

Министерство образования  
Российской Федерации

ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

*А.И.Кравцов*

**УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КОНТРОЛЬ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА**  
**Методические указания по курсу „Технология бетона строительных**  
**изделий и конструкций ‘ для студентов специальности 290600-**  
**“Производство строительных материалов , изделий и конструкций”**



Оренбург 2000

ББК 38.53 я7  
К 78  
УДК 691.32 (076)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом ОГУ,  
протокол № \_\_\_\_\_, от \_\_\_\_\_ 2000г.

Рецензент  
кандидат технических наук В.И.Турчанинов

**Кравцов А.И.**

**К 78 Ультразвуковой контроль прочности бетона.** Методические указания по курсу „Технология бетона строительных изделий и конструкций “ для студентов специальности 290600-“Производство строительных материалов , изделий и конструкций” Оренбург: ОГУ, 2000.-23 с.

Методические указания предназначены для проведения лабораторной работы по курсу „Технология бетона строительных изделий и конструкций “ для студентов специальности 290600-“Производство строительных материалов , изделий и конструкций”.

В методических указаниях представлена методика проведения ультразвукового неразрушающего контроля прочности бетона.

3305000000  
К-----

ББК 38.53 я7

© Кравцов А.И.  
© ОГУ. 2000

## Содержание.

|  |    |
|--|----|
| Введение.....  | 4  |
| 1 Общие положения. ....  | 4  |
| 2 Методика применения неразрушающего ультразвукового<br>контроля прочности бетона.....   | 5  |
| 2.1 Аппаратура и материалы .....   | 5  |
| 2.2 Подготовка и проведение испытания . ....   | 5  |
| 2.3 Методика установления градуировочных зависимостей.....   | 7  |
| Список использованных источников. ....   | 10 |
| Приложение А.Схемы прозвучивания образцов. ....  | 11 |
| Приложение Б Пример оформления таблицы результатов . ....  | 12 |
| Приложение В Пример установления градуировочной<br>зависимости «скорость прочность» для контроля отпускной<br>прочности .....            | 13 |
| Приложение Г Установление градуировочной зависимости<br>«скорость прочность» для контроля прочности бетона<br>в процессе твердения ..... | 17 |
| Приложение Д Порядок работы с прибором УК-14П.....   | 20 |
| Приложение Е Определение прочности бетона<br>в конструкциях .....  | 22 |

## Введение

Ультразвуковой метод определения прочности бетона относится к физическим неразрушающим методам контроля качества бетона. Он основан на связи между скоростью распространения ультразвуковых (частотой свыше 20 кГц) колебаний в бетоне и его плотностью, динамическим модулем упругости и соответственно прочностью. Скорость распространения ультразвука в бетоне велика, до 4500 м/с.

Градуировочную зависимость между скоростью распространения ультразвука и прочностью бетона на сжатие определяют предварительно для конкретного состава бетона. Это связано с тем, что применение градуировочных зависимостей для бетонов других или неизвестных составов может привести к ошибкам в определении прочности.

На зависимость «прочность бетона- скорость ультразвука» влияют следующие факторы, колебания которых нужно учитывать при применении ультразвукового метода контроля:

- количество и зерновой состав заполнителя;
- изменение расхода цемента более, чем на 30%;
- способ приготовления бетонной смеси;
- степень уплотнения бетона;
- напряженное состояние бетона.

Ультразвуковой метод позволяет осуществлять массовые испытания изделий любой формы многократно, вести непрерывный контроль нарастания или снижения прочности. Недостатком метода является погрешность при переходе от акустических характеристик к прочностным.

### 1 Общие положения.

Изложенный ультразвуковой метод определения прочности бетона на сжатие распространяется на конструкционные тяжелый, легкий и плотный силикатный бетоны сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций (класс бетона В 7,5-В35).

Ультразвуковой метод применяется для определения отпускной, передаточной прочности бетона в установленном в нормативно-технической и проектной документации промежуточном и проектном возрастах, прочности бетона в процессе твердения

## 2 Методика применения неразрушающего ультразвукового контроля прочности бетона

### 2.1 Аппаратура и материалы

Весы лабораторные по ГОСТ 24104-88Е .Пресс по ГОСТ 28840-90.Штангенциркуль по ГОСТ 166-89 .Прибор ультразвуковой по ГОСТ 17624-87.Смазка контактная (солидол по ГОСТ 4366-76,технический вазелин по ГОСТ 5774-76 и др.).Кисть для нанесения смазки типа КР-30.Образцы кубы с размером ребра не менее 100 мм изготовленные по ГОСТ 10180-90 из бетона номинального состава , не менее 15 серий по 2 образца в каждой серии.

### 2.2 Подготовка и проведение испытания

2.2.1 Подготовка испытания включает в себя проверку используемых приборов в соответствии с инструкциями по эксплуатации ( Приложение Д) и установку градуировочной зависимости для выбранного способа прозвучивания .

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

Механические испытания проводят по ГОСТ 10180-90 непосредственно после ультразвуковых измерений.

2.2.2 При установлении градуировочной зависимости для приемочного контроля образцы изготавливают по ГОСТ 10180-90 в разные смены в течение не менее 3 суток из бетона того же номинального состава по той же технологии ,при том же режиме твердения ,что и конструкции подлежащие контролю.

Градуировочные зависимости устанавливают отдельно по каждому виду нормируемой прочности указанному в п. 1 ,для чего используют не менее 15 серий образцов кубов.

2.2.3 При определении прочности бетона в процессе его твердения для установления градуировочной зависимости используют серии образцов ,число которых равно числу промежутков времени , на которое разбивают период изотермического прогрева ( общим числом не менее 15 серий).

Для естественного твердения образцы испытывают не менее, чем в трех возрастах (выбранных из ряда 3,7,14,28,60,90,180,365 сут.) один из которых является проектным. Число серий в каждом возрасте не менее четырех.

2.2.4 Время распространения ультразвука в образцах при установлении градуировочной зависимости «скорость-прочность» измеряют способом сквозного прозвучивания в соответствии с рисунком А.1.

Скорость ультразвука  $v$  в метрах в секунду вычисляют по формуле:

$$v = (l/t) 10^3 \quad (1)$$

где  $t$  – время распространения ультразвука, мкс;

$l$  – расстояние между центрами установки преобразователей (база прозвучивания), мм.

База прозвучивания должна быть не менее 100 мм. Для мелкозернистых бетонов и бетона на ранних стадиях твердения ( $v < 2000$  м/с ) допускается 70 мм.

2.2.5 Время распространения ультразвука в образцах при установлении градуировочной зависимости «время-прочность» измеряют способом поверхностного прозвучивания в соответствии с рисунком А.1.

Минимальная база прозвучивания не менее 120 мм. Измерения проводят на поверхности образцов соответствующей по положению относительно формы и направления формования .

2.2.6 Зона контакта преобразователей с бетоном не должна иметь пор и раковин глубиной более 3 мм и диаметром более 6 мм ,выступов более 0,5 мм и грязи .

Число измерений времени распространения ультразвука при сквозном прозвучивании –3( рисунок А.1(а)), при поверхностном прозвучивании –4( рисунок А.1(б)).

2.2.7 Отклонение отдельного результата измерения времени распространения ультразвука в каждом образце от среднеарифметического , для данного образца, не должно превышать 2%. При расчете среднеарифметического значения серии образцов результаты для образцов не удовлетворяющих условию не учитывают , если таких образцов 2 и более , всю серию бракуют.

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

За единичные значения прочности бетона принимают среднюю прочность образцов в серии определенную как среднеарифметическое значение:

из двух образцов –по двум образцам;

из трех ,четырех, шести соответственно по двум, трем ,четырем наибольшим по прочности образцам.

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

2.2.9 Результаты измерений по п.п 2.2.1-2.2.9 заносят в журнал испытаний по форме указанной в приложении Б.

## 2.3 Методика установления градуировочных зависимостей

2.3.1 Градуировочные зависимости устанавливаются в виде графика (или таблицы), построенного по уравнению, которое принимают:

1) линейного вида

$$R_n = a_0 + a_1 x \quad (2)$$

при  $R_{\max} - R_{\min} \leq 2R_{\phi}(\overline{60 - R_{\phi}})/100$ ;

2) экспоненциального вида

$$R_n = b_0 e^{b_1 x} \quad (3)$$

где  $x$  – скорость (время) распространения ультразвука;  
 $R_n$  – прочность, определенная по уравнению

$$a_0 = \overline{R_{\phi}} - a_1 \overline{x}; \quad (4)$$

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^N (R_{\phi} - R_{j\phi})(\overline{x} - x_j)}{\sum_{j=1}^N (\overline{x} - x_j)^2} \quad (5)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{j=1}^N (x - x_j)(\ln R_{\phi} - \ln R_{j\phi})}{\sum_{j=1}^N (x - x_j)^2} \quad (6)$$

$$b_0 = e^{\overline{\ln R_{\phi}} - b_1 \overline{x}} \quad (7)$$

$$\overline{R_{\phi}} = \sum_{j=1}^N R_{j\phi} / N \quad (8)$$

$$\overline{x} = \sum_{j=1}^N x_j / N \quad (9)$$

$$\overline{\ln R_{\phi}} = \sum_{j=1}^N \ln R_{j\phi} / N \quad (10)$$

где  $\overline{R_\phi}$  – средняя прочность бетонов, испытанных при установлении градуировочной зависимости, МПа;

$N$  – число серий образцов, испытанных при установлении градуировочной зависимости;

$R_{j\phi}$ ,  $x_j$  – единичные значения прочности и скорости ( времени ) распространения ультразвука для  $j$ -й серии образцов определяемые по п.2.2;

$R_{\max}, R_{\min}$  – максимальное и минимальное значения прочности по испытанным сериям образцов, МПа.

2.3.2 Корректировку установленной зависимости проводят путем отбраковки единичных результатов испытаний, не удовлетворяющих условию

$$((R_{jn} - R_{j\phi})/S) \leq \quad (11)$$

где  $S$  – остаточное среднее квадратическое отклонение, определяемое по формуле

$$S = \sqrt{\sum_{j=1}^N (R_{i\phi} - R_{jn})^2 / (N-2)} \quad (12)$$

где  $R_{jn}$  – прочность бетона в  $j$ -ой серии образцов, определенная по градуировочной зависимости вида (2) или (3) соответственно.

После отбраковки градуировочную зависимость устанавливают заново по оставшимся результатам испытаний.

Корректировку проводят до тех пор, пока все единичные результаты испытаний не будут удовлетворять условию (11).

2.3.3 Погрешность определения прочности бетона по установленным градуировочным зависимостям вычисляют по формуле

$$S = \sqrt{S^2 + q^2 S_k^2} \quad (13)$$

где  $S_k^2$  – среднеквадратическое отклонение коэффициента перехода от скорости ультразвука при поверхностном прозвучивании к скорости при сквозном прозвучивании  $K$ , если коэффициент перехода не используют, то  $S_k = 0$

$$q = \begin{cases} \sqrt{R_\phi - a_0} & \text{для зависимости (2)} \\ \frac{R_\phi \ln R_\phi / b_0}{R_\phi} & \text{для зависимости (3)} \end{cases} \quad (14)$$



Если  $(S_{\tau} / \overline{R_{\phi}})100\% > 12\%$ , то определение прочности бетона по настоящему стандарту не допускается.

3.3.4 Допускается использовать уравнение (2) при отклонениях, превышающих указанные в п.3.3.1 в случаях когда погрешность определяемая по п 3.3.3 находится в допускаемых пределах. Примеры установления градуировочной зависимости приведены в приложениях В и Г.

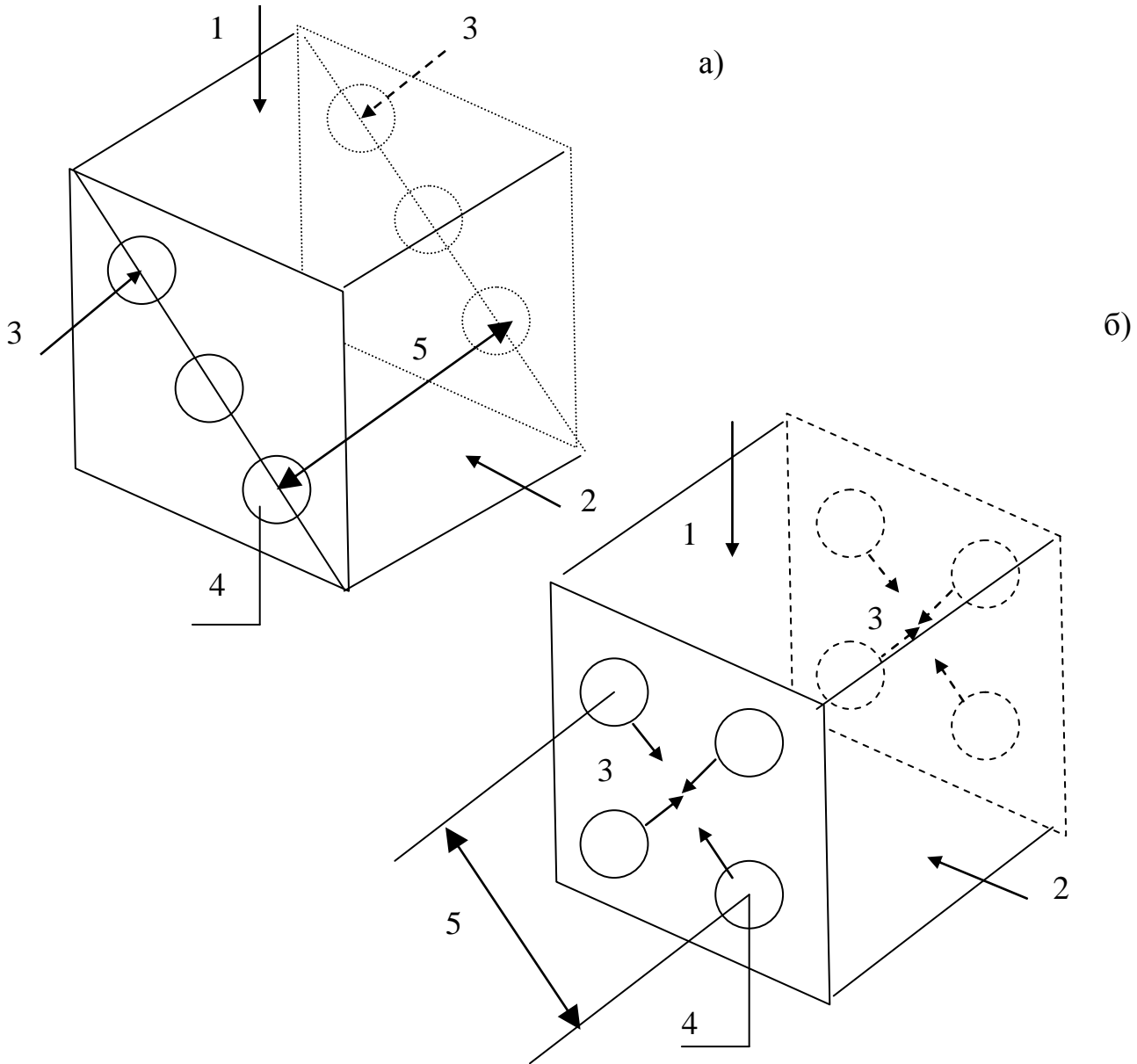
3.3.5 Проверку градуировочной зависимости производят не реже одного раза в два месяца по ГОСТ 17624-87.

## Список использованных источников

- 1.ГОСТ 17624-87 Бетоны .Ультразвуковой метод определения прочности .=Concrete. Ultrasonic method of strength determination.-Разработан и внесен дек.1986.-Взамен ГОСТ 17624-78,ГОСТ 24467-80;Введ.С 01.01.88-М.: Изд-во стандартов 1987.-10 с.: ил. -УДК 691.32:620.179.16:006.354.Группа Ж 19.СССР.
- 2.ГОСТ 18105-86 Бетоны. Правила контроля прочности . = Concrete. Rules for strength control.-Разработан и внесен 1986.- Взамен ГОСТ 18105.0-80, ГОСТ 18105.1-80, ГОСТ 18105.2-80 и ГОСТ 13015-75;Введ. С 01.07.87.-М.: Изд-во стандартов 1987.-18 с.: ил. -УДК 691.32:620.17:006.354.Группа Ж 19.СССР.
3. 6.ГОСТ 10180-90 ( СТЭСВ 3918- 83 ) . Бетоны . Методы определения прочности по контрольным образцам . = Concretes Methods for strength determination using reference specimens. - Взамен ГОСТ 10180-78 ; Введ 01.01.91-М.: Изд-во стандартов, 1990 – 45 с.: ил . УДК 691.32:620.001.4:006.354.Группа Ж 19.СССР.
- 4.Диковский И.А., Кравцов А.И. Механические свойства бетона :Учебное пособие для строительных специальностей вузов.-Оренбург.1998.-159 с.
- 5.Лещинский М.Ю. Испытание бетона :Справочное пособие .-М.: Стройиздат ,1980.-360 с.,ил.
- 6.Коревицкая М.Г. Неразрушающие методы контроля качества железобетонных конструкций :Учебное пособие для ПТУ.-М.:Высш. Шк.,1989.-79 с.,ил.
- 7.Скрамтаев Б.Г., Лещинский М.Ю. Испытание прочности бетона в образцах ,изделиях и сооружениях .-М.: Издательство литературы по строительству.,1969.-176 с.:ил.
- 8.Джонс Р.,Гетфилд Е. Ультразвуковой импульсный метод испытания бетона.-М.:Промстройиздат ,1957.-80 с.:ил.
9. Джонс Р.,Фэкзоару И.Неразрушающие методы испытания бетонов.-М.: Стройиздат,1974.-292 с.:ил.
- 10.Долидзе Д.Е. Испытание конструкций и сооружений.-М.: Высшая школа ,1975.-252 с.:ил.

## Приложение А

### Схемы прозвучивания образцов



- 1-направление формования,
- 2-направление испытания при сжатии,
- 3-направление прозвучивания,
- 4-места установки ультразвуковых преобразователей,
- 5-база прозвучивания

Рисунок А.1-Схемы испытания кубов :а) для сквозного прозвучивания, б) для поверхностного прозвучивания

## Приложение Б

### Пример оформления таблицы результатов

Таблица Б.1-Таблица результатов

| Класс( марка) бетона по прочности | Дата изготовления образца | Дата испытаний | Номер образца | Масса образца,г | Рабочая площадь образца,см <sup>2</sup> | Результаты ультразвуковых измерений |                        |   |                                |   |  | Результаты механических испытаний |                       |                                      |            |  |  |  |
|-----------------------------------|---------------------------|----------------|---------------|-----------------|---|-------------------------------------|------------------------|---|--------------------------------|---|--|-----------------------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------|--|--|--|
|                                   |                           |                |               |                 |   | Номер точки прозвучивания           | База прозвучивания ,мм | Время распространения (УЗК) ультразвука,мкс | Скорость ультразвука (УЗК) м/с | Средняя скорость (время )УЗК в образце, м/с | Средняя скорость (время )УЗК в серии образцов, м/с | Разрушающая нагрузка,кгс          | Прочность образца,МПа | Средняя прочность серии образцов,МПа | Примечание |  |  |  |
|                                   |                           |                |               |                 |   |                                     |                        |   |                                |   |  |                                   |                       |                                      |            |  |  |  |

## Приложение В

### **Пример установления градуировочной зависимости «скорость-прочность» для контроля отпускной прочности .**

Прочность бетона класса В25 контролируют в конструкции способом сквозного прозвучивания .Для установления градуировочной зависимости между скоростью ультразвука и прочностью было испытано в течение 5 суток 20 серий образцов кубов размером 100×100×100 мм в возрасте от 4 до 8 ч после тепловой обработки.

Результаты испытаний приведены в таблице В.1

Средние значения прочности ( $R_{\phi}$ ) в мегапаскалях и скорости ультразвука ( $v$ ) в метрах в секунду составляют

$$\bar{R}_{\phi} = (20,6 + 26,0 + \dots + 33,3) / 20 = 27,79 ;$$

$$\bar{v} = (4029 + 4371 + \dots + 4336) / 20 = 4239,4$$

Минимальное и максимальное значения прочности составляют:  $R_{\max} = 36,9$  МПа,  $R_{\min} = 20,6$  МПа (17 и 1 серии образцов). Поскольку  $R_{\max} - R_{\min} = 36,9 - 20,6 = 16,3$  МПа, т.е. менее ,чем  $2 * 27,69 * ((60 - 27,79) / 100) = 17,9$  МПа, то уравнение искомой зависимости принимают линейным вида

$$R_n = a_0 + a_1 v$$

Коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  определяют по формулам ( 4 ) и ( 5 )

$$a_1 = ((27,29 - 20,6)(4239,4 - 4029) + (27,79 - 26,0)(4239,4 - 4371) + \dots) / ((4239,4 - 4029)^2 + (4239,4 - 4371)^2 + \dots + (4239,4 - 4436)^2) = 0,0301 ;$$

$$a_0 = 27,79 - 0,0301 * 4239,4 = -99,92 .$$

Таким образом градуировочная зависимость описывается уравнением

$$R_n = 0,0301 v - 99,92$$

Значения прочностей  $R_{ин}$ , рассчитанные по градуировочной зависимости, приведены в таблице В.1.

Таблица В.1-Данные для построения градуировочной зависимости.

| Номер серии | Скорость ультразвука $v_j$ , м/с | Прочность, МПа                              |                               |                  | $(R_{ин} - R_{jф})/S$ |                  | Примечания        |
|-------------|----------------------------------|---|-------------------------------|------------------|-----------------------|------------------|-------------------|
|             |                                  | По результатам испытаний на сжатие $R_{jф}$ | По градуировочной зависимости |                  | До отбраковки         | После отбраковки |                   |
|             |                                  |   | до отбраковки                 | после отбраковки |                       |                  |                   |
| 1           | 4029                             | 20,6  | 21,35                         | 21,26            | 0,27                  | 0,27             | Серия отбракована |
| 2           | 4371                             | 26,0  | 31,65                         | -                | 2,02                  | -                |                   |
| 3           | 4080                             | 22,0  | 22,89                         | 22,92            | 0,32                  | 0,37             |                   |
| 4           | 4097                             | 26,3  | 23,40                         | 23,47            | -1,04                 | -1,14            |                   |
| 5           | 4116                             | 21,1  | 23,97                         | 23,09            | 1,03                  | 1,21             |                   |
| 6           | 4137                             | 23,4  | 24,60                         | 24,77            | 0,43                  | 0,55             |                   |
| 7           | 4136                             | 26,0  | 24,57                         | 24,74            | -0,51                 | -0,51            |                   |
| 8           | 4187                             | 26,4  | 26,11                         | 26,40            | -0,10                 | 0                |                   |
| 9           | 4195                             | 29,2  | 26,35                         | 26,66            | -1,02                 | -1,03            |                   |
| 10          | 4248                             | 25,5  | 27,94                         | 28,38            | 0,87                  | 1,16             |                   |
| 11          | 4232                             | 28,5  | 27,46                         | 27,86            | -0,37                 | -0,26            |                   |
| 12          | 4285                             | 25,0  | 29,06                         | 29,58            | 1,45                  | 1,85             |                   |
| 13          | 4267                             | 31,6  | 28,52                         | 29,00            | -1,10                 | -1,05            |                   |
| 14          | 4037                             | 21,7  | 21,59                         | 21,52            | -0,04                 | -0,07            |                   |
| 15          | 4316                             | 34,3  | 30,00                         | 30,59            | -1,54                 | -1,05            |                   |
| 16          | 4352                             | 30,5  | 31,08                         | 31,76            | 0,21                  | 0,51             |                   |
| 17          | 4398                             | 36,9  | 32,46                         | 33,26            | -1,59                 | -1,47            |                   |
| 18          | 4393                             | 34,5  | 32,31                         | 33,09            | -0,78                 | -0,57            |                   |
| 19          | 4475                             | 33,0  | 34,78                         | 35,76            | 0,64                  | 1,11             |                   |
| 20          | 4436                             | 33,3  | 33,60                         | 34,49            | 0,11                  | 0,48             |                   |

Остаточное среднее квадратическое отклонение, определенное по формуле (12), составляет

$$S = \sqrt{(20,6-21,35)^2 + (26,0-31,65)^2 + \dots + (33,3-33,6)^2} / 18 = 2,8 \text{ МПа}$$

Сравнивая значения фактической прочности  $R_{i\phi}$  в сериях образцов с прочностью  $R_{ин}$ , определенной по градуировочной зависимости (см таблицу В.1), устанавливают, что условие (11) не выполняется для серии 2, которая подлежит отбраковке.

По оставшимся 19 сериям образцов рассчитывают новые значения  $R_{\phi}$ ,  $v$  и коэффициенты скорректированной зависимости  $a_0$  и  $a_1$ :

$$\overline{R_{\phi}} = (20,6 + 22,0 + \dots + 33,3) / 19 = 27,88 \text{ МПа};$$

$$\overline{v} = (4029 + 4080 + \dots + 4436) / 19 = 4232,4 \text{ м/с};$$

$$a_1 = ((27,88 - 20,6)(4232,4 - 4029) + (27,88 - 22,0)(4232,4 - 4080) + \dots) / ((4232,4 - 4029)^2 + (4232,4 - 4080)^2 + \dots + (4232,4 - 4436)^2) = 0,0325;$$

$$a_0 = 27,88 - 0,0325 * 4232,4 = (-109,68).$$

Определив значения  $R_{ин}$ , рассчитывают среднее квадратичное отклонение

$$S = \sqrt{(20,6 - 21,35)^2 + (22,0 - 22,92)^2 + \dots + (33,3 - 34,49)^2} / 17 = 2,48 \text{ МПа}$$

Для скорректированной градуировочной зависимости  $((R_{ju} - R_{j\phi}) / S) \leq 2$  по всем сериям образцов. Таким образом дальнейшую корректировку производить не требуется искомая градуировочная зависимость описывается уравнением

$$R_{и} = 0,0325 v - 109,68$$

Графики градуировочных зависимостей до и после корректировки приведены на рисунке В.1





## Приложение Г

### *Установление градуировочной зависимости «скорость прочность» для контроля прочности бетона в процессе твердения.*

Для установления градуировочной зависимости «скорость прочность» были изготовлены в разные смены по 3-4 серии образцов –кубов размером 100×100×100 мм, которые испытывались в горячем состоянии непосредственно после их извлечения из тепловой установки. Сроки твердения и результаты испытаний приведены в таблице Г.1

Градуировочную зависимость для контроля прочности в процессе твердения устанавливают по уравнению (3).

$$R_n = b_0 e^{b_1 v} \quad (\text{Г.1})$$

Коэффициенты  $b_0$  и  $b_1$  вычисляют по формулам (7) и (6). Искомая градуировочная зависимость описывается уравнением

$$R_n = 0,1033 e^{0,00129 v}, \text{МПа} \quad (\text{Г.2})$$

и приведена на рисунке Г.1.

Так как контроль прочности осуществляют способом сквозного прозвучивания, погрешность полученной градуировочной зависимости вычисляют по формуле (13) при  $q=0$

$$S = \sqrt{(0,0841 + 0,1225 + \dots + 0,0324)/16} = 0,73 \text{МПа}$$

Поскольку,  $(S_T / R_{\phi}) 100\% = 7,5 < 12\%$ ,

полученная градуировочная зависимость может быть использована для контроля твердения бетона.

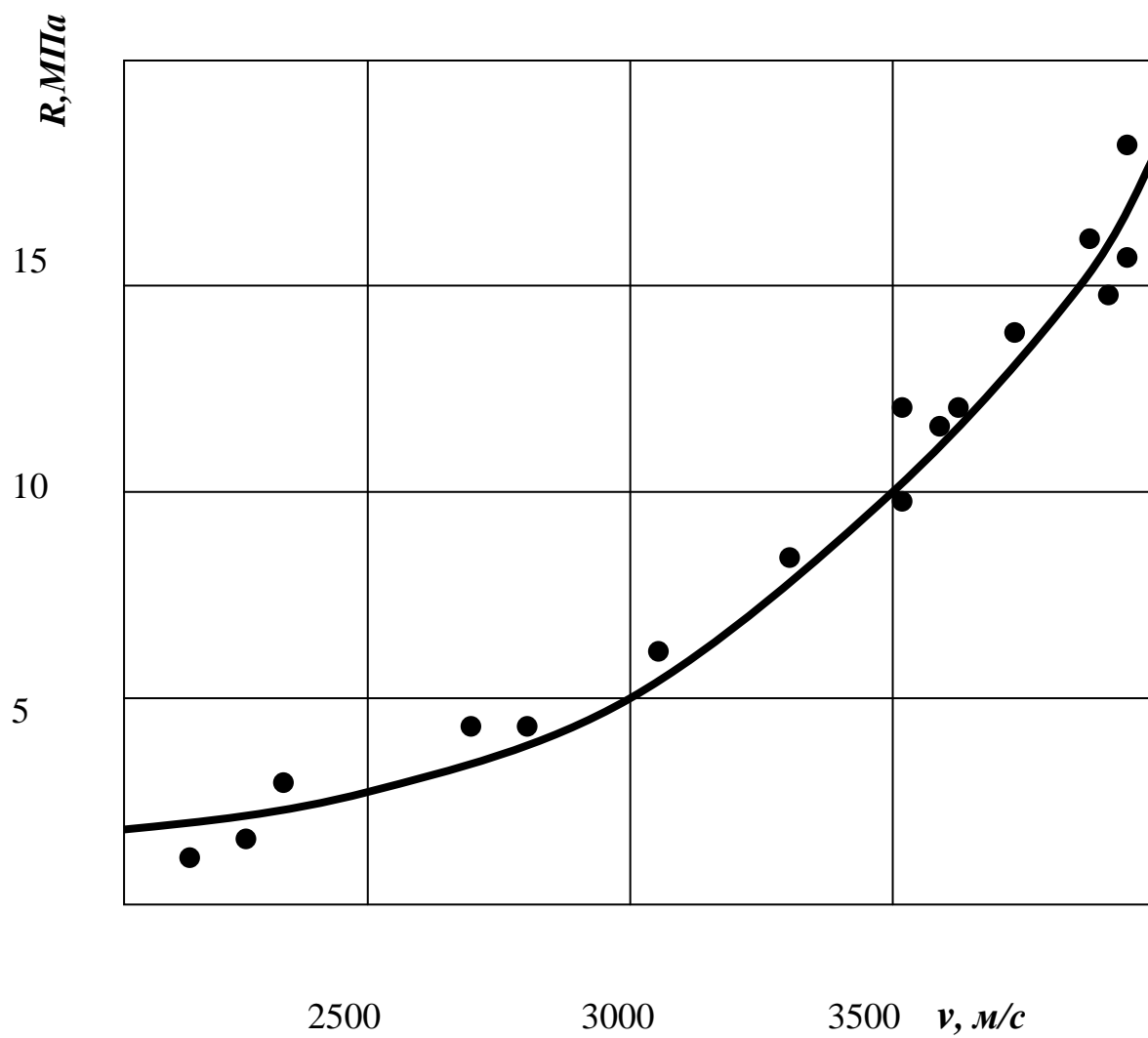


Рисунок Г.1 -Градуировочная зависимость построенная по данным приложения Г.

Таблица Г.1 -Данные и расчет градуировочной зависимости  $\nu - R$

| Дата испытаний | Серия | Время твердения, ч | $R_{i\phi}, \text{МПа}$ | $\nu_j, \text{м/с}$ | $\overline{\nu} - \nu_j, \text{м/с}$ | $\overline{(\nu - \nu_j)^2}, \text{м/с}$ | $\ln R_{i\phi}$ | $\overline{(\ln R_{\phi} - \ln R_{j\phi})}$ | $\overline{(\nu - \nu_j)(\ln R_{\phi} - \ln R_{j\phi})}$ | $R_{i\phi}, \text{МПа}$ | $\ln R_{j\phi} - \ln R_{j\mu}$ | $(R_{j\phi} - R_{j\mu})^2, (\text{МПа})^2$ | $\overline{(R_{i\phi} - R_{\phi})}, \text{МПа}$ | $(R_{j\phi} - R_{\phi})^2, (\text{МПа})^2$ |
|----------------|-------|--------------------|-------------------------|---------------------|--------------------------------------|--|-----------------|---|--|-------------------------|--------------------------------|--|---|--|
| 1              | 2     | 3                  | 4                       | 5                   | 6                                    | 7  | 8               | 9   | 10   | 11                      | 12                             | 13   | 14  | 15   |
| 01.02          | 1     | 3                  | 1,41                    | 2160                | 1187                                 | 1408969                                  | 0,34            | 1,71  | 2029,81  | 1,7                     | 0,29                           | 0,0841                                     | 8,3   | 68,89                                      |
| 01.02          | 2     | 5                  | 9,75                    | 3500                | -153                                 | 23409                                    | 2,28            | -0,23                                       | 35,19  | 9,4                     | 0,35                           | 0,1225                                     | 0,04  | 0,0016                                     |
| 01.02          | 3     | 7                  | 13,15                   | 3775                | -428                                 | 184041                                   | 2,58            | -0,53                                       | 226,84   | 14,2                    | 1,05                           | 1,1025                                     | 3,44  | 11,834                                     |
| 01.02          | 4     | 9                  | 15,13                   | 3920                | -573                                 | 328329                                   | 2,73            | -0,68                                       | 389,64   | 15,4                    | 0,10                           | 0,010                                      | 5,59  | 31,248                                     |
| 02.02          | 5     | 3                  | 1,63                    | 2235                | 1112                                 | 1236544                                  | 0,49            | 1,56  | 1734,72  | 1,8                     | 0,17                           | 0,0289                                     | 8,08  | 65,286                                     |
| 02.02          | 6     | 4                  | 4,40                    | 2880                | 467                                  | 218089                                   | 1,48            | 0,59  | 275,53   | 4,2                     | 0,20                           | 0,040                                      | 5,31  | 28,196                                     |
| 02.02          | 7     | 6                  | 11,43                   | 3640                | -293                                 | 85849                                    | 2,44            | -0,39                                       | 114,27   | 10,8                    | 0,63                           | 0,3969                                     | 1,72  | 2,958                                      |
| 02.02          | 8     | 9                  | 15,70                   | 3880                | -533                                 | 284089                                   | 2,75            | -0,70                                       | 373,10   | 14,9                    | 0,80                           | 0,64                                       | 5,99  | 35,88                                      |
| 03.02          | 9     | 4                  | 4,15                    | 2780                | 567                                  | 321489                                   | 1,42            | 0,63  | 357,21   | 3,8                     | 0,35                           | 0,1225                                     | 5,56  | 30,914                                     |
| 03.02          | 10    | 5                  | 8,05                    | 3365                | -18                                  | 324                                      | 2,09            | -0,04                                       | 0,72   | 7,8                     | 0,25                           | 0,0625                                     | 1,66  | 2,756                                      |
| 03.02          | 11    | 9                  | 18,35                   | 3980                | -633                                 | 400689                                   | 2,91            | -0,86                                       | 544,38   | 16,6                    | 1,75                           | 3,0625                                     | 8,64  | 74,65                                      |
| 04.02          | 12    | 3                  | 2,65                    | 2390                | 957                                  | 935089                                   | 0,98            | 1,08  | 1033,35  | 2,2                     | 0,40                           | 0,16                                       | 7,11  | 50,552                                     |
| 04.02          | 13    | 4                  | 6,05                    | 3115                | 232                                  | 53824                                    | 1,80            | 0,25  | 58,0   | 5,6                     | 0,45                           | 0,2025                                     | 3,66  | 13,396                                     |
| 04.02          | 14    | 6                  | 11,25                   | 3540                | -193                                 | 37249                                    | 2,42            | -0,37                                       | 71,4   | 11,8                    | 0,55                           | 0,3025                                     | 2,54  | 2,372                                      |
| 04.02          | 15    | 7                  | 11,65                   | 3670                | -323                                 | 104329                                   | 2,46            | -0,41                                       | 132,43   | 11,6                    | 0,05                           | 0,0025                                     | 1,94  | 3,7636                                     |
| 05.02          | 16    | 5                  | 9,6-                    | 3530                | -183                                 | 33489                                    | 2,26            | -0,21                                       | 38,43  | 11,0                    | 1,40                           | 1,96                                       | 0,11  | 0,0121                                     |
| 05.02          | 17    | 6                  | 14,75                   | 3920                | -573                                 | 328329                                   | 2,69            | -0,64                                       | 366,72   | 15,2                    | 0,45                           | 0,2025                                     | 5,04  | 25,402                                     |
| 05.02          | 18    | 7                  | 15,62                   | 3965                | -618                                 | 381924                                   | 2,75            | -0,70                                       | 432,60   | 15,8                    | 0,18                           | 0,0324                                     | 5,91  | 34,928                                     |
| Суммы          |       |                    |                         |                     |                                      | 9366054                                  |                 |   | 8214,34  |                         |                                |  |   |  |

$$R_{\phi} = 9,71 \text{ МПа}; \nu = 3347 \text{ м/с}; \ln R_{\phi} = 205$$

## Приложение Д

### Порядок работы с прибором УК-14П

#### Д.1 Общие сведения

Д.1.1. Прибор ультразвуковой УК-14П предназначен для определения прочности бетона в сборных и монолитных конструкциях и железобетонных изделиях и конструкциях в диапазоне (10-50) МПа с погрешностью, не превышающей 12%, контроля твердения бетона в сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкциях в процессе тепловой обработки и твердения их в естественных условиях по методике, изложенной в ГОСТ 17624-87; а также контроля качества других изделий, материалов и дефектов в них по соответствующим методикам.

Д.1.2. Измерения производятся в двух режимах:

- режим измерения времени распространения ультразвуковых колебаний (УЗК) (переключатель **РЕЖИМ  $t$** );

- режим измерения длительности фронта первого вступления сигнала (переключатель **РЕЖИМ  $\tau$** );

Д.1.3. Прибор эксплуатируется при температуре окружающего воздуха от минус 10 до плюс 50 °С и относительной влажности 95%, при 35 °С и более низких температурах без конденсации влаги.

Д.1.4. После каждого замера преобразователи прибора необходимо протирать ветошью от остатков смазки и частиц испытуемого материала.

#### Д.2 Подготовка к работе

Д.2.1. Для приведения прибора в рабочее состояние включите в сеть шнур блока питания сетевого, расположенного в нижней части прибора и включите кнопку сетевого питания **СЕТЬ** при этом должен загореться индикатор красного свечения на блоке питания.

Д.2.2. Перед работой с прибором подключите преобразователи к разъемам ( $\rightarrow$  и  $\rightarrow$ ) прибора. Включить прибор нажатием на кнопку **ВКЛ**, при этом должен загореться индикатор включения электропитания **ВКЛ** и индикатор **РЕЖИМ  $t$** .

Д.2.3. Произведите коррекцию систематической погрешности прибора с помощью комплекта отраслевых стандартных образцов КМД19-0 стекло орг.ТОСП (МД19-0-1, МД19-0-2), в дальнейшем образцы, следующим образом:

- установите преобразователи соосно на торцевых поверхностях образца МД19-0-1, предварительно смазанных контактной жидкостью (масло касторовое ГОСТ 6990-75) и произведите измерение времени распространения УЗК по цифровому индикатору **ВРЕМЯ  $\mu$ s**;

- произвести аналогичные измерения времени распространения УЗК в образцах МД19-0-1 и МД19-0-2, установленных друг на друга через контактную среду;

-вычислите “истинное” время распространения УЗК в образце МД19-0-2 по формуле :

$$t_{2u} = t_3 - t_1 \quad (\text{Д.1})$$

где  $t_{2u}$  - “истинное” время распространения УЗК в образце МД19-0-2,  $\mu\text{s}$ ;

$t_3$  - время распространения УЗК в образцах МД19-0-1 и МД19-0-2,  $\mu\text{s}$ ;

$t_1$  -- время распространения УЗК в образцах МД19-0-1,  $\mu\text{s}$ .

-установить преобразователи соосно на торцевых поверхностях образца МД19-0-2, предварительно смазанных контактной жидкостью, и с помощью регулировки  $>0<$  , добивайтесь равенства измеряемого  $t_2$  и «истинного» времени распространения УЗК  $t_{2u}$  .

Д.2.4 Коррекцию систематической погрешности измерения временных интервалов необходимо проводить перед началом работы и при смене преобразователей.

### Д.3 Порядок работы.

Д.3.1.Измерение времени распространения УЗК в образцах и изделиях производится следующим образом:

-проведите операции изложенные в пп. Д.2.1 и Д.2.2;

-установите преобразователи соосно на образце материала или контролируемом изделии , предварительно смазанных контактной смазкой ;

-при наличии устойчивых показаний зафиксируйте результат по цифровому индикатору **ВРЕМЯ  $\mu\text{s}$**  ;

-занесите показания прибора в таблицу Б.1 .

Д.3.2 Измерение длительности фронта первого поступления сигнала производится следующим образом:

--проведите операции изложенные в пп. Д.2.1 и Д.2.2;

-переключите режим работы переключателя **РЕЖИМ  $t$**  , при этом должен загореться индикатор  **$\tau$** ;

--при наличии устойчивых показаний зафиксируйте результат по цифровому индикатору **ВРЕМЯ  $\mu\text{s}$**  ;

-занесите показания прибора в таблицу Б.1 .

Д.3.3 При необходимости переключиться обратно в режим измерения времени распространения УЗК необходимо нажать переключатель **РЕЖИМ  $t$** .

По окончании работы прибор необходимо отключить от сети, протереть преобразователи от остатков смазки и частиц материала,упаковать прибор в имеющийся чехол.

## Приложение Е

### *Определение прочности бетона в конструкциях*

Е.1 Контроль прочности бетона производится как для сборных, так и для монолитных конструкций.

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

Изделия конструктивные особенности которых затрудняют проведение 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 должна быть такой же, как на образцах при установлении градуировочной зависимости.

Е.2 При контроле неразрушающими методами для определения отпускной или передаточной прочности бетона сборных конструкций от партии (бетона сборных или монолитных конструкций формируемых на одном технологическом комплексе, из бетонной смеси одного номинального состава, по одной технологии в течении не менее одной смены и не более одной недели) отбирают 10%, но не менее трех конструкций. Для монолитных конструкций не менее одной конструкции из объема бетона уложенного в течении каждых суток (или части конструкции в случае, когда она бетонируется более суток).

Е.3 Число контролируемых участков на конструкции не менее двух – на сборной и четырех – на монолитной.

Число и расположение контролируемых участков указывается в рабочих чертежах и должно быть не менее:

-для линейных участков – одного участка на 4 м длины;

-для плоских, за исключением монолитных стен – одного участка на 8 м<sup>2</sup> площади.

Е.4 За единичное значение при неразрушающем контроле по п. Е.1 принимают:

-среднюю прочность бетона конструкции (плоских многопустотных плит перекрытий и покрытий, дорожных плит, панелей внутренних несущих стен, стеновых блоков, напорных, безнапорных труб) вычисленную как среднее арифметическое значение прочности бетона на всех контролируемых участках конструкции;

-во всех остальных случаях, включая монолитные и сборно-монолитные конструкции, – среднюю прочность бетона контролируемого участка конструкции (или части монолитной, сборно-монолитной конструкции).

Е.5 Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций проводят в направлении ,перпендикулярном уплотнению бетона .Расстояние от края конструкции до места установки ультразвуковых преобразователей должно быть не менее 30 мм.

Е.6 Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций следует проводить в направлении ,перпендикулярном направлению рабочей арматуры. Концентрация рабочей арматуры вдоль выбранной линии прозвучивания не должна превышать 5%.

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