности кирпича, камней правильной формы и раствора из кладки стен и фундаментов проводят механические испытания в лаборатории. Образцы бетона для определения прочности в группе однотипных конструкций или в отдельной конструкции должны располагаться: в местах наименьшей прочности бетона, предварительно определенной экспертным методом; в зонах и элементах конструкций, определяющих их несущую способность; в местах, имеющих дефекты и повреждения, которые могут свидетельствовать о пониженной прочности бетона (повышенная пористость, коррозионные повреждения, температурное растрескивание бетона, изменение его цвета).

Отбор кирпича, камней и раствора из стен и фундаментов производят из ненесущих (под окнами, в проемах) или слабонагруженных элементов или конструкций, подлежащих разборке и демонтажу. Для оценки прочности кирпича, камней правильной формы и раствора из кладки стен и фундаментов отбирают целые, неповрежденные кирпичи или камни и пластинки раствора из горизонтальных швов. Для определения прочности природных камней неправильной формы (бута) из фрагментов камней выпиливают кубики с размером ребер 40-200 мм или высверливают цилиндры (керны) диаметром 40-150 мм и длиной, превышающей диаметр на 10-20 мм.

Разрушение каменных конструкций при их эксплуатации происходит и под воздействием многих химических и физико-механических факторов. К ним относятся неоднородность материалов, повышенные напряжения в материале различного происхождения, приводящие к микроразрывам в материале, попеременное увлажнение и высушивание, периодические замораживания и оттаивания, резкие перепады температур, воздействие солей и кислот, выщелачивание, нарушение контактов между цементным камнем и заполнителями, коррозия стальной арматуры, разрушение заполнителей под воздействием щелочей цемента.

Для определения степени коррозионного разрушения бетона (степени карбонизации, состава новообразований, структурных нарушений бетона) используются физико-химические методы.

Исследование химического состава новообразований, возникших в бетоне под действием агрессивной среды, производится с помощью дифференциально-термического и рентгеноструктурного методов, выполняемых в лабораторных условиях на образцах, отобранных из эксплуатируемых конструкций.

Изучение структурных изменений бетона производится с помощью ручной лупы, дающей небольшое увеличение. Такой осмотр позволяет изучить поверхность образца, выявить наличие крупных пор, трещин и других дефектов

С помощью микроскопического метода можно выявить взаимное расположение и характер сцепления цементного камня и зерен заполнителя; состояние контакта между бетоном и арматурой; форму, размер и количество пор; размер и направление трещин.

Определение глубины карбонизации бетона производят по изменению величины водородного показателя рН.

### 3.1. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-2.6

ОНИКС-2.6 предназначен для оперативного контроля прочности, однородности и класса лёгкого, тяжёлого и высокомарочного бетона (ГОСТ 22690) при технологических испытаниях и обследовании объектов, а также для контроля кирпича и др. строительных материалов

Прибор можно использовать для дефектоскопии изделий, исследования упруго-пластических свойств материалов

Датчик-склерометр выполнен в цилиндрическом корпусе с пружинным ударным механизмом и твердосплавным индентором. На боковой

поверхности датчика расположена ручка взвода и спусковая кнопка. Коронка предназначена для устойчивой установки датчика на контролируемую зону объекта измерения.

Прибор состоит из электронного блока и датчика-склерометра (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид прибора «Оникс-2.6»

На лицевой панели корпуса прибора расположены клавиатура и окно графического дисплея. В верхней торцевой части корпуса установлены разъем для подключения датчика-склерометра и USB-разъем для подключения к компьютеру. На задней стенке корпуса находится крышка батарейного отсека. На левой стороне корпуса имеется кистевой ремешок.

Для проведения измерений необходимо:

– проверить установленные параметры прибора и при необходимости произвести установки режима измерений (вид материала, объект, па-

раметры и т.д.). После включения прибора экран проверки параметров появляется автоматически.

- нажатием любой кнопки, кроме «С» подтвердить правильность установленных параметров;

- установить требуемое направление удара датчика-склерометра;

- взять прибор в левую руку, а датчик– склерометр в правую. Для удобства работы ремешок прибора следует надеть на кисть левой руки. Большой палец правой руки должен располагаться над ручкой взвода и кнопкой спуска датчика-склерометра;

- большим пальцем за ручку взвода взвести ударный механизм, установить датчик на контролируемую поверхность с устойчивой опорой на зубчатую коронку, и произвести удар, нажав спусковую кнопку. Во время удара зубцы коронки датчика должны быть плотно прижаты к контролируемой поверхности;

- выполнить серию из заданного числа ударов с контролем по дисплею единичных измерений и результата серии (среднее значение прочности, коэффициент вариации, размах);

**З а м е ч а н и е .** Прибор автоматически изменяет чувствительность при переходе на материал со значительно отличающейся прочностью. При этом первый удар по материалу с высокой прочностью может быть забракован, если перед этим выполнялись удары по материалам со значительно меньшей прочностью. Такой удар не учитывается прибором и на дисплее кратковременно выдается сообщение «Удар забракован».

Не допускается наносить удары повторно в одно и то же место поверхности. Удары наносятся однократно в различные места исследуемой поверхности, находящиеся на расстоянии не менее 1 см. При этом поверхность изделий должна быть очищена от посторонних загрязнений и не содержать трещин, больших неровностей, выступов щебня на поверхность бетона.

### **3.2. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-ОС**

ОНИКС ОС предназначен для определения прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690 на объектах строительства, при обследовании зданий, сооружений и конструкций

Прибор используют для уточнения градуировочных характеристик ультразвуковых и ударно-импульсных приборов в соответствии с Методической инструкцией НИИЖБ МДС 62-2.01 и ГОСТ 22690, прил. 9.

Использование (со специальными приспособлениями) для определения прочности сцепления кирпича и камней в кладке стен, измерение силы вырыва анкерных устройств, болтов и дюбелей, адгезии покрытий, испытания различных образцов.

Гидравлический пресс (рис. 3) имеет: корпус 1, в котором смонтированы датчик силы, поршневой насос с рукояткой привода 2 и рабочие гидроцилиндры 3, совмещенные с опорами 4, 5; механизм натяжения анкера, включающий тягу 6 и штурвал 7

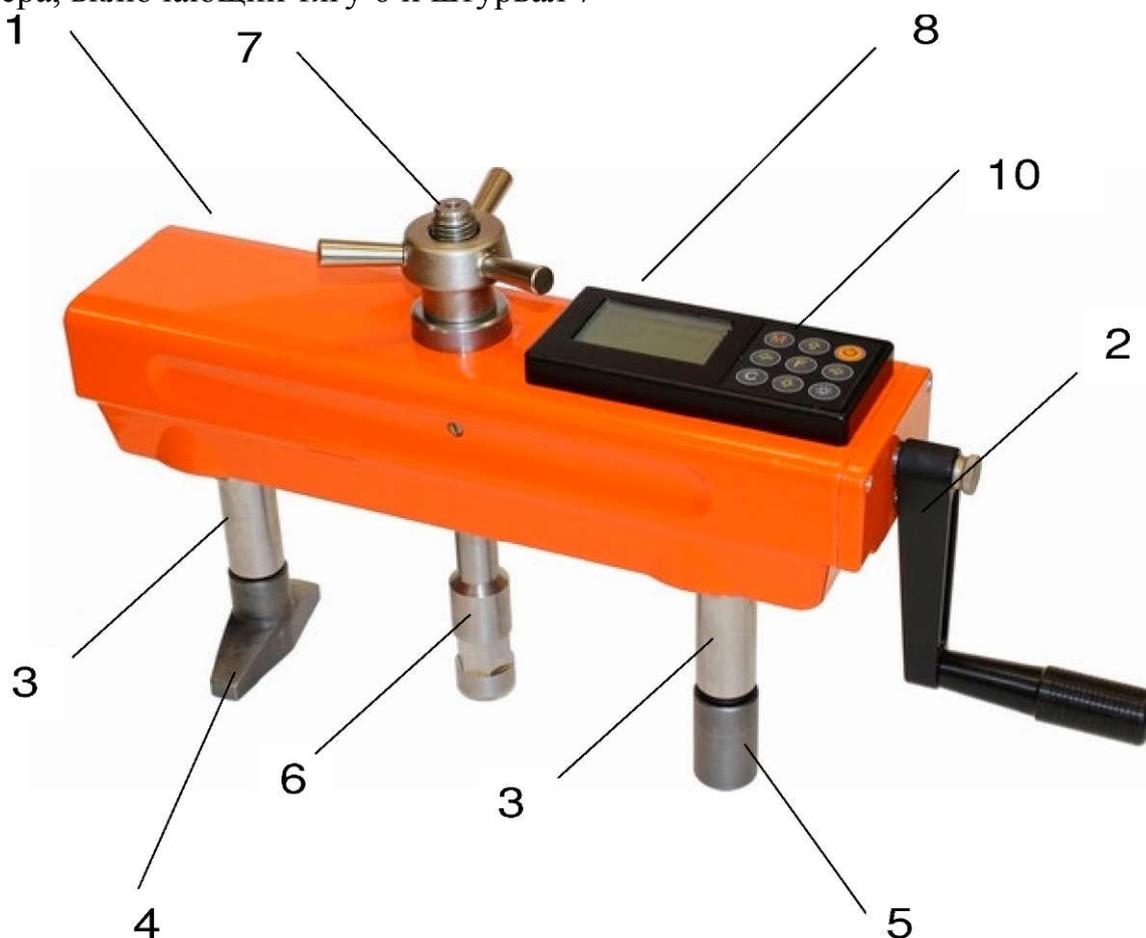


Рис. 3. Общий вид прибора Оникс-ОР

Электронный блок 8 расположен на лицевой стороне гидропресса, имеет на лицевой панели корпуса 9-ти клавишную клавиатуру, графический дисплей и в верхней торцевой части корпуса разъем 10 для связи с ПК по USB.

Через разъем USB также осуществляется автоматический заряд батареи питания от ПК или от блока питания. В корпусе электронного блока находится встроенный литиевый источник питания (извлечение и замена литиевой батареи потребителем не допускается).

Опора 4 в виде башмака, закреплена на штоке одного из гидроцилиндров, имеет возможность поворота и обеспечивает устойчивость гидропресса в поперечном направлении, а опора 5 позволяет изменять длину штока второго гидроцилиндра за счет резьбового соединения и позволяет регулировать положение по высоте (горизонтальное направление). В рабочем положении гидропресс опорами 4 и 5 базируется на поверхности бетона. С помощью тяги 6 прибор соединен с зафиксированным в шпуре анкером и поджат штурвалом 7 механизма натяжения анкера. Прибор поставляется с комплектом приспособлений, представленных на рис. 4.

Анкерное устройство 1 состоит из трех сегментов 3 и анкерной тяги 4 (анкер) с конической рабочей поверхностью и резьбовым хвостовиком. Фиксация анкерного устройства в шпуре производится расклиниванием сегментов 3 конической частью тяги 4. Надежное сцепление анкера с бетоном осуществляется за счет соединения выступов на сегментах 3 с проточкой в шпуре, что практически исключает проскальзывание. Глубина дополнительной рабочей заделки анкера в шпуре 30 или 25 мм регулируется проставочным кольцом 2 толщиной 5 и 10 мм соответственно.

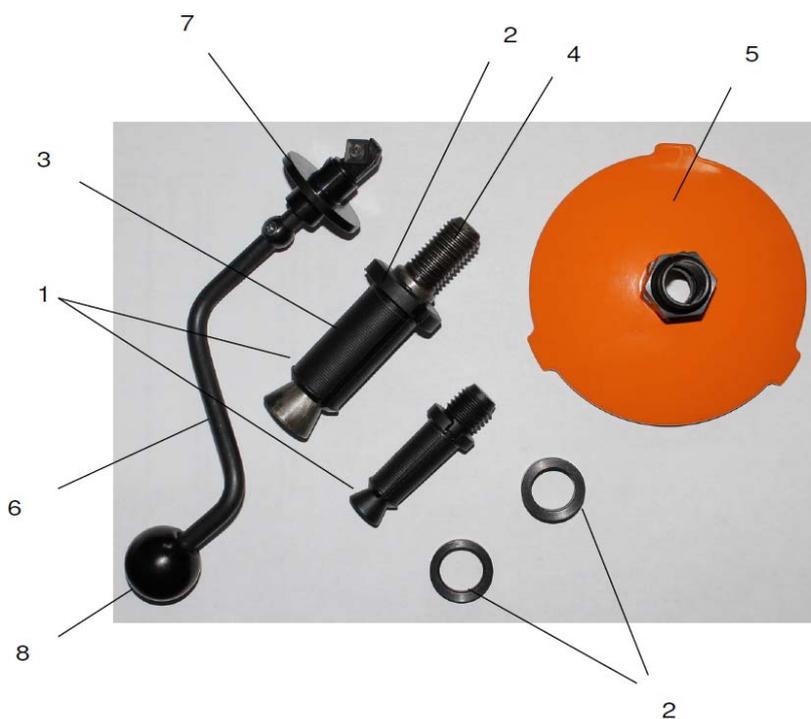


Рис. 4. Комплект приспособлений

Кондуктор 5 рекомендуется использовать при выполнении шпура на объекте, позволяющий обеспечить перпендикулярность оси шпура к поверхности бетона.

Специальное расточное устройство 6 состоящее из опорной шайбы 7 и головки 8, позволяет выполнить кольцевую проточку в шпуре для надежного сцепления бетона с анкером.

Порядок подготовки гидропресса и проведения испытаний показан на рис. 5.

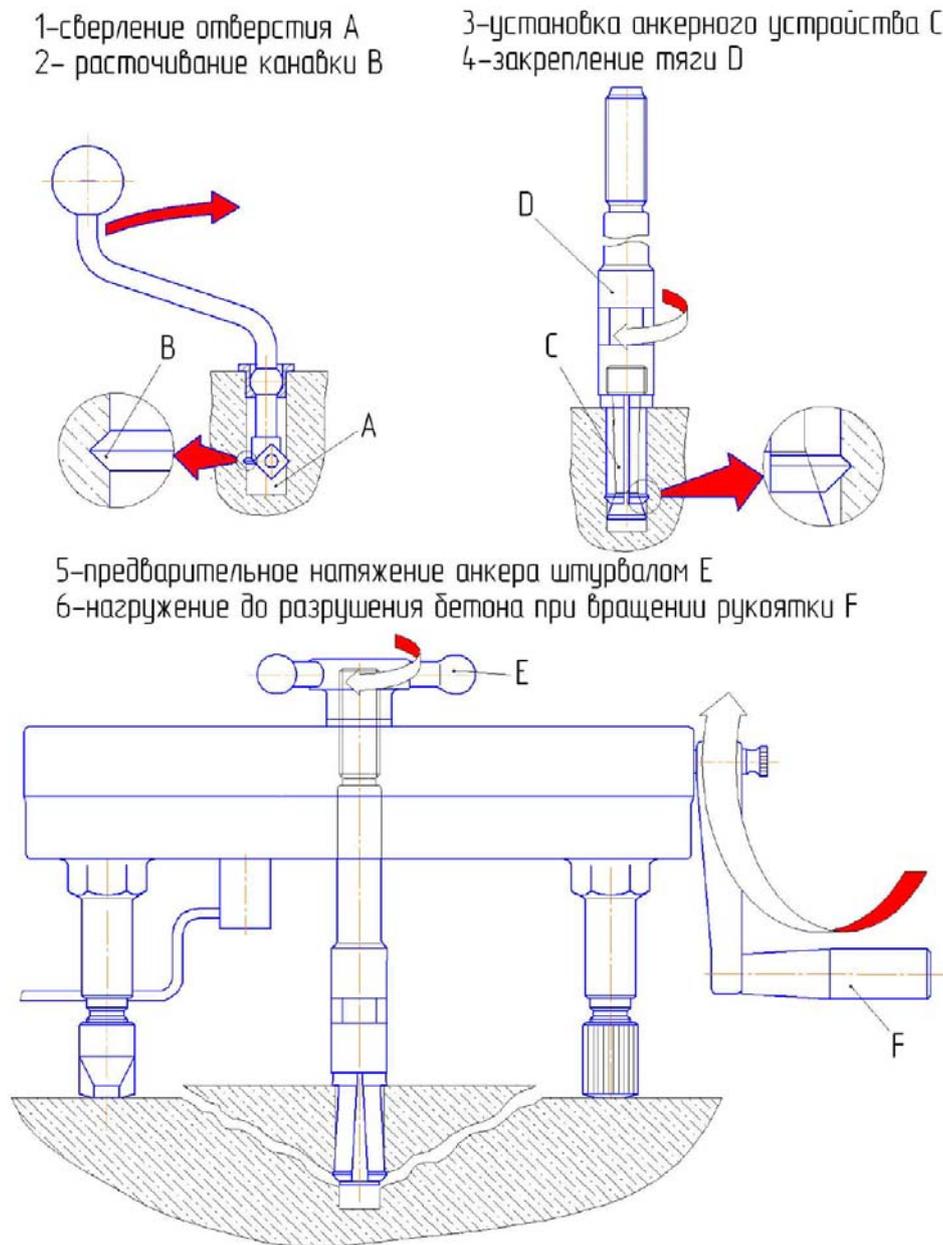


Рис. 5. Порядок проведения испытаний

Порядок работы с прибором состоит из следующих этапов:

✓ Установить анкер в сборе с сегментами в шпур таким образом, чтобы выступы сегментов попали в проточку.

✓ Навинтить на резьбовой хвостовик анкера тягу 6 (рисунок 2) и затянуть гаечным ключом  $S=19$  мм.

✓ Убедиться в надежности фиксации анкера в шпуре покачиванием тяги в стороны.

✓ Привести пресс в исходное состояние, соответствующее его полной разгрузке, вращая рукоятку 2 привода против часовой стрелки до упора. Завернуть опору 5 до отказа.

✓ Установить пресс на тягу через центральное отверстие корпуса 1 и навинтить на резьбовой конец тяги штурвал 7, оставив зазор между торцом штурвала и корпусом, соответствующий примерно половине оборота штурвала.

✓ Поворачивая пресс вокруг тяги, найти устойчивое положение для опоры 4 и удобное для рукоятки 2 привода.

Вывернуть опору 5 до контакта с поверхностью бетона, затянуть рукой штурвал 7, создавая предварительное натяжение тяги с анкером необходимое для надежного базирования прессы на поверхности бетона в трех опорных точках.

При затягивании штурвала 7 не должно происходить проскальзывания анкера в шпуре. В противном случае следует переустановить анкер после дополнительного углубления проточки для обеспечения надежного сцепления бетона с сегментами.

### 3.3. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-СР

ОНИКС-СР предназначен для определения прочности бетона методом скола ребра по ГОСТ 22690 на объектах строительства, при обследовании зданий, сооружений, конструкций, изделий

Прибор используют для уточнения градуировочных характеристик ультразвуковых и ударно-импульсных приборов (ГОСТ 22690, Прил.9; Методические рекомендации НИИЖБ МДС 62-2.01)

Применяется для густоармированных изделий и конструкций (колонн, ригелей, балок и др.), где использование метода отрыва со скалыванием затруднено или невозможно.

Принцип работы прибора заключается в измерении усилия скалывания ребра бетонной (железобетонной) конструкции. Прибор (рис.6) посредством силового кронштейна закрепляется на ребре испытываемого объекта. В процессе нагружения гидропресса усилие в месте контакта скалываемого элемента с поверхностью бетона растет до экстремального значения, при котором происходит скалывание части ребра конструкции,

после чего усилие падает до нуля. Встроенный электронный блок автоматически отслеживает процесс нагружения и запоминает экстремальные точки этого процесса.

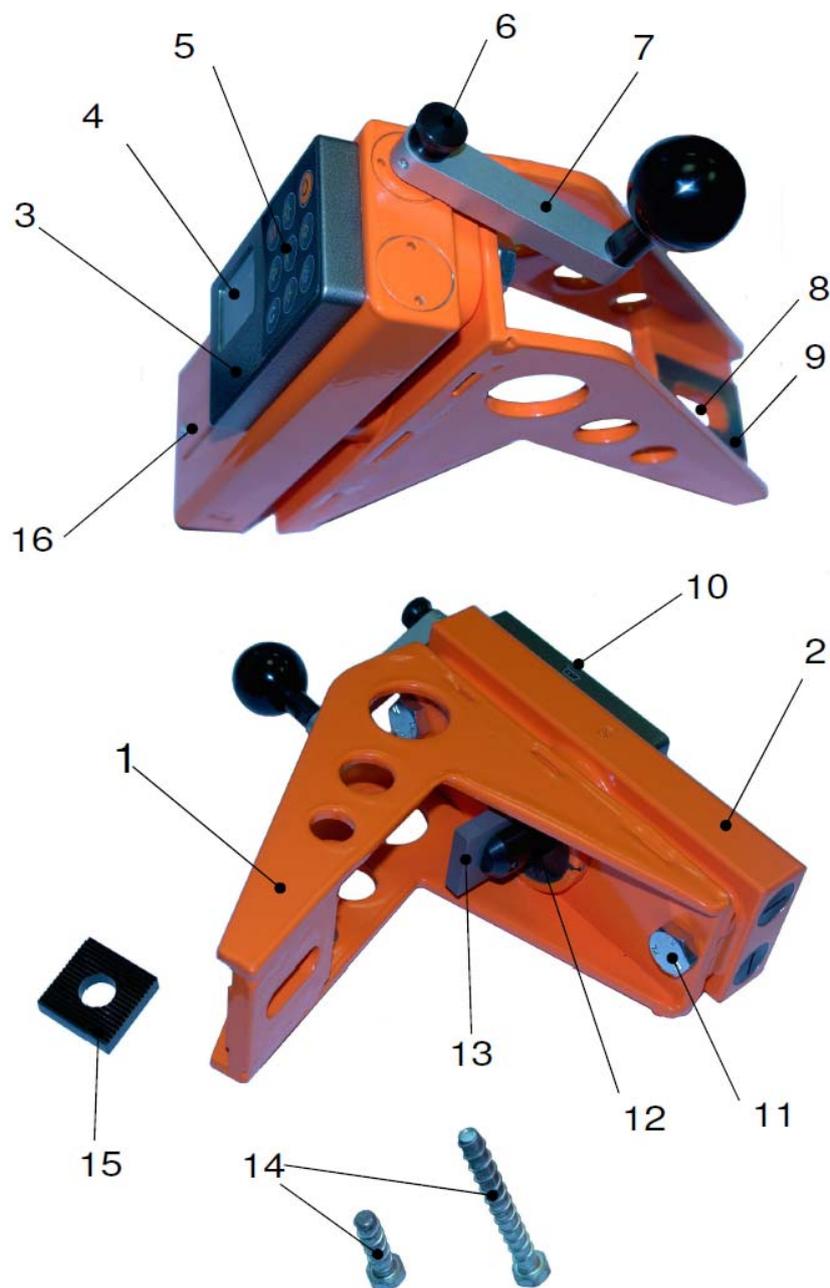


Рис. 6. Общий вид прибора Оникс-СР

В приборе применен новый способ установки на объекте испытания при помощи Г-образного силового кронштейна (см. рис.1), который закрепляется шурупом по бетону на одном из углов железобетонной конструкции, что значительно расширяет область применения устройства,

позволяет работать в труднодоступных и стесненных местах, в условиях, где невозможно крепление прибора способом обхвата конструкции. Конструкция прибора предельно компактна, легка и эргономична.

Передача скалывающего усилия непосредственно с силового поршня гидропресса в зону контакта без применения промежуточных конструктивных элементов позволяет выдерживать максимально близкие значения параметров скалывания, требуемые ГОСТ 22690-88 (см. пп. 2.1), что повышает точность получаемых результатов при проведении испытаний на прочность.

Прибор представляет собой моноблочное силовое устройство, в состав которого входят три основных элемента (рис.8): Г-образный силовой кронштейн 1, гидравлический пресс 2 и электронный блок 3.

Силовой кронштейн 1 имеет платформу 9 с зубчатой насечкой и регулировочным пазом 2. Гидропресс крепится на силовом кронштейне двумя крепежными болтами 11. На объекте контроля силовой кронштейн закрепляют с помощью прижимной пластины 15, имеющей зубчатую насечку, и шурупа по бетону 14. В комплект прибора входят два шурупа длиной 100 мм — для предварительного нарезания резьбы в шпуре, и длиной 50 мм — для закрепления прибора на объекте контроля. Возможно применение вместо шурупов анкерных болтов соответствующих размеров.

Гидравлический пресс имеет корпус 2, в котором смонтированы поршневой насос с рукоятью привода 7 и силовой поршень 12, на штоке которого закреплен скалывающий элемент 13. Рукоять привода фиксируется винтом 6.

Электронный блок 3 расположен на лицевой стороне гидропривода и оснащен 9-ти клавишной клавиатурой 5 и графическим дисплеем 4.

На переднем торце электронного блока находится USB-разъем 10, через который осуществляется заряд аккумулятора и подключение к компьютеру. Доступ к аккумулятору питания прибора осуществляется через крышку батарейного отсека 16.

Перед началом эксплуатации прибора и проведения измерений требуется выполнить установку режимов работы, для этого оператор должен выбрать указанные ниже пункты меню и установить необходимые параметры:

✓ Выбрать вид материала : бетон, либо один из семи дополнительных материалов (при необходимости дать новые названия материалам «Без имени».

✓ Выбрать наименование объекта испытаний (пункт меню *Объект* |) из четырех основных: колонна, ригель, блок, плита, либо четырех дополнительных объектов «Без имени», новые названия которым можно дать с помощью сервисной программы.

✓ Для основного материала «Бетон» установить размер крупности заполнителя:  $<20, >20...< 30$  или  $>30...< 40$  мм.

✓ Выбрать диапазон индикации скорости нагружения: по умолчанию установлены значения  $>0,5...<1,5$  кН/с.

✓ Установить ручной или автоматический режим.

✓ Установить необходимое количество измерений через.

✓ Выбрать удобную для оператора размерность: МПа, кг/см<sup>2</sup>.

Подготовку объекта к испытаниям проводить в соответствии с ГОСТ 22690:

✓ Провести визуальный осмотр объекта (конструкции, изделия). Испытания проводят на участке от 100 до 600 см<sup>2</sup>. Толщина конструкции должна быть не меньше 170 мм.

✓ Выполнить разбивку объекта или выбранных однородных зон на контролируемые участки.

✓ На участке испытания не должно быть трещин, околос бетон, наплывов или раковин высотой (глубиной) более 5 мм. Участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры.

✓ Число испытаний на одном участке должно быть не менее 2, а расстояние между местами испытаний должно превышать 200 мм.

✓ При закручивании шурупа в бетон рекомендуется пользоваться разводным ключом, размеры которого не меньше КР-19.

✓ Бетон должен иметь во всех контролируемых зонах одинаковое влажностное состояние. Если поверхность бетона локально переувлажнена, ее следует подсушить.

✓ Влажность на поверхности бетона рекомендуется контролировать планарным датчиком прибора ВИМС-2.

Закрепление прибора на объекте (рис.7):

✓ Проверить надежность крепления гидравлического пресса 2 на силовом кронштейне 1. При необходимости подтянуть крепежные болты 11.

✓ Выкрутить рукоять 7 привода гидронасоса против часовой стрелки до упора, установив силовой поршень 12 в начальное положение и разгрузив гидропресс.

✓ Силовой кронштейн плотно приложить к ребру объекта контроля, чтобы скалывающий элемент 13 гидропресса находился в контакте с нагружаемой поверхностью бетона.

✓ На поверхности закрепления с помощью мела (карандаша или др.) ближе к передней части регулировочного паза 8 наметить место сверления шпура.

✓ Если при сверлении шпура под буром окажется арматура, то необходимо выполнить новый шпур, при этом сместив место сверления на

50 мм, вдоль объекта и ближе к задней части крепежного отверстия. Регулировочный ход паза составляет 30 мм.

✓ Закрепить прибор на объекте контроля с помощью прижимной пластины 15 и шурупа 14 по бетону длиной 50 мм, входящего в комплект поставки.

✓ Выполнить измерения.

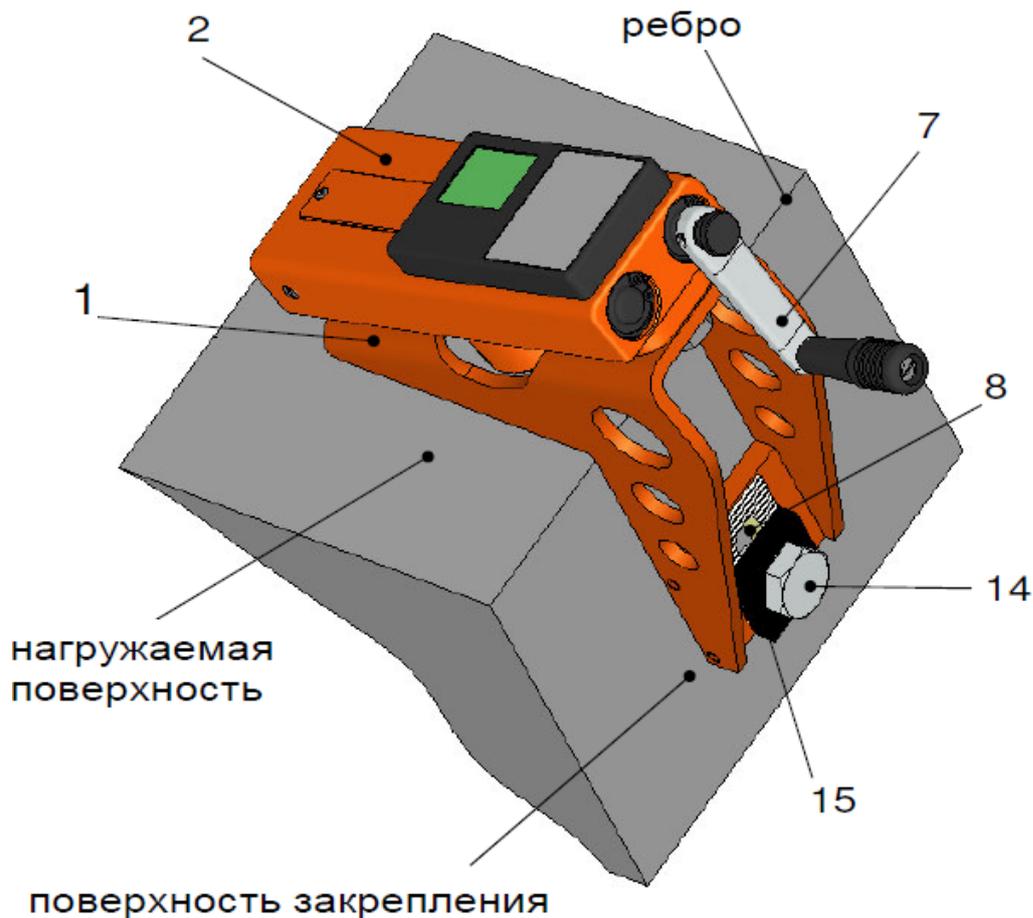


Рис. 7. Подготовка объекта к испытаниям

### 3.4. Определение физико-механических свойств материалов прибором ПУЛЬСАР

Прибор ПУЛЬСАР-предназначен для:

Измерения времени и скорости распространения ультразвука при поверхностном и сквозном прозвучивании объектов контроля.

Контроля прочности, однородности и класса бетона (ГОСТ 17624, Методические рекомендации МДС 62-2.01), кирпича (ГОСТ 24332) и дру-

гих материалов на основании измерения в них времени и скорости распространения ультразвука.

Обнаружения пустот, трещин и других дефектов, при технологическом контроле и обследовании объектов, измерение глубины поверхностных трещин.

Оценки степени зрелости бетона при монолитном бетонировании.

Определения плотности и модуля упругости материалов, звукового индекса абразивов.

Оценки пористости, трещиноватости и анизотропии материалов.

Оценки затухания ультразвука в материалах, изделиях и конструкциях.

Работа прибора основана на измерении времени и скорости прохождения ультразвукового импульса в материале изделия от излучателя к приемнику. Скорость ультразвука вычисляется делением расстояния между излучателем и приемником на измеренное время. Для повышения достоверности в каждом измерительном цикле автоматически выполняется 6 измерений и результат формируется путем их статистической обработки с отбраковкой выбросов. Оператор выполняет серию измерений (задается в серии от 1 до 10 измерений), которая также подвергается математической обработке с отбраковкой выбросов и определением среднего значения, коэффициента вариации, коэффициента неоднородности.

Скорость распространения ультразвуковой волны в материале зависит от его плотности и упругости, от наличия дефектов (трещин и пустот), определяющих прочность и качество. Следовательно, прозвучивая элементы изделий, конструкций и сооружений можно получать информацию о:

- прочности и однородности;
- модуле упругости и плотности;
- наличию дефектов и их локализации;
- форме А-сигнала.

Возможны варианты прозвучивания со смазкой и сухим контактом (конусные насадки), (рис. 8).

Прибор осуществляет запись и визуализацию принимаемых УЗ импульсов, имеет встроенные цифровые и аналоговые фильтры, улучшающие соотношение «сигнал-помеха». Режим осциллографа позволяет просматривать сигналы на дисплее (в задаваемом масштабах времени и усиления), вручную устанавливать курсор в положение контрольной метки первого вступления. Пользователь имеет возможность вручную изменять усиление измерительного тракта и смещать ось времени для просмотра и анализа А-сигналов (сигналов первого вступления и огибающей).

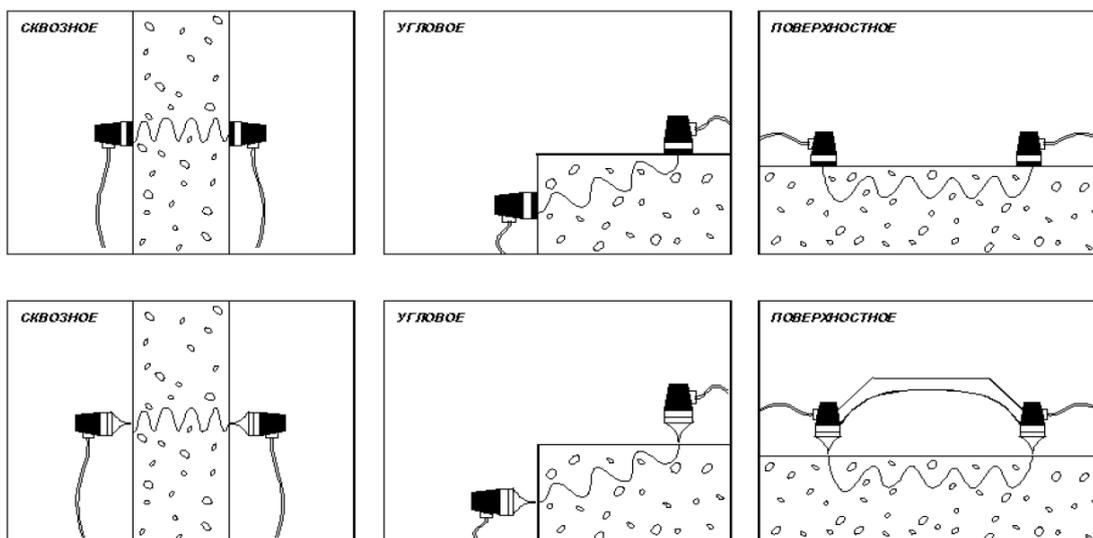


Рис. 8. Варианты прозвучивания

Прибор (рис.9) состоит из электронного блока 1 и ультразвуковых преобразователей – датчиков сквозного прозвучивания 2 и датчика поверхностного прозвучивания 3. На лицевой панели электронного блока расположены 12-ти клавишная клавиатура 4 и графический дисплей 5. В верхней торцевой части корпуса установлены разъёмы 6 для подключения датчика поверхностного прозвучивания или датчиков сквозного прозвучивания. На правой торцевой части прибора расположен разъем USB интерфейса 7. Доступ к аккумуляторам осуществляется через крышку батарейного отсека на задней панели корпуса.



Рис. 9. Общий вид прибора пульсар

### 3.5. Определение влажности материалов прибором ВИМС

ВИМС-2.21 предназначены для оперативного контроля влажности широкого спектра твёрдых и сыпучих материалов, в том числе:

- строительных материалов (ГОСТ 21718): бетон, кирпич, песок, граншлак, щебень мелких фракций, отсев, зола и др.;
- древесины (ГОСТ 16588) и материалов на её основе (дсп, двп, осп, древесные опилки и др.);
- другие материалы, включая грунт, абразивы и т.д.

Сфера применения:

- лабораторный контроль материалов;
- контроль материалов и конструкций на объектах строительства и в полевых условиях.

Принцип измерения основан на взаимосвязи диэлектрических свойств влажного материала с количеством содержащейся в нем влаги при положительных температурах.

Влагомер состоит из измерительного блока, имеющего на лицевой панели 12-ти клавишную клавиатуру и графический дисплей (рис.10), в верхней торцевой части корпуса установлен разъём для подключения преобразователя (датчика), слева от него установлен разъём USB для связи с компьютером. Доступ к аккумуляторам осуществляется через крышку батарейного отсека на нижней стенке корпуса. На левой боковой стенке для удобства работы с влагомером имеется кистевой ремешок.

Объемно-планарный датчик предназначен для контроля влажности твердых и сыпучих материалов. Зондовый датчик используется для контроля влажности в глубинных слоях твердых, сыпучих и пластичных материалов.

#### *Подготовка к работе и включение*

Для работы с влагомером необходимо подключить нужный датчик и включить питание, при этом на дисплее должно сначала появиться сообщение о напряжении питания, а через несколько секунд — главное меню.

Если индицируется сообщение о необходимости заряда батареи или информация на дисплее отсутствует, следует заменить элементы питания или осуществить цикл зарядки батареи, – в соответствии с разделом 3 настоящего описания.

Перед началом измерений следует проверить и при необходимости выполнить установку режимов работы, для этого пользователь должен выбрать указанные ниже пункты меню и установить необходимые параметры.

Через пункт меню «Установки», подменю «Датчик» выбрать тип датчика.

Датчик необходимо держать в воздухе на расстоянии не менее 20 см от посторонних предметов.



Рис. 10. Общий вид прибора пульсар

Выбрать вид материала через пункт главного меню «Материалы».

В зависимости от выбранного типа датчика в подменю «Датчик» группы материалов активизируются следующим образом: для планарного датчика:

- древесина, бетон, кирпич, новые;
- для объемного датчика: сыпучие, новые;
- для зондового датчика: бетон, кирпич, сыпучие, новые.

Через пункт главного меню «Установки» подменю «Кол-во замеров» выбрать необходимое число измерений (единичные или с усреднением по заданному количеству), а через подменю «Режим индикации» желаемый режим индикации.

Убедиться в правильном выборе вида датчика влажности и вида материала, произвести установку нуля датчика.

Перевести влагомер в режим измерения влажности, при этом дисплей выведет следующую информацию (в зависимости от выбранного режима). При работе с объёмным датчиком необходимо загружать материал в датчик тремя слоями и трамбовать каждый слой с усилием около 1 кг до момента стабилизации показаний прибора, когда дальнейшее уплотнение не вызывает рост показаний более, чем на 0,1...0,2%. Загружаемый материал должен заполнить весь объем датчика.

Для зондового датчика поместить его на требуемую глубину в сыпучий или пластичный материал. В твердых материалах необходимо сверлом или буром сделать скважину диаметром  $6+0,1$  мм необходимой глубины. Измерение можно выполнять при различных уровнях погружения зонда, но при этом следует иметь в виду, что для повышения точности измерений глубина погружения зонда должна быть не менее 60-65 мм и объем измеряемого материала должен быть не менее сферы радиусом 60 мм. Если при работе с зондовым датчиком используется насадка (поставляется отдельно), то следует иметь в виду, что коэффициенты материалов (меню «Установки», подменю «Калибров. коэф.») с насадкой и без насадки отличаются. Прибор поставляется только с коэффициентами материалов на датчик без насадки, коэффициенты с насадкой пользователям необходимо уточнять самостоятельно.

При работе с зондовым датчиком в меню прибора включены такие материалы, как глина и грунт. Влагомер позволяет измерять их влажность, но в виду очень большого разнообразия минералогического состава данных материалов универсальной зависимости не существует и в связи с этим в приборе отсутствуют градуировочные коэффициенты. Для работы с прибором необходимо провести индивидуальную градуировку на эти материалы.

При работе с планарным датчиком установить его на контролируемый объект, обеспечив плотное прилегание к поверхности, и после установления показаний считать результат. Контролируемая поверхность должна быть ровной и чистой, не иметь глубоких вмятин и выступов. Планарный датчик следует прижимать с усилием около 1 кг.

Предельная глубина проникновения высокочастотного поля планарного датчика в материал составляет 40.45 мм .

При работе в режиме измерений с усреднением необходимо выбрать количество измерений от 2 до 9. На дисплее размещается одновременно до 9 результатов.

### 3.6. Определение толщины защитного слоя бетона прибором ПОИСК

ПОИСК предназначен для оперативного контроля качества армирования железобетонных изделий и конструкций методом импульсной индукции при обследовании зданий и сооружений, при технологическом контроле на предприятиях и стройках.

Прибор используют для локализации участков залегания арматуры для исключения ошибок при измерениях прочности бетона различными методами (ультразвуковым, ударно-импульсным, отрывом со скалыванием и скола ребра).

Принцип действия прибора заключается в регистрации изменений электромагнитной импульсной индукции датчика прибора при его взаимодействии с элементами стальной арматуры. Электронный блок принимает, преобразует и обрабатывает полученную информацию по заданному алгоритму и позволяет:

- определить положение арматурного элемента;
- измерить  $H$  при известном диаметре арматуры;
- определить неизвестный диаметр арматуры;
- определить положение средних точек между соседними стержнями арматуры.

Поиск арматурных стержней осуществляется путём сканирования поверхности объекта контроля датчиком прибора в выбранном направлении, в сочетании с поворотом вокруг вертикальной оси, до получения минимального показания  $H$ .

Процесс поиска отображается на дисплее числовыми показаниями  $H$ , мм и линейным индикатором.

Для удобства работы в приборе предусмотрен акустический поиск, который позволяет обнаружить арматурные стержни и определить их положение по изменению частоты прерывистого тонального звукового сигнала без постоянного визуального наблюдения за дисплеем прибора. С приближением датчика к арматурному элементу частота тона прерывистого звукового сигнала повышается. Звуковой сигнал становится непрерывным и с максимально высокой частотой звучания, если центральная продольная ось датчика расположена над осью арматурного стержня.



Рис. 11. Общий вид прибора поиск

Прибор состоит из электронного блока и датчика (рис. 11). На лицевой панели электронного блока расположена 12-ти клавишная клавиатура и графический дисплей, в верхней торцевой части корпуса установлен разъем для подключения датчика, и USB-разъем для связи с компьютером и передачи результатов измерений. Доступ к аккумуляторам осуществляется через крышку батарейного отсека в нижней части задней стенки корпуса. В электронный блок прибора встроен датчик – акселерометр для автоматического перевода неработающего прибора в «спящий режим»

Датчик прибора выполнен в эргономичном, легком корпусе, имеет соединительный кабель с разъемом для подключения к электронному блоку. На контактирующей с объектом контроля плоскости датчика для улучше-

ния скольжения установлены четыре сферических твердосплавных опоры.

Пользователю перед началом работы необходимо снять все металлические изделия – кольца, часы и т. п .

Все работы с использованием прибора необходимо начинать с поиска арматуры и построения сетки армирования (проекции арматуры на контролируемую поверхность). При первом включении прибора или при изменении условий работы следует:

- ✓ выбрать вид и сортамент арматуры (главное меню «Параметры», подменю «Вид арматуры»);

- ✓ установить диаметр контролируемой арматуры (главное меню «Диаметр»);

- ✓ выбрать диапазон измерения: большой – В, малый – S или автовыбор – ВА, SA (главное меню «Параметры, подменю «Диапазон измерения»);

- ✓ нажатием клавиши СЮ войти в основной режим измерения;

- ✓ запустить автокоррекцию прибора: зафиксируйте датчик на расстоянии не менее 0,5 м от металлических предметов и нажмите клавишу CD – на дисплее появится сообщение Подождите установка нуля – после завершения автокоррекции дисплей перейдет в рабочий режим.

Автокоррекцию прибора рекомендуется выполнять перед началом измерений и перед каждой новой серией для компенсации влияния температурно-временной нестабильности и обеспечения заданной точности измерений.

### 3.7. Определение коррозии арматуры прибором АРМКОР

АРМКОР-1 предназначен для оперативного контроля степени коррозии арматуры в бетоне методом анализа потенциала микрогальванической пары (датчиком потенциала) и измерения удельного электрического сопротивления в бетоне (датчиком сопротивления)

Применяется при обследовании эксплуатируемых зданий, сооружений, мостов, несущих конструкций, стен, полов и т.п.

Принцип работы прибора основан на определении потенциала микрогальванической пары, который появляется за счет химической реакции между металлом арматуры и телом бетона.

Для подключения земляного электрода к вторичному прибору необходимо найти место расположения и оголеть кусок арматуры в бетоне. Затем подключить заранее подготовленный к измерениям электрод к вто-

ричному прибору и произвести замеры. Электронный блок в ручном либо автоматическом режиме отслеживает и фиксирует показания при обследовании. Данные фиксируются в цифровой и графической форме.

В отличие от аналогов, в электроде прибора применена система двойной колбы. Она позволяет производить доливку раствора, не вынимая медного стержня из электрода.

Наибольшая коррозия проявлена при отрицательных потенциалах — «-999 мВ», соответственно наименьшая — «+999 мВ». На практике свыше +340 мВ крайне редко.

Прибор (рис.12) состоит из электронного блока 1 и датчика-электрода 2, катушки с «земляным» кабелем (рис.13а) и подставки для колбы (рис. 13б).

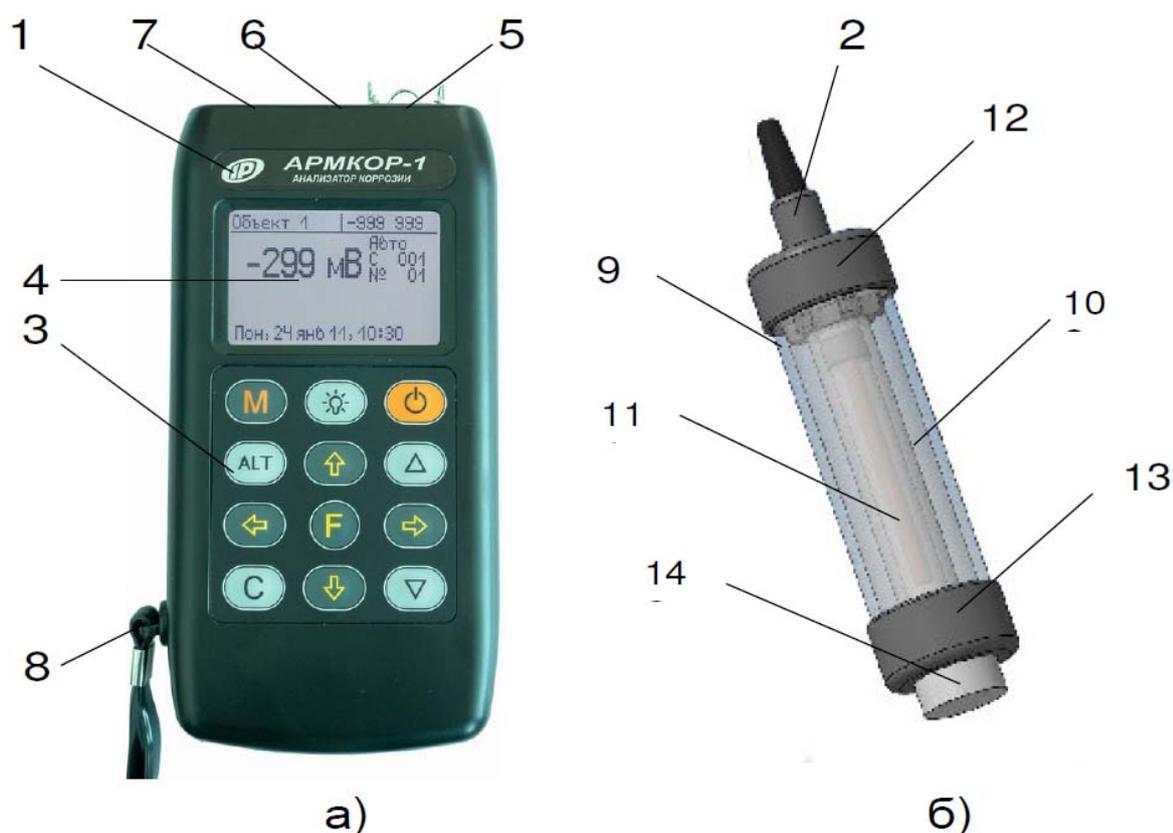


Рис. 12. Общий вид прибора Армкор

Электронный блок (рис. 12а) имеет на лицевой панели 12-ти клавишную клавиатуру 3 и графический дисплей 4. В верхней торцевой части корпуса установлен разъем 5 для подключения датчика-электрода 2, разъем 6 для подключения катушки с «земляным» кабелем, USB-разъем 7 для

связи с компьютером и передачи данных в сервисную программу для детальной обработки полученной информации. Через разъем USB также осуществляется автоматический заряд аккумуляторов от ПК или от зарядного устройства.

Доступ к аккумуляторам питания осуществляется через крышку батарейного отсека на нижней стенке корпуса. На левой боковой стенке имеется кистевой ремешок 8 для удобства работы с прибором.

а)



б)



Рис. 13. Общий вид прибора Армкор

Датчик-электрод (рис.12 б) состоит из основного корпуса-колбы 9, внутренней колбы 10 с медным стержнем 11, закручивающимися крышками 12 и 13, поролонового цилиндра 14.

Катушка с «земляным» кабелем (рис.13а) предназначена для обеспечения контакта между электронным блоком и зачищенным участком арматуры в ж/б изделии («земляной» провод).

Подставка для внутренней колбы датчика– электрода (рис.13б) предназначена для вымачивания деревянной пробки в колбе. Подставка состоит из основного корпуса и дна (на рисунке не отображено).

В приборе предусмотрены два режима работы: автоматический и ручной.

Автоматический режим основан на фиксации усредненного значения за определенный интервал времени.

В ручном режиме измерения возможна мгновенная фиксация результата.

Подготовка объекта:

✓ Провести визуальный осмотр объекта (конструкции, изделия) с целью определения внешних дефектов: трещин, сколов, наплывов и т.д. Если расположение арматуры неизвестно, определить ее проекцию на поверхность бетона прибором "ПОИСК" (или аналогичным прибором) и обозначить мелом.

✓ Выполнить разбивку объекта на контролируемые участки и наметить точки доступа к арматуре.

✓ Выполнить работы необходимые для обеспечения доступа к арматурным стержням (выбуривание, либо скалывание бетона до оголения арматуры).

✓ Зачистить испытываемую поверхность от бетонной крошки, пыли и грязи без использования влажных компонентов (щетка-сметка, продувка воздухом).

✓ Бетон должен иметь во всех контролируемых зонах одинаковое влажностное состояние. Если поверхность бетона локально переувлажнена, ее следует подсушить.

✓ Влажность бетона рекомендуется контролировать прибором ВИМС-2 с планарным датчиком.

✓ Подготовка датчика – электрода:

✓ Установить внутреннюю колбу датчика– электрода в держатель и налить в нее дистиллированную воду до отметки (деревянная пробка должна быть установлена в колбу).

✓ Если спустя 30 мин на дне держателя колбы осталась основная часть налитой в нее воды, значит пробка полностью пропиталась и готова к использованию.

✓ Приготовить раствор медного купороса (40 частей сульфата меди на 100 частей дистиллированной воды).

✓ Вынуть внутреннюю колбу датчика– электрода из держателя и вылить из нее остатки дистиллированной воды. Залить приготовленный раствор медного купороса до края колбы и закрутить крышку.

✓ Из пропитанной пробки должен сочиться раствор медного купороса (от созданного пробкой внутреннего давления). Если раствор медного купороса слабо сочился из пробки, то открутить крышку, долить раствора и закрутить снова. Деревянная пробка должна полностью пропитаться раствором.

✓ Вкрутить внутреннюю колбу в основной корпус электрода.

✓ Залить раствор медного купороса в основной электрод и закрутить крышку.

✓ Поролоновый наконечник слегка смочить в растворе медного купороса и установить в основной электрод.

После выполнения вышеуказанных подготовительных операций можно приступать к измерениям. Один конец «земляного» кабеля закрепить зажимом «Крокодил» на оголенной арматуре, второй конец кабеля подключить к соответствующему разъему на электронном блоке.

### 3.8. Обнаружения и оценки глубины поверхностных несплошностей и трещин в стальных конструкциях прибором ВДЛ-5.2

Вихретоковый дефектоскоп ВДЛ-5.2 (рис.14) предназначен для обнаружения и оценки глубины поверхностных несплошностей и трещин в стальных конструкциях и деталях, в частности, в рабочих лопатках конденсационных и теплофикационных турбин, трещин в металлоконструкциях, сварных швах и т.п.

Например, контролю подвергаются лопатки в начальной зоне фазового перехода, а также все лопатки, работающие в области влажного пара. В процессе контроля выявляются трещины усталостно-коррозионного характера в зоне шириной 25 мм вдоль выходной кромки лопатки со стороны внешней поверхности. Использование вихретокового дефектоскопа для контроля лопаток допускается циркуляром Ц-01-88.

Ряд отраслевых документов рекомендует применение вихретоковой дефектоскопии (ВД) наряду с магнитопорошковой дефектоскопией (МПД) и ультразвуковым контролем (УЗК), а зачастую и взамен их, благодаря меньшей трудоемкости и высокой надежности ВД. Дефектоскоп ВДЛ-5.2 можно использовать для контроля очков барабанов, поверхности гнутых отводов труб и других деталей энергооборудования в качестве дополнительного средства контроля при решении спорных вопросов.

Прибор может применяться также в тех производствах, где необходим периодический неразрушающий контроль оборудования. По функциональным возможностям ВДЛ-5.2 близок к методу МПД и обеспечивает уровни чувствительности по ГОСТ 21105-75, при соответствующем качестве обработки контролируемой поверхности.

Прибор предназначен для работы в условиях умеренного климата при температуре окружающей среды от  $-10$  до  $+50$  °С и максимальной влажности 90% при температуре 25 °С.

Прибор соответствует обычновенному исполнению изделий третьего порядка по ГОСТ 12997-84.

Принцип работы прибора основан на возбуждении вихретоковым преобразователем (ВП) переменного магнитного поля в исследуемом локальном объеме металла и фиксации изменения параметров электрического сигнала ВП при попадании дефекта в зону его действия.

В приборе реализованы "статический" и "динамический" способы получения информации о дефектах. Динамический сигнал, характеризующий наличие дефекта – несплошности, формируется в процессе движения ВП в момент его прохождения над дефектом при сканировании контролируемой поверхности.

В статическом режиме работы индицируется текущая информация с ВП, характеризующая как наличие, так и параметры дефекта.



Рис. 14 Внешний вид прибора ВДЛ-5.2

Новые технические решения дефектоскопа ВДЛ-5.2 обеспечивают повышенную селективность и надежность выявления дефектов, возможность оценки параметров (глубины) выявленных дефектов при изменении свойств объекта контроля (марка стали, толщина, конфигурация, расстояние от края и т.п.).

Прибор может быть использован для контроля углеродистых сталей широкого класса.

В режиме измерения индикатор непрерывно выдает текущую информацию, характеризующую месторасположение преобразователя и состояние объекта контроля в зоне действия датчика (ВП).

Калибровка прибора производится нажатием кнопки «Уст. 0» при установленном на контролируемую поверхность датчике. При этом на табло устанавливается значение 000 с точностью до 9 единиц младшего разряда.

Табло индикатора разделено на две части: старший разряд – уровень чувствительности, три младших – относительное интегральное значение размеров трещин (ширины и глубины).

Чувствительность снижается дискретно от позиции «0» до позиции «9» последовательным нажатием правой кнопки.

При глубоких трещинах и больших неровностях поверхности рекомендуется работать на пониженной чувствительности (значение крайнего слева разряда табло 5...9), так как в этом случае возможно переполнение информации о параметрах трещины (свыше 199).

Максимальная чувствительность светового и звукового сигнала достигается при значении «0» в крайнем левом разряде при диагностике деталей и конструкций с небольшими неровностями и микротрещинами.

Прибор состоит из электронного блока и вихретокового преобразователя (датчика).

На передней панели расположены ЖК-индикатор, светодиодный сигнализатор наличия дефектов, кнопка «УСТАНОВКА НУЛЯ» (слева) и кнопка «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» (справа). В верхней торцевой части корпуса находится разъем для подключения датчика и выключатель питания. На правой боковой стенке расположено гнездо для подключения наушника, на левой боковой стенке – кистевой ремешок. На задней панели корпуса находится крышка батарейного отсека.

Датчик имеет твердосплавный наконечник, обеспечивающий длительный срок его эксплуатации.

ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ производится в следующем порядке

– Очистить подлежащую контролю поверхность от пыли и абразивных частиц, при необходимости удалить окалину и произвести зачистку поверхности.

– Установить правой кнопкой желаемый уровень чувствительности прибора.

– Поставить датчик на бездефектную часть эталонного образца или контролируемого объекта на расстоянии не менее 3,5 мм от края и нажатием кнопки «Уст. 0» произвести начальную установку прибора в «0», при этом на цифровом индикаторе высвечивается значение 000 с точностью до 3 единиц младшего разряда. Усилие прижатия датчика к поверхности должно быть минимальным.

– Переместить датчик по образцу в продольном направлении со скоростью не менее 50 мм/с. При переходе через контролируемую трещину срабатывает световая и звуковая сигнализация наличия дефекта, а на цифровом индикаторе высвечивается текущее значение сигнала. По максимальному показанию оценивают глубину трещины.

– Необходимо учитывать, что нарушения равномерности прижатия ВП и случайные резкие изменения зазора могут привести к ложному срабатыванию.

– При прохождении датчика над трещиной срабатывает световой и звуковой сигнал. Необходимо убедиться в надежности полученной информации путем 3-4-кратного повторения контроля локальной зоны с предполагаемым дефектом, фиксируя месторасположение дефекта по моменту срабатывания светового и звукового сигнала, и максимальное значение относительного уровня дефекта – по цифровому индикатору.

При контроле изделий вблизи края (например, возле кромки лопатки) необходимо выдерживать постоянное расстояние датчика от края. В этом случае настройка (установка нуля) производится на изделии непосредственно в зоне контроля. При расстоянии более 5 мм от края дополнительная настройка не требуется. Датчик необходимо оберегать от резких ударов.

### 3.9. Измерения толщины металла прибором ТУ-1.0

Толщиномер ультразвуковой ТУ-1.0, (далее – прибор), предназначен для измерения толщины стенок труб, котлов, сосудов, обшивок судов, литья, листового проката и других изделий из черных и цветных металлов.

Поверхности изделий могут быть гладкими или грубыми, корродированными с радиусом кривизны от 3 мм и с шероховатостью до Rz160.

Прибор позволяет контролировать изделия из металлов и металлов с лакокрасочными покрытиями, а также из пластмасс, стекла и керамики. Выявлять язвы коррозии площадью около 1 мм<sup>2</sup> на внутренних стенках труб толщиной более 2 мм.

Прибор рассчитан на использование отдельно совмещённого ультразвукового преобразователя с рабочей частотой 5 МГц отечественного или зарубежного производства.

В базовый комплект входит преобразователь производства ЗАО «УЗ-Константа» на 5 МГц П112-5-12/2-Б-02.

Принцип работы основан на ультразвуковом импульсном эхо-методе измерения, который использует свойства ультразвуковых колебаний (УЗК) отражаться от границы раздела сред с разными акустическими сопротивлениями.

Электронный блок вырабатывает запускающий импульс высокого напряжения, подаваемый на излучающую пластину акустического преобразователя, которая излучает импульс УЗК через призму в измеряемое изделие. Импульс УЗК распространяется в изделии до внутренней поверхности изделия, отражается от нее, распространяется в противоположном направлении и, пройдя призму, принимается приемной пластиной.

Время распространения УЗК от одной грани изделия до другой и обратно связано с толщиной изделия формулой:

$$X = VT/2, \quad (2)$$

где  $X$  – измеряемая толщина изделия, м;

$V$  – скорость распространения УЗК в материале изделия, м/с;

$T$  – время распространения УЗК от одной грани изделия до другой и обратно, с.

Прибор (рис. 15) состоит из электронного блока 1 и отдельно-совмещённого преобразователя 2 (далее – датчика), подключаемых с помощью соединительного кабеля.

На лицевой панели корпуса прибора расположены клавиатура и окно графического дисплея. В верхней торцевой части корпуса установлены разъемы для подключения ультразвукового преобразователя и USB-

разъем для подключения к персональному компьютеру. На задней стенке корпуса находится крышка батарейного отсека. На левой стороне корпуса имеется кистевой ремешок.



Рис. 15. Общий вид прибора ТУ-1.0

При первом включении прибора и при изменении вида материала необходимо выполнить следующие действия:

Выбрать вид материала через пункт главного меню «Материал» (меню 1 прил. А).

Установить порог срабатывания ультразвукового сигнала (пункт меню «Установки» → «Порог»).

Установить для выбранного материала скорость УЗК вручную либо откалибровать

Установить требуемую дискретность индикации толщины (пункт меню «Установки» → «Точность»).

Все установленные параметры хранятся в энергонезависимой памяти прибора и не теряются при выключении питания.

Перед измерениями необходимо:

- если контролируемая поверхность покрыта коррозией, следует удалить рыхлую ржавчину;

- нанести смазку на место измерения, при ржавой и неровной поверхности требуется наносить больше смазки, чем при гладкой поверхности, для большей достоверности измерений и продления срока службы датчика, при контроле поверхностей с малым радиусом кривизны желательно использовать более вязкую смазку при обильном нанесении (в качестве смазки на большинстве измеряемых поверхностей можно использовать литол);

- проверить установленные параметры и при необходимости произвести требуемые установки для режима измерений (вид материала, скорость УЗК, и т.д.).

Для проведения измерений необходимо:

- при нахождении в главном меню нажать клавишу «М», нажать клавишу «ALT» для изменения номера новой серии;

- взять прибор в левую руку, а датчик в правую (для удобства работы ремешок прибора следует надеть на кисть левой руки);

- установить датчик на контрольную поверхность изделия через смазку, плотно притереть к поверхности и подождать несколько секунд, за это время показания должны установиться и не меняться;

- при измерении толщины стенок труб, особенно малых диаметров, следует экран, разделяющий призмы преобразователя в виде полоски, ориентировать поперёк оси трубы.

### 3.10. Использование автономного регистратора Автограф 1.2

Прибор автограф-1.2 (рис.16) предназначен для длительного автономного мониторинга ответственных участков конструкций, сооружений, мостов, зданий; деформаций, развития трещин, контроля микроклимата помещений.

Прибор может также использоваться для регистрации процессов сушки древесины, процессов термообработки бетона.

Рабочие условия эксплуатации: диапазон температур от минус 40 °С до плюс 85 °С, относительная влажность воздуха до 100 % без конденсации, атмосферное давление 84...106,7 кПа.

Прибор состоит из алюминиевого корпуса, разделенного на два отсека. Отсек 1 содержит блок измерительной электроники и датчик перемещений 3. Отсек 2 доступен для открытия пользователю, в нем установлен

литиевый элемент питания. На объекте мониторинга прибор крепится через втулки 4 диаметром 4 мм, одна из которых является частью корпуса, а вторая закреплена на штоке датчика перемещения. На нижней боковой стороне корпуса крепится датчик температуры и влажности среды 5, защищенный от внешних воздействий влагопроницаемым колпачком из пористого фторопласта и металлическим кожухом. Для запуска и прерывания процесса регистрации на корпусе имеется кнопка «СТАРТ/СТОП» 8 и светодиод 6.

На верхней боковой стороне корпуса находится разъем для связи с персональным компьютером 7 (прибор комплектуется кабелем связи и специальной программой, позволяющей изменять параметры прибора).

На лицевой панели корпуса установлен светодиод 6, сигнализирующий о состоянии прибора (мигает при включении/выключении и при записи измеренных показаний датчиков в память).



Рис. 16. Общий вид прибора Автограф 1.2

Запуск процесса регистрации прибора осуществляется двумя способами:

нажатием и удержанием на несколько секунд кнопки 8 «СТАРТ/СТОП»;

выбором меню «Прибор» – «Запуск процесса регистрации» программы связи с компьютером. При подключении прибора к ПК можно считывать полученные в процессе регистрации данные, изменять параметры процесса регистрации.

Установленный на объект мониторинга прибор с датчиком, после включения автоматически начинает процесс регистрации через заданное время задержки регистрации. Задержка начала регистрации устанавливается в программе связи и может составлять от одной минуты до 24 часов.

Данные с датчиков температуры, влажности и деформации через заданные пользователем интервалы времени записываются во внутреннюю энергонезависимую память прибора. Завершение процесса регистрации производится автоматически по окончании заданного времени, длительным нажатием кнопки 8 «СТАРТ/СТОП» или выбором меню «Прибор» – «Останов процесса регистрации».

Подготовка к работе:

– Внешним осмотром убедиться в отсутствии механических повреждений прибора. Особое внимание обратить на свободный ход штока датчика перемещения и на датчик температуры/влажности.

– Для изменения параметров регистрации (длительность процесса, период отсчетов, задержка начала регистрации) необходимо подключить через разъем 7 на приборе кабель связи к СОМ-порту компьютера, кратко нажать кнопку «СТАРТ/СТОП» на приборе.

– Запустить обслуживающую программу «Регистратор автономный». Работа с программой подробно описана в Приложении 1 данного руководства, а также во встроенной справочной системе программы, вызываемой через меню «Помощь».

Порядок работы:

– Навинтить на боковой разъем датчик температуры и влажности 5. Нажать кнопку включения «СТАРТ/СТОП» с удержанием, при этом должен сначала длительно, затем 3 раза коротко мигнуть светодиод. Процесс регистрации запустится после заданной в программе связи задержки регистрации. Если при нажатии кнопки светодиод сразу 3 раза коротко мигает, значит процесс регистрации уже запущен.

– Аккуратно установить прибор на объект мониторинга, закрепить при помощи саморезов, из комплекта анкеров.

– В течение установленной длительности процесса полученные данные будут записываться в память прибора с заданным периодом отсчетов.

– При установке прибора на объект мониторинга пользователь должен предусмотреть защиту прибора от прямого попадания капель дождя, воды либо агрессивных химических реагентов.

– Для оперативного контроля полученных данных на объекте мониторинга прибор можно подключить к ПК специальным кабелем связи. Запуск процесса регистрации осуществляется из программы связи, меню «Прибор» – «Запуск процесса регистрации».

Завершение работы:

– Осторожно и без чрезмерных усилий снять прибор с объекта. Для принудительного завершения процесса регистрации данных нажать с

удержанием кнопку «СТАРТ/СТОП», светодиод при этом должен мигать 3 раза коротко, затем длительно. Если светодиод сразу мигает длительно, значит процесс регистрации уже завершен.

– При повторном нажатии кнопки с удержанием (светодиод мигает длительно, затем 3 раза коротко) прибор заново начнет процесс регистрации с учетом задержки регистрации.

– Для полного отключения прибора нажать кнопку «СТАРТ/СТОП» с удержанием, при этом светодиод будет мигать 3 раза коротко, затем длительно.

Для проверки состояния прибора необходимо кратко нажать кнопку. Идущий процесс регистрации индицируется тремя короткими миганиями светодиода, остановленный – однократным длительным миганием.

### 3.11. Измерители механических напряжений и параметров виброколебаний ИНК-2.4

Измерители механических напряжений и параметров виброколебаний ИНК-2.4 (рис.17) предназначены для измерения:

– механических напряжений в преднапряжённой арматуре при производстве железобетонных изделий и конструкций частотным методом по ГОСТ 22362-77;

– параметров виброколебаний (частоты, среднеквадратичного значения виброскорости и амплитуды виброперемещения) виброплощадок, промышленных установок, строительных конструкций и т.п.

Приборы выпускаются в трех модификациях:

Модификация ИНК-2.4Н предназначена для измерения механических напряжений в преднапряжённой арматуре и частоты колебаний. Комплектуется датчиком напряжений на магнитной платформе ДН-1. Дополнительно (по заказу) прибор комплектуется датчиком напряжений с магнитным креплением на арматуру ДН-2.

Модификация ИНК-2.4К предназначена для измерения механических напряжений в преднапряжённой арматуре и частоты, среднеквадратичного значения (СКЗ) виброскорости, амплитуды виброперемещения. Комплектуется двумя преобразователями: датчиком напряжений на магнитной платформе ДН-1 и датчиком вибрации с встроенной электроникой ВД-39.1А. Дополнительно (по заказу) прибор комплектуется датчиком напряжений с магнитным креплением ДН-2.

Модификация ВИСТ-2.4 предназначена для измерения частоты, среднеквадратичного значения виброскорости, амплитуды виброперемещения

и комплектуется датчиком вибрации с встроенной электроникой ВД-39.1А. Модификация выпускается в двух исполнениях: исполнение 1 – электронный блок с девятью клавишами и связью с компьютером при помощи блока связи БСК; исполнение 2 – электронный блок с двенадцатью клавишами и расширенным диапазоном показаний частоты колебаний в режиме виброметра от 5 до 1000 Гц, связь с компьютером осуществляется при помощи кабеля USB.



Рис. 17. Общий вид прибора ИНК-2.4:  
 1 – электронный блок ;2 – разъем USB;3 – разъем для кабеля ;4 – датчик колебаний;5 – вибродатчик (без магнита); 6 – чувствительный элемент ;  
 7 – магнитная платформа; 8 – винт регулировки положения по высоте;  
 9 – кистевой ремешок

Приборы предназначены для работы при температуре окружающей среды от минус 10 °С до +40 °С и максимальной влажности 80 % при температуре +25 °С.

Прибор соответствует обычному исполнению изделий третьего порядка по ГОСТ Р 52931-08. Прибор содержит преобразователь индуктивный (далее датчик колебаний) для измерения механических напряжений в арматурных элементах, датчик виброускорения (далее вибродатчик) и электронный блок.

Прибор в режиме измерения механических напряжений производит измерение частоты колебаний арматурного элемента и вычисления: напряжения  $\sigma$ , его отклонения от проектного значения  $\varepsilon$  и поправки  $\Delta L$  на длину заготовки стержня.

Прибор в режиме виброметра производит измерение частоты, среднеквадратичного значения виброскорости и амплитуды колебаний.

Результаты измерений формируются после статистической обработки серии измерений и заносятся в долговременную память прибора.

Внешний вид прибора ИНК– 2.4К приведен на рис. 17. На лицевой панели корпуса электронного блока расположены клавиатура и окно графического дисплея. В верхней торцевой части корпуса находится разъем для подключения датчиков 3, а также разъем USB 2 для передачи и обработки результатов измерения на компьютере. На задней панели корпуса находится крышка батарейного отсека, а на левой боковой стенке – имеется кистевой ремешок 9.

В датчиках колебаний применено магнитное основание (платформа) 7 для быстрой установки на рабочей поверхности объекта контроля, например: на поддонах или формах. Вибродатчик в центре основания имеет резьбовое крепление и комплектуется крепежным магнитом.

При работе с прибором необходимо выполнять следующее:

к проведению измерений допускать лиц, обученных правилам техники безопасности, изучивших устройство оборудования, технологию виброформования и натяжения арматуры;

предусмотреть и строго выполнять меры, обеспечивающие соблюдение требований безопасности на случай обрыва арматуры при измерении механических напряжений;

лица, не участвующие в проведении измерений, не должны находиться в зоне натянутой арматуры;

для лиц, участвующих в измерении напряжений в арматуре, необходимо обеспечить надёжную защиту на случай обрыва арматуры в виде установки щитов, защитных сеток, съёмных инвентарных хомутов и козырь-

ков, предупреждающих выброс захватов, оборвавшихся стержней в стороны и вверх от продольной оси арматурного элемента;

перед установкой датчика на объект проверить наличие заземления последнего;

стендовые линии, виброустановки, силовые формы, поддоны, инвентарные тяги и захватные приспособления перед сдачей в эксплуатацию должны подвергаться статическим испытаниям на нагрузку, превышающую проектную на 25%, указанным испытаниям они должны подвергаться после ремонта и не реже одного раза в три месяца при нормальной эксплуатации.

### 3.12. Измерители механических напряжений и параметров виброколебаний прибором ИНК-2.4

Прибор «ИТС-1» предназначен для измерения теплопроводности и теплового сопротивления строительных и теплоизоляционных материалов методом стационарного теплового потока в соответствии с ГОСТ 7076-99.

Прибор может использоваться при контроле качества выпускаемой продукции на предприятиях, производящих строительные и теплоизоляционные материалы, а также при обследовании зданий, сооружений и конструкций.

Прибор состоит из измерительной ячейки (теплозащитный кожух, нагреватель и холодильник) и электронного блока, размещённых в едином корпусе.

На лицевой панели прибора расположены клавиатура и графический индикатор. На задней торцевой стенке расположены выключатель, разъём шнура сетевого питания с защитными предохранителями: основным и запасным.

Условия эксплуатации прибора, при которых обеспечиваются нормированные метрологические характеристики:

- температура окружающего воздуха  $10 \div 35^\circ\text{C}$ ;
- относительная влажность воздуха от 30 до 80 %.

Принцип действия прибора основан на создании проходящего через исследуемый плоский образец стационарного теплового потока. По величине этого теплового потока, температуре противоположных граней образца и его толщине вычисляется теплопроводность образца  $\lambda$  по формуле:

$$\lambda = \frac{d \cdot q}{\Delta T}, \quad (3)$$

где  $d$  – толщина образца;

$q$  – плотность теплового потока, проходящего через образец;

$\Delta T$  – разность температур между противоположными гранями образца.



Рис. 18. Внешний вид измерителя теплопроводности

Тепловое сопротивление  $R$  образца вычисляется по формуле:

$$R = \frac{\Delta T}{q}. \quad (4)$$

Исследуемый образец должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда, лицевые грани которого – квадрат с размерами  $150 \times 150$  мм. Толщина образца должна находиться в пределах  $10 \dots 25$  мм.

Перед включением прибора необходимо убедиться, что подключена нагревательная пластина через разъем на задней торцевой стенке прибора. Далее следует включить прибор в сеть и выключателем на задней торцевой стенке прибора включить питание, при этом на несколько секунд на дисплее индицируется название прибора и его версия, после чего прибор переходит в режим измерений. Сетевая розетка (евро) должна иметь защитное зануление на третьем контакте.

Для измерений изготавливают образцы в виде прямоугольного параллелепипеда, наибольшие грани которого имеют форму квадрата с размерами 150×150 мм. Толщина образцов должна находиться в диапазоне 10...25 мм.

Грани образца, контактирующие с рабочими поверхностями плит прибора, должны быть плоскими и параллельными. Отклонение лицевых граней жесткого образца от параллельности не должно быть более 0,5 мм.

Жёсткие образцы, имеющие разнотолщинность и отклонения от плоскостности, шлифуют.

Толщину образцов измеряют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм в четырёх углах на расстоянии  $(50,0 \pm 5,0)$  мм от вершины угла и посередине каждой стороны.

За толщину образца принимают среднеарифметическое значение результатов всех измерений.

Следует учитывать, что при измерении теплопроводности наибольший вклад в погрешность вносят боковые потери, обусловленные неидеальностью тепловой изоляции измерительной ячейки, и тепловое сопротивление переходов образец-нагреватель и образец-холодильник, вызванные неплоскостностью рабочих поверхностей образца. Исходя из этого, для проведения измерений с наименьшей погрешностью для измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов, желательно выбирать образцы минимальной толщины (10...15 мм). Для измерения теплопроводности образцов с высокой теплопроводностью желательно иметь образцы максимальной толщины (20...25 мм), кроме того, рабочие грани образцов должны иметь минимальные отклонения от плоскостности.

Для проведения измерений необходимо вставить в измерительную ячейку между холодильником и нагревателем образец, защелкнуть фиксаторы на корпусе, после чего прижать образец с требуемым усилием фиксирующим винтом до появления 2-3 щелчков при повороте винта.

Нажатием клавиши «,» включить режим измерения. Прибор запросит с пользователя толщину образца в мм и ожидаемое значение его теплопроводности. Ввод ориентировочного значения теплопроводности ускоряет процесс замера. Затем автоматически включится режим измерения, по окончании которого прибор выдаст значение теплопроводности измеряемого образца и автоматически начнет новое измерение.

Рекомендуется проводить 3 измерения на одном образце и брать среднее значение. Первый замер наименее точный. Температура окружающей среды в течении цикла измерений должна быть стабильной  $\pm 0,5^\circ\text{C}$ . При

этом условии и толщине образца 10-25 мм время первого замера в цикле 50 мин., следующих 25 мин.

Для остановки серии измерений необходимо нажать кнопку «⏏» и подтвердить необходимость остановки. Можно также просто выключить прибор, при этом результаты уже проведенных измерений сохраняются в энергонезависимой памяти прибора.

### 3.13. Испытательный мобильный пресс МИП

Пресс испытательный мобильный МИП (рис.19) предназначен для механических испытаний на сжатие образцов-кубов и кернов (цилиндров) из бетона по ГОСТ 10180 и ГОСТ 28570, горных пород по ГОСТ 21153.2 и ГОСТ 26447, других строительных материалов.

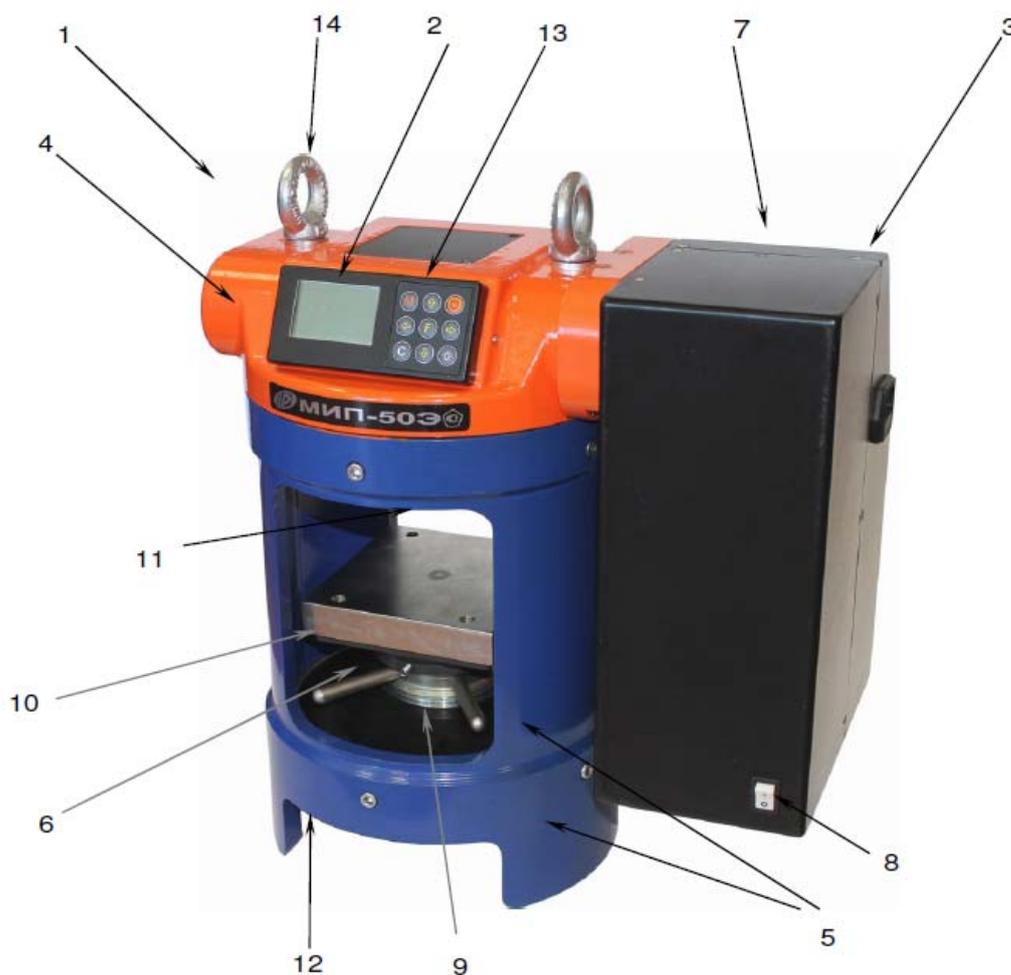


Рис. 19. Внешний вид измерителя теплопроводности

С дополнительными приспособлениями прибор позволяет проводить испытания по определению прочности на сжатие, при раскалывании и изгибе половинок кирпича по ГОСТ 8462.

Область применения: приборы применяются в строительстве при обследовании зданий и сооружений, непосредственно на объектах строительства, в заводских и передвижных лабораториях.

Приборы выпускаются в двух модификациях в зависимости от диапазона измерений и двух исполнениях в зависимости от способа нагружения:

– модификация МИП-25Э исполнение 2 имеет диапазон измерения от 50 до 250 кН и электрический привод нагружения;

– модификация МИП-50Э исполнение 2 имеет диапазон измерения от 50 до 500 кН и электрический привод нагружения.

Рабочие условия эксплуатации: диапазон температур окружающего воздуха – от минус 10 °С до плюс 40 °С, относительная влажность воздуха при +25°С и ниже без конденсации влаги до 90 %, атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Принцип работы прибора основан на измерении предельной нагрузки  $F_0$ , соответствующей разрушению образца, при испытании его на сжатие. В процессе нагружения образца сжимающая сила  $F$  монотонно возрастает вплоть до разрушения образца, после чего падает до нуля. Электронный блок автоматически фиксирует процесс сжатия образца, запоминает предельную нагрузку в момент разрушения и вычисляет прочность  $R$  материала, МПа (кгс/см<sup>2</sup>), согласно ГОСТ 10180.

Прибор (рис. 19) с электроприводом состоит из гидравлического пресса 1, встроенного в корпус гидропресса электронного блока 2 и электрического мотор-редуктора 3.

В состав пресса входят три основных силовых элемента: корпус силового возбудителя 4, разъемный каркас 5, изготовленный из двух половин толстостенной трубы, и опорный диск 6.

В корпусе силового возбудителя размещены два приводных и силовой (рабочий) гидроцилиндры. Поршни приводных гидроцилиндров приводятся в движение с помощью мотор-редуктора (на рисунке редуктор закрыт кожухом 7), имеющим электронное управление. На лицевой стороне кожуха располагается кнопка 8 включения «Сеть». На боковой стенке кожуха находится разъем для подключения силового кабеля питания 220 В, на нижнем торце кожуха – кнопка аварийного старта.

В центре опорного диска расположен регулировочный винт 9 с горизонтально закрепленной нижней плитой 10, на которую устанавливается образец. На силовом (рабочем) поршне через шаровую опору закреплена

На нижнем торце каркаса 5 располагаются четыре отверстия 12 с резьбой М10, предназначенные для закрепления прибора на жестком основании.

Электронный блок 2 расположен на лицевой стороне корпуса силовозбудителя 4 и оснащен 9ти клавишной клавиатурой и графическим дисплеем. На верхнем торце электронного блока находится USB-разъем 13, через который происходит подключение к компьютеру.

Перемещение пресса на близкие расстояния осуществляется путем перевозки на тележке, либо переноской двумя людьми на стальной трубе Ø20 мм, продетой через два рым-болта 14.

В приборе предусмотрена защита от перегрузки по усилию, поэтому при достижении нагрузки превышающей на 1 % значение верхнего предела измерений (250 + 2,5 кН) для модификаций МИП-25Э и (500 + 5,0 кН) для модификаций МИП-50Э, прибор фиксирует результат нагружения и автоматически запускает процесс разгрузки.

### 3.14. Прибор диагностики свай СПЕКТР-2.0

Прибор предназначен для определения длины свай, обнаружения и локализации дефектов, получения сейсмоспектрального профиля. СПЕКТР-2.0 позволяет проанализировать реакцию объекта на ударное воздействие одновременно по 2 каналам во временной и спектральной области. Может использоваться в качестве двухканальной сейсмостанции. Прибор состоит из одного (двух – по заказу) датчиков ускорения (сейсмоприёмников) и электронного блока. Сейсмоприёмник воспринимает механические колебания исследуемого объекта, преобразует их в электрический сигнал и передаёт его в электронный блок. Электронный блок производит запись и последующую обработку полученного сигнала.

Общий вид прибора представлен на рис. 20. Прибор состоит из:

- 1) корпус электронного блока;
- 2) клавиатура, предназначена для управления прибором во всех режимах работы;
- 3) экран ЖК, предназначен для отображения информации во всех режимах работы;
- 4) разъемы для подключения сейсмоприёмника;
- 5) разъем для подключения к компьютеру через интерфейс USB;

- 6) вход внешней синхронизации;
- 7) вибродатчик (сейсмоприёмники);
- 8) разъем для подключения внешнего источника питания 5V.



Рис. 20. Внешний вид измерителя теплопроводности

Работа прибора основана на спектральном анализе собственных частот сваи. Колебания возбуждаются с помощью удара молотка. Длины вычисляются на интересующих частотах при известной скорости распространения упругих колебаний в теле сваи. (При проведении обследований скорость можно рассчитать по свае с известной длиной).

Сейсмоприёмник устанавливается рядом на сваю, включается режим регистрации и производится удар по свае. Прибор производит регистрацию сигнала, по которому рассчитывается сейсмоспектр колебаний исследуемой сваи.

Для подготовки прибора к работе следует подключить сейсмоприёмники к соответствующим разъёмам электронного блока и включить прибор с помощью клавиши « $\phi$ ». При этом будет автоматически выполнено тестирование напряжения питания, памяти результатов, часов реального времени; после тестирования устройств на экране ЖК отобразится главное меню, индикатор напряжения питания, текущее время – и прибор готов к работе.

Если появится сообщение «Зарядите АКБ!» или дисплей не работает, следует зарядить аккумуляторы в соответствии с разделом 8 настоящего руководства.

Перед проведением измерений следует подключить сейсмоприёмники к прибору и установить их на объекте исследования. Сейсмоприёмники устанавливаются на торец сваи посредством приклеивания на какую-либо мастику, «сырую резину» или пластилин. В случае невозможности установки сейсмоприёмников непосредственно на торец, можно установить их через имеющуюся в комплекте установочную шпильку, вставленную в отверстие, просверленное на боковой поверхности сваи под углом 30-45°. Так же можно закреплять сейсмоприёмники на металлический уголок, прикрепленный анкером к боковой поверхности сваи. Включить прибор и задать основные параметры измерения в меню «Рабочие параметры». Затем перейти в режим измерений для регистрации колебаний исследуемого объекта.

При проведении измерений рекомендуется устанавливать усиление в измерительных каналах таким образом, чтобы избежать ограничения сигнала. Ограничение приводит к искажению спектра и, как следствие, ухудшает качество последующего анализа.

Важно помнить, что при установке длины записи более 2048 значений прибор будет вычислять амплитудный спектр только по первым 2048 значениям. Поэтому записи длиной более 2048 значений следует анализировать исключительно в компьютерной программе, в которой спектральное разрешение составляет 8000 линий спектра.

### 3.15. Измеритель теплофизических величин ТЕПЛОГРАФ

Измеритель теплофизических величин «Теплограф» предназначен для измерения и регистрации тепловых потоков через ограждающие конструкции строительных объектов, промышленного (теплоэнергетического) оборудования, температуры ограждающих конструкций и температуры окружающей их сред, в том числе с целью количественной оценки эффективности их тепловой защиты.

Теплограф применяется на предприятиях, производящих строительные и теплоизоляционные материалы, в строительных организациях и лабораториях, проводящих обследование зданий, сооружений и конструкций.

Принцип работы Теплографа заключается в преобразовании плотности тепловых потоков в электрический сигнал напряжения с помощью датчиков тепловых потоков (ДТП), преобразовании температуры в сопротивление с помощью платиновых термопреобразователей (датчиков) сопротивления (ПДТ) или непосредственно в цифровой код с помощью цифровых датчиков температуры (ЦДТ), измерении сигналов напряжения и сопротивления и преобразовании их в цифровой код, дальнейшем преобразовании кода в поименованные величины, в соответствии с номинальными статическими характеристиками, хранении и отображении массивов измерительной информации и передачи данных во внешние устройства.

Теплограф состоит из регистратора и подключенных к нему модулей различных модификаций, включающих в себя адаптеры ДТП, ПДТ и ЦДТ.

Регистратор (рис. 21) выполнен в виде электронного блока и имеет на лицевой панели 12-клавишную клавиатуру 1 и графический дисплей 2 для отображения результатов измерений. На боковой стенке корпуса располагается кистевой ремешок 3 для удобства использования регистратора. На верхней боковой стенке корпуса регистратора установлен разъем 4 для подключения Теплографа к компьютеру при помощи кабеля USB и разъем 5 для подключения соединительного кабеля 6 «Регистратор – модуль». Питание Теплографа осуществляется от двух аккумуляторов или внешнего блока питания 5В. Аккумуляторы помещаются в батарейный отсек на задней панели корпуса регистратора. Доступ к аккумуляторам осуществляется через крышку батарейного отсека. Внешний блок питания 5В подключается к регистратору через разъем 4 USB.



Рис. 21. Общий вид регистратора

Модули изготавливаются в трех модификациях в зависимости от количества подключаемых к модулю датчиков каждого типа. Модули любой модификации выполнены в прямоугольных корпусах и содержат определенное количество встроенных адаптеров с измерительными каналами. Все модификации модулей идентичны по измерительным каналам ДТП, ПДТ, ЦДТ (не зависимо от количества подключенных датчиков и модификации модулей).

Встроенные адаптеры обеспечивают передачу сигналов с датчиков в измерительный тракт модулей. Условные обозначения встроенных адаптеров и порядковые номера соответствуют маркировке на лицевой панели модулей А1; А2; А3 и т.д. Все модули промаркированы в соответствии с модификацией. В центре лицевой панели модулей всех модификаций име-

ется индикатор красного цвета, который при правильной работе модуля включается / выключается один раз в секунду.

На нижней боковой стенке корпуса модулей всех модификаций имеется два разъема с маркировкой «Линии связи» для подключения соединительных кабелей. При подключении модуля к регистратору соединительный кабель «Регистратор – модуль» подключается к любому из разъемов «Линия связи». При соединении модулей между собой (при заказе от двух до четырех модулей) к разъемам «Линии связи» подключаются соединительные кабели «Модуль – модуль». На остальных боковых стенках корпуса расположены разъемы для подключения датчиков: ДТП; ПДТ и ЦДТ в соответствии с маркировкой разъемов.

К модулю-07 (рис. 22) в разъемы «Д1Д2» подключаются совмещенные датчики ДТП и ПДТ, в разъемы «Д3» – датчики ПДТ, в разъемы «Д4», «Д5», «Д6» и «Д7» – датчики ЦДТ.



Рис. 22. Общий вид модуля – 07

К модулю-02 (рис. 23) в разъемы «Д1Д2» и «Д4Д5» подключаются совмещенные датчики ДТП и ПДТ, в разъемы «Д3» и «Д6» – датчики ПДТ, в разъемы «Д7» и «Д8» – датчики ЦДТ.



Рис. 23. Общий вид модуля – 02

К модулю-01 (рис. 24) в разъем «Д1» подключается датчик ДТП, в разъемы «Д2» и «Д3» – датчики ПДТ, в разъемы «Д4» и «Д5» – датчики ЦДТ.



Рис. 24. Общий вид модуля-01

Датчики (ДТП, ПДТ и ЦДТ) состоят из чувствительного элемента, кабеля и соединительного разъема с маркировкой условных обозначений датчиков Д1; Д2; Д3 и т.д., порядковых номеров встроенных адаптеров А1; А2; А3 и т.д., к которым следует подключать датчики.

Датчики ДТП и ПДТ могут быть конструктивно изготовлены с одним общим кабелем и разъёмом для подключения к модулю (рис. 25).

Определение сопротивления теплопередаче и термического сопротивления ограждающих конструкций прибором Теплограф следует проводить в соответствии с рекомендациями ГОСТ 26254, блоков оконных и дверных по ГОСТ 26602.1. Данные документы содержат указания по правильному выбору объектов и зон проведения измерений, порядок сбора и обработки

результатов. Перед проведением измерений необходимо внимательно изучить указанные ГОСТы и составить программу испытаний.

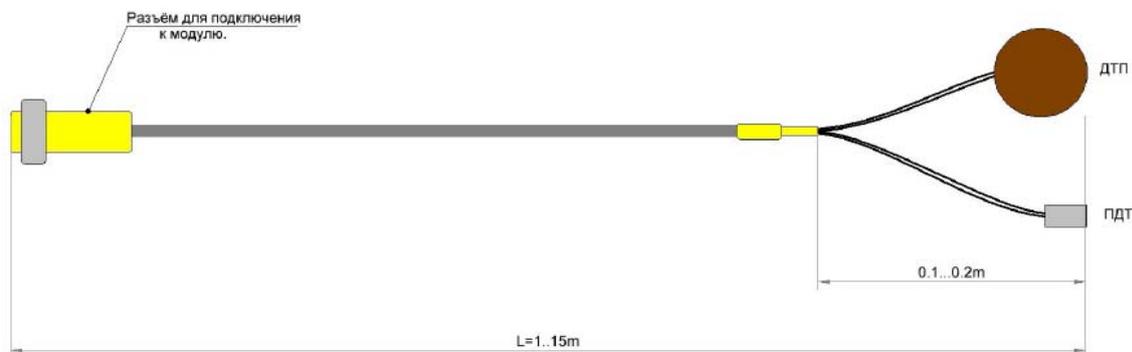


Рис. 25. Общий вид совмещенного датчика ДТП и ПДТ

Чтобы подготовить Теплограф к работе необходимо установить регистратор и модули в предназначенном для этого месте, обеспечив защиту от механических и атмосферных воздействий: ударов, пыли, грязи, дождя, прямых лучей солнца и т.п.

Расположить датчики на измеряемом объекте, при этом участки, выбранные для измерений, должны иметь одинаковые условия по лучистому теплообмену и не должны находиться в непосредственной близости от элементов, которые могут изменить направление и значение тепловых потоков. Датчики ДТП располагают на внутренней стороне ограждающей конструкции, притирая их к поверхности через тонкий слой теплопроводящей пасты без образования воздушного зазора между датчиком и измеряемой поверхностью. Датчики ПДТ также плотно, без воздушных зазоров, притирают к внутренней и наружной поверхностям исследуемого участка и закрепляют в этом положении по ГОСТ 25380. Степень черноты используемых клеящих материалов должна быть близка к степени черноты поверхностного слоя объекта измерений.

При размещении датчиков необходимо обеспечить защиту их от повреждений и удаленность от источников сильных помех (не допускается наличия силовых проводов и кабелей в непосредственной близости с датчиками, линиями связи и Теплографом).

Далее регистратор и один из заказанных модулей подключить между собой прилагаемыми в комплекте кабелем «Регистратор-модуль» к одному из разъёмов с маркировкой «Линии связи». При заказе двух и более модулей подключить их между собой последовательно прилагаемыми в ком-

плекте кабелями «Модуль-модуль» к разъёмам с маркировкой «Линии связи». Очередность подключения модулей значения не имеет. На всех разъёмах имеется паз, чтобы не повредить разъем при подключении он должен располагаться вертикально вверх, после совмещения паза, закрутите в модуль металлическое кольцо, расположенное на разъеме» на один-два оборота по часовой стрелке. В соответствии с заказанным комплектом датчиков, подключите их к разъёмам на модулях согласно маркировке и следующим указаниям:

а) модуль – 07 (см. рис. 22): в разъемы «Д1Д2» подключается совмещенный датчик ДТП и температуры ПДТ, в разъем «Д3» датчик ПДТ, в разъемы «Д4», «Д5»,

«Д6» и «Д7» температуры ЦДТ;

б) модуль – 02 (см. рис. 23): в разъемы «Д1Д2» и «Д4Д5» расположенные слева и справа подключается совмещенный датчик ДТП и ПДТ, в разъемы «Д3» и «Д6» датчик ПДТ, в разъемы «Д7» и «Д8» датчик ЦДТ;

в) модуль – 01 (см. рис. 24): в разъем «Д1» подключается датчик ДТП, в разъем «Д2» и «Д3» датчик ПДТ, в разъемы «Д3» датчик ПДТ, в разъемы «Д4» и «Д5» датчик ЦДТ.

Включить регистратор нажатием клавиши . На дисплее кратковременно появится информационное сообщение о напряжении питания и текущем времени, а затем появится главное меню. Если при включении прибора, который питается от аккумуляторов, на дисплее появляется сообщение о необходимости их заряда, или если прибор не включается, то следует произвести заряд аккумуляторов.

## 4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ

### 4.1. Статистическая обработка результатов испытаний

При обработке данных измерений рекомендуется применять методы математической статистики, включающие приемы вычисления обобщенных количественных характеристик измеряемых параметров, выявления взаимосвязей между последними и оценку степени достоверности получаемых результатов.

Статистическое изучение явления включает производство наблюдений, группировку материала результатов измерений, вычисление обобщающих показателей, отражающих характерные черты явления, и, наконец, анализ этих показателей.

Вычисление статистических показателей допустимо только по отношению к свойствам, претерпевающим количественные, а не качественные изменения; объекты с новым качеством выделяют в отдельные группы и изучают самостоятельно.

В процессе выполнения измерений рекомендуется производить предварительную обработку данных с целью оценки степени достоверности результатов при заданном количестве измерений и своевременного определения чрезмерных погрешностей, искажающих результаты измерений.

На практике при натурных обследованиях невозможно провести слишком много измерений, поэтому нельзя построить график функции нормального распределения показателей свойств конструкций, чтобы точно определить истинное значение измеряемого параметра.

В этом случае наиболее близким к истинному значению можно считать величину

$$X = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n},$$

где  $x_i$  – величина измеряемого параметра;

$n$  – количество измерений,

а достаточно точной оценкой ошибки измерений – выборочную дисперсию  $\sigma_n^2$ , являющуюся характеристикой нормального закона распределения, но относящуюся к конечному числу измерений. Для ее вычисления все отклонения возводят в квадрат, потом находят среднюю из полученных

квадратов, называемую средним квадратом отклонения, а затем из этой средней извлекают квадратный корень.

Среднее квадратичное отклонение отдельного измерения

$$\sigma_n = \sqrt{\sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2 / (n-1)}, \quad (5)$$

а среднеквадратичное отклонение ряда измерений находят из выражения

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_n}{\sqrt{n}}. \quad (7)$$

Истинное значение измеряемого параметра можно вычислить из выражения  $x_0 = \bar{x} \pm \varepsilon$ . Интервал  $\bar{x} + \varepsilon, \bar{x} - \varepsilon$ , в котором находится с заданной вероятностью истинное значение  $x_0$ , называют доверительным интервалом.

**Примечание.**

В теории ошибок под  $\varepsilon$  понимают произведение  $\hat{t}\sigma_{\bar{x}}$ , поэтому вероятность того, что истинное значение находится в интервале  $(x \pm \hat{t}\sigma_x)$  определяется выражением

$$P(\bar{x} - \hat{t}\sigma_x < x_0 < \bar{x} + \hat{t}\sigma_x) = 2F(x), \quad (8)$$

где  $F(x)$  – интегральная функция, определяемая формулой

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-t^2/2} dt. \quad (9)$$

Из формулы (7) можно определить необходимое число измерений для определения значения измеряемого параметра с заданной точностью

$$n = \frac{\sigma_n^2}{\sigma_{\bar{x}}^2}. \quad (10)$$

При  $\hat{t}=1$  вероятность того, что истинное значение измеряемого параметра  $x_0$  находится в интервале  $(\bar{x} - \sigma_{\bar{x}}, \bar{x} + \sigma_{\bar{x}})$ , равно  $P=0,683$ , т.е. 68 % всех измерений находится в интервале  $(\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}})$ .

При  $\hat{t}=2$  вероятность попадания всех измерений в интервал  $(\bar{x} \pm 2\sigma_{\bar{x}})$ , а следовательно, и вероятность нахождения  $x_0$  в этом интервале равна  $P=0,995$ , при  $\hat{t}=3$ ,  $P=0,997$ . Последнее означает, что в интервале  $(\bar{x} \pm 3\sigma_{\bar{x}})$  находятся почти все измерения контролируемого параметра.

На основании этого правила при наличии в ряду измерений значений, отличающихся от среднего значения более чем на  $3\sigma_{\bar{x}}$ , его исключают из расчета как непредставительное.

При числе измерений менее 20 проверку необходимого числа контролируемых элементов для получения достоверного значения интересующего параметра выполняют по формуле

$$n = 400(1/R_{cp})(R_{max} - R_{min})k^2, \quad (11)$$

где  $n$  – минимально необходимое число контролируемых элементов;  
 $R_{max}, R_{min}$  – минимальное и максимальное измеренное значение параметра для данной серии контролируемых элементов,  
 $R_{cp}$  – среднее значение параметра, вычисленное по результатам измерения контролируемых элементов;  
 $k$  – коэффициент, зависящий от числа контролируемых элементов данного типа, значения которого приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Значение коэффициента  $k$  в зависимости от числа контролируемых элементов

Число контролируемых элементов	5	6	7	8	9	10	20
Значение $k$	0,43	0,395	0,37	0,353	0,337	0,325	0,922

Аналогично следует обрабатывать полученные данные измерений и при определении других параметров физико-механических свойств элементов зданий.

Следует обратить внимание, что математическую обработку измерений лучше производить на обследуемом объекте, чтобы исключить повторное проведение обследования в случае факта недостаточности числа измерений.

## 4.2. Оформление журнала испытаний

Результаты испытаний прочности бетона заносят в журнал, в котором должно быть указано:

- наименование конструкции, номер партии;
- вид контролируемой прочности и ее требуемое значение;
- вид бетона;
- наименование неразрушающего метода, тип прибора и его заводской номер;
- среднее значение косвенной характеристики прочности и соответствующее значение прочности бетона;
- сведения об использовании поправочных коэффициентов;
- результаты оценки прочности бетона;

## Заключение

Конструкции зданий и сооружений в процессе строительства и эксплуатации подвергаются различного рода воздействиям (климатическим, технологическим, географическим и т.п.), которые вызывают в конструкциях различного рода повреждения и деформации, снижающие их прочность, долговечность и эксплуатационные качества.

Несущая способность и эксплуатационная надежность конструкций зависит также от качества изготовления конструкций, ведения строительно-монтажных работ и проектной документации. Пониженная или недостаточная несущая способность конструкций вызывает необходимость их усиления при надстройке, реконструкции зданий и ремонтно-восстановительных работах. Все это определяется современными приборами.

Правильность и экономичность выбора того или иного способа усиления и восстановления конструкций зависит от результата технического обследования их состояния, фактической прочности и качества использованных материалов, величины деформаций, степени и причин повреждений.

На основании этих данных производится оценка технического состояния конструкций как по несущей способности, так и по пригодности к нормальной эксплуатации (деформациям, трещиностойкости, теплопроводности, звукопроводности, воздухопроницаемости, морозостойкости, водонепроницаемости и т.п.).

Под оценкой технического состояния конструкций в рассматриваемом случае понимается степень соответствия данного признака состояния (прочность, деформативность, долговечность и т.п.) требованиям соответствующих норм (СНиП, ГОСТ и т.п.).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акустические методы контроля в технологии строительных материалов [Текст] / В.В. Дзенис [и др.]. – Л.: Стройиздат, 1972. – 152 с.
2. Электронный ресурс <http://www.interpribor.ru> дата последнего посещения 1.11.2015
3. Алексеев, В.К. Дефекты несущих конструкций зданий и сооружений, способы их устранения [Текст] / В.К. Алексеев, В.Т. Гроздов, В.А. Тарасов. – М., 1982. – 178 с.
4. Алешин, Н.Н. Электросейсмоакустические методы обследования зданий [Текст] / Н.Н. Алешин. – М.: Стройиздат, 1982 – 158 с.
5. Бойко, М.Д. Диагностика повреждений и методы восстановления эксплуатационных качеств зданий [Текст] / М.Д. Бойко. – Л.: Стройиздат, 1975. – 334 с.
6. Гроздов, В.Т. Методы технического обследования, дефекты и усиление железобетонных и каменных конструкций [Текст] / В.Т. Гроздов. – Л.: ЛВВИСУ, 1986. – 68 с.
7. Дзенис, В.В. Применение ультразвуковых преобразователей с точечным контролем для неразрушающего контроля [Текст] / В.В. Дзенис. – Рига: Зинайс, 1987. – 263 с.
8. Ермолов, И.Н. Теория и практика ультразвукового контроля [Текст] / И.Н. Ермолов. – М.: Машиностроение, 1981. – 240 с.
9. Комиссарчик. Р.Г. Методы технического обследования реконструируемого здания [Текст] / Р.Г. Комиссарчик. – М.: Стройиздат, 1975. – 89 с.
10. Контроль качества железобетонных изделий/НИИСК Госстроя СССР [Текст]. – Киев: Будівельник, 1976. – 80 с.
11. Лещинский. М.Ю. Испытание, бетона [Текст]: Справ, пособие / М.Ю. Лещинский. – М.: Стройиздат, 1980. – 360 с.
12. Лифанов, И.С. Метрология, средство и методы контроля качества и строительства [Текст]: Справ, пособие / И.С. Лифанов, Н.Г. Шерстюков. М.: Стройиздат, 1980. – 223 с.
13. Руководство по контролю бетона в конструкциях приборами механического действия [Текст]. – М.: Стройиздат, 1972.
14. Руководство по определению и оценке прочности бетона в конструкциях зданий и сооружений [Текст]. – М.: Стройиздат, 1979. – 30 с.
15. Румянцев, С.В. Справочник по радиационным методам неразрушающего контроля [Текст] / С.В. Румянцев, А.С. Штань, В.А. Гольцев. – М.: Энергоиздат, 1982. – 240 с.

16. Скрамтаев, Б.Г. Испытания прочности бетона в образцах, изделиях и сооружениях [Текст] / Б.Г. Скрамтаев. М.Ю. Лещинский. – М.: Изд-во литература по строительству, 1964. – 176 с.

17. Щербинский, В.Г. Испытание на непроницаемость. Капиллярная и магнитная дефектоскопия [Текст] / В.Г. Щербинский, Н.П. Алешин. – М.: Высшая школа, 1979. – 39 с.

18. Щербинский В Г. Ультразвуковой контроль сварных соединений строительных конструкций [Текст] / В.Г. Щербинский, Н.П. Алешин. – М.: Стройиздат, 1976. – 158 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
1. ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ .....	8
1.1. Подготовка к механическим испытаниям .....	8
2.2. Подготовка испытанию ультразвуковым методом.....	11
2. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ .....	15
2.1. Метод упругого отскока .....	16
2.2. Метод пластических деформаций .....	16
2.3. Метод ударного импульса .....	17
2.4 Метод отрыва.....	17
2.5. Метод отрыва со скалыванием .....	18
2.5. Метод скалывания ребра .....	18
2.6. Ультразвуковой метод .....	19
3. ПРИБОРЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ .....	21
3.1. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-2.6 .....	22
3.2. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-ОС.....	24
3.3. Определение физико-механических свойств материалов прибором ОНИКС-СР .....	28
3.4. Определение физико-механических свойств материалов прибором ПУЛЬСАР .....	32
3.5. Определение влажности материалов прибором ВИМС.....	36
3.6.Определение толщины защитного слоя бетона прибором ПОИСК.....	39
3.7. Определение коррозии арматуры прибором АРМКОР .....	41
3.8. Обнаружения и оценки глубины поверхностных несплошностей и трещин в стальных конструкциях прибором ВДЛ-5.2 .....	45
3.9. Измерения толщины металла прибором ТУ-1.0 .....	49
3.10. Использование автономного регистратора Автограф 1.2.....	51
3.11. Измерители механических напряжений и параметров виброколебаний ИНК-2.4.....	54
3.12. Измерители механических напряжений и параметров виброколебаний прибором ИНК-2.4 .....	57

3.13. Испытательный мобильный пресс МИП .....	60
3.14. Прибор диагностики свай СПЕКТР-2.0 .....	62
3.15. Измеритель теплофизических величин ТЕПЛОГРАФ.....	65
4. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ .....	72
4.1. Статистическая обработка результатов испытаний .....	72
4.2. Оформление журнала испытаний .....	74
Заключение .....	75
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	76

Учебное издание

Арискин Максим Васильевич  
Болдырев Сергей Александрович

**МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ СОВРЕМЕННЫМИ ПРИБОРАМИ**

Учебное пособие

Под общ. ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.П. Скачкова

В авторской редакции  
Верстка Н.В. Кучина



---

Подписано в печать 18.11.15. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.  
Усл. печ. л. 4,65. Уч.-изд. л. 5,0. Тираж 80 экз.  
Заказ № 413.

---

Издательство ПГУАС.  
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.