

UDC 622.692.4.07:620.179.16-033.3

**ESTABLISHMENT OF CONCRETE DEPENDENCE OF DEPTH  
SOUNDING OF THE DISTANCE BETWEEN SEEKERS**

**УСТАНОВЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ГЛУБИНЫ ПРОЗВУЧИВАНИЯ  
БЕТОНА ОТ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ИСКАТЕЛЯМИ**

**A.I. Popova, N.S. Vishnevskaya**

**FSBEI NPE "Ukhta State Technical University",**

**Ukhta, the Russian Federation**

**Попова А. И., Вишневская Н. С.**

**ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический  
университет», г. Ухта, Российская Федерация**

**e-mail: alen.popowa2011@yandex.ru**

**Abstract.** One of today's most popular building material is concrete. This building material is not only well-known and commonly used, but also time-tested. And concrete building and high-rise buildings with their huge loads on the base and the shell of atomic reactors and storage of toxic waste. However, latent defects in concrete and reinforced concrete structures can be fatal and lead to serious economic, environmental and even humanitarian losses.

Most often, the defects of constructions and structures are not caused by one factor, but as a result of their total effect, with a marked influence of any factor may cause increased effects of other factors. Defects found during the survey are divided into the following groups in order of importance: the defects that lead to the reduction and loss of load-carrying capacity; partially reducing the bearing capacity with a change in geometric dimensions; deviations in the geometrical dimensions while maintaining load-carrying capacity, causing unfitness for technical operation. Durability and stability of building structures depends quality of elements made of concrete or reinforced concrete.

In practice, there is often a concrete examination methods cannot be used for in-depth assessment of quality of concrete structures for various reasons: because of the lack of bilateral access for measurement, because of the cramped conditions, inability to use destructive methods of control and need to be adapted to the conditions of the construction site with taking into account the structure of a particular product.

This paper proposes a method for increasing the depth sounding at Concrete pipe coating by changing the distance between the points of acoustic contact. On the basis of experimental data derived from the dependence of the sensitivity of the instrument sounding base. Changing the design of the device holding the cone transducers, and the proposed scheme preliminary marking the concrete surface to minimize unexplored areas of concrete in a controlled area and increase the ka-operation control operations and thereby improve the reliability of the structure under construction.

**Аннотация.** Одним из наиболее популярных сегодня строительных материалов является бетон. Этот стройматериал является не только известным и часто используемым, но также и проверенным временем. Из бетона строят и высотные здания, и пролетные строения, и оболочки атомных реакторов, и хранилища ядовитых отходов. Однако скрытые дефекты в бетонных и железобетонных конструкциях могут оказаться фатальными и привести к серьезным экономическим и экологическим последствиям и к гуманитарным потерям.

Чаще всего дефекты строительных конструкций зданий и сооружений вызываются не одним фактором, а в результате суммарного их воздействия, при этом заметное влияние одного, какого-либо фактора может вызвать усиление воздействий других факторов. Обнаруженные при обследовании дефекты разделяются на следующие по степени важности группы: дефекты, приводящие к снижению и потере несущей способности; частично снижающие несущую способность с изменением геометрических размеров; отклонения в геометрических размерах при сохранении несущей

способности, вызывающие непригодность к технической эксплуатации. Прочность и устойчивость строительных конструкций во многом зависит от качества их элементов, выполненных из бетона или железобетона.

На практике часто существующие методы обследования бетона не могут быть использованы для глубокой оценки качества бетонных конструкций по разным причинам: из-за отсутствия двустороннего доступа для проведения измерений, из-за стесненных условий, невозможности применения разрушающих методов контроля и требуют адаптации в условиях строительной площадки с учетом конструкции конкретного изделия.

В статье предложен способ увеличения глубины прозвучивания при контроле бетонного покрытия труб путем изменения расстояния между точками акустического контакта. На основе экспериментальных данных выведена зависимость чувствительности прибора от базы прозвучивания. Изменение конструкции устройства, удерживающего конусные преобразователи, и предлагаемая схема предварительной разметки бетонной поверхности позволяют минимизировать необследованные участки бетона в контролируемой зоне и увеличить качество контрольной операции и тем самым и повысить надежность строящейся конструкции.

**Key words:** Pipe, concrete, defect, ultrasound, monitoring, diagnostics.

**Ключевые слова:** труба, бетон, дефект, ультразвук, контроль, диагностика.

Reliability of the construction is one of the properties of main structural elements to keep the values of the set parameters for specific period, which is characterized with preset mode and conditionals of using, with technical service and exploitation. Building structures and bases must be designed to have enough reliability during the building and maintenance including special influences, for example earthquake, flood, fire, explosion.

Reliability means accordance of buildings' and constructions' elements to quality requirement, no latent or obvious defects, which cut their strength and resilience.

The types of reinforced concrete's defects depend on many factors. The main factors are:

- physico-mechanical properties of reinforced concrete, depending on the class of reinforcement and concrete;
- kind of influence (power, water and corrosive gases, temperature and humidity conditions of the environment);
- view, direction and force loading method (static or dynamic, concentrated or distributed);
- matching with the actual loads and estimated impact;
- matching with the actual scheme and design one;
- the type of building or construction and its structural scheme;
- violation of technology in the manufacture, transportation, storage and installation of reinforced concrete structures;
- design errors,
- mechanical damage;
- technogenic and natural disaster.

During the control of technical status of buildings and constructions it should be notice that the reinforced concrete's defects can be quite common for all structure. But they also can be rather specific for certain buildings and constructions.

During the control of technical status of buildings and constructions their defects are established by their distinctive and detailed characteristics and extent of the damage - by assessing the quantitative and qualitative parameters.

It should be distinguished by type of manifestation consequences of defects:

- defects bearing structures leading to loss of strength and stability;
- defects enclosing structures that weaken the structure and reduce the characteristic of buildings and constructions;

- other defects leading to loss maintenance's characteristic of buildings and constructions.

It's very important to have all information about defects, especially their size and place to judge about the consequences. In some cases, it's necessary to have a monitoring of crack's growth. Therefore, improvement of methods of assessing the technical condition of reinforced concrete structures is an important task.

Let's consider the problem of the detection of defects in concrete structures (for example on the concrete coated pipes).

The growth of requirements for the reliability of pipeline transport of oil and gas needs careful control of elements of future facilities in order to ensure the reliability of structures to prevent further failures and accidents.

During the transporting of large volumes of oil and gas under the high pressure it is important at the stage of the input control to determine the low quality of the pipe and to exclude it.

Pipes with ballast pipes coating are used for construction of underwater crossings oil and gas pipelines and construction sites in the wetlands. This work is the first attempt to generalize and systematize the accumulated material in the field of quality control of steel pipes, corrosion-resistant coating, concrete weighting layer. More attention is paid to the least-studied material in terms of the input control coated pipes - quality control of the concrete layer.

To improve methods of input control of concrete coated pipes, which are used in the construction of trunk pipelines different experimental studies were held (especially for determination of the size of defects and defects' zones).

Based on the fundamental facts of ray acoustics and the researches of Russian scientists Y.M. Rapoport, V.E. Polyakov, A.I. Potapov [1], we note that using of temporary ultra-sound method of nondestructive testing of concrete is characterized by the rising of propagation time of ultrasound vibrations:

$$\xi_t = \frac{t_n}{t_0}$$

- $\xi_t$  – the relative change of the propagation time of vibrations caused by defects;
- $t_a$  – the propagation time, if the defect is present;
- $t_o$  – the propagation time, if there is no any defect.

It is known that the concrete's defectoscopy may be divided into two part: ultrasound control trough the material and on its surface. The construction of the concrete-coated pipe doesn't let using ultrasound control trough the material, so the device "Pulsar" in the modification of "Pulsar 1.2" with surface's sensors can be used.

Surface sounding device is looks like holder with two ultrasound converter. Converters are equipped with a conical nozzle, providing a dry contact without using of liquid lubricants. Surface sounding provides fixed base of measurements at 120 +/- 3 mm. The depth of the controlled zone is of 4-5 cm. [2].

The scheme of the surface's and through-sounding's sensors are shown on the Figure 1.

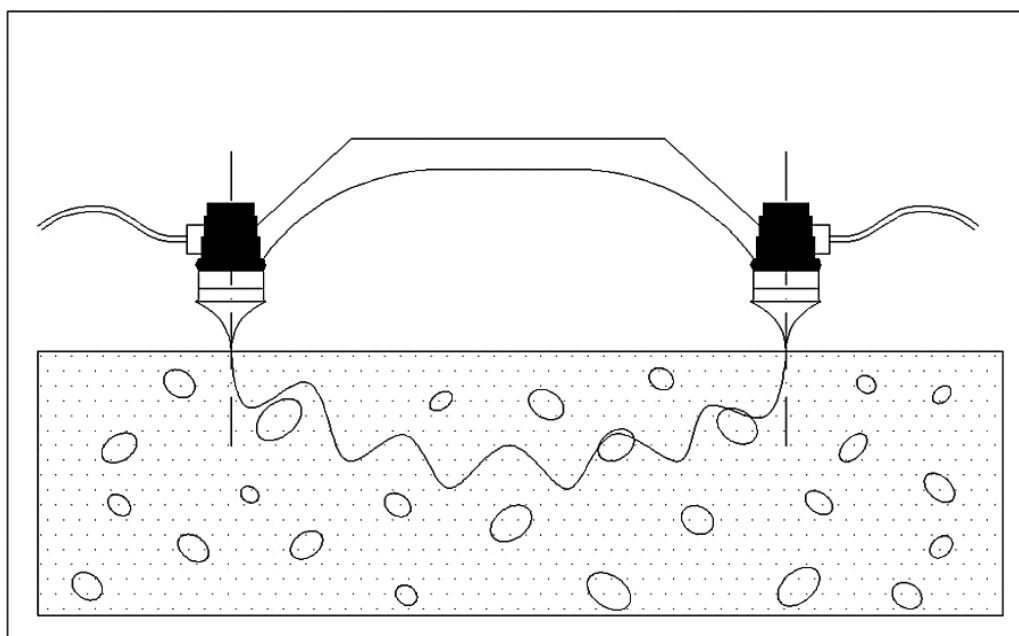


Figure 1. The scheme of the sensors

It is obvious that the standard depth of sounding "Pulsar 1.2" (it is about 4-5 cm) is not enough for the inspection of the concrete-coated pipe, which thickness is up to 12-15 cm. [3-5].

The experimental model was created for the depth's determining of vacancy during the single ultrasounding control. Three holes were drilled out (53 mm diameter) in the concrete block at different depths. This scheme for experimental measurements is shown on the Figure 2. The scheme of measurements to determine the sensitivity of the ultrasound flaw detector using a temporary method and identify the location of the cylindrical holes in concrete is shown on the Figure 3.

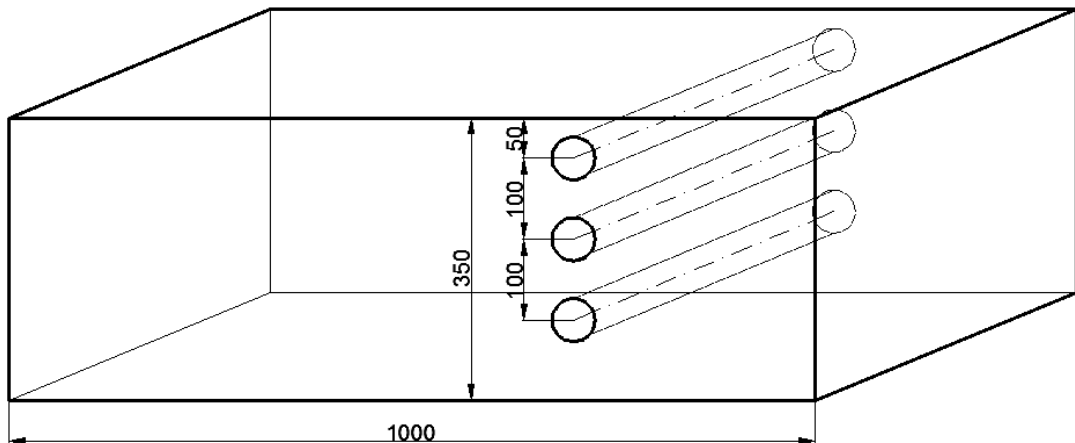


Figure 2. The scheme of concrete block for experimental measurements

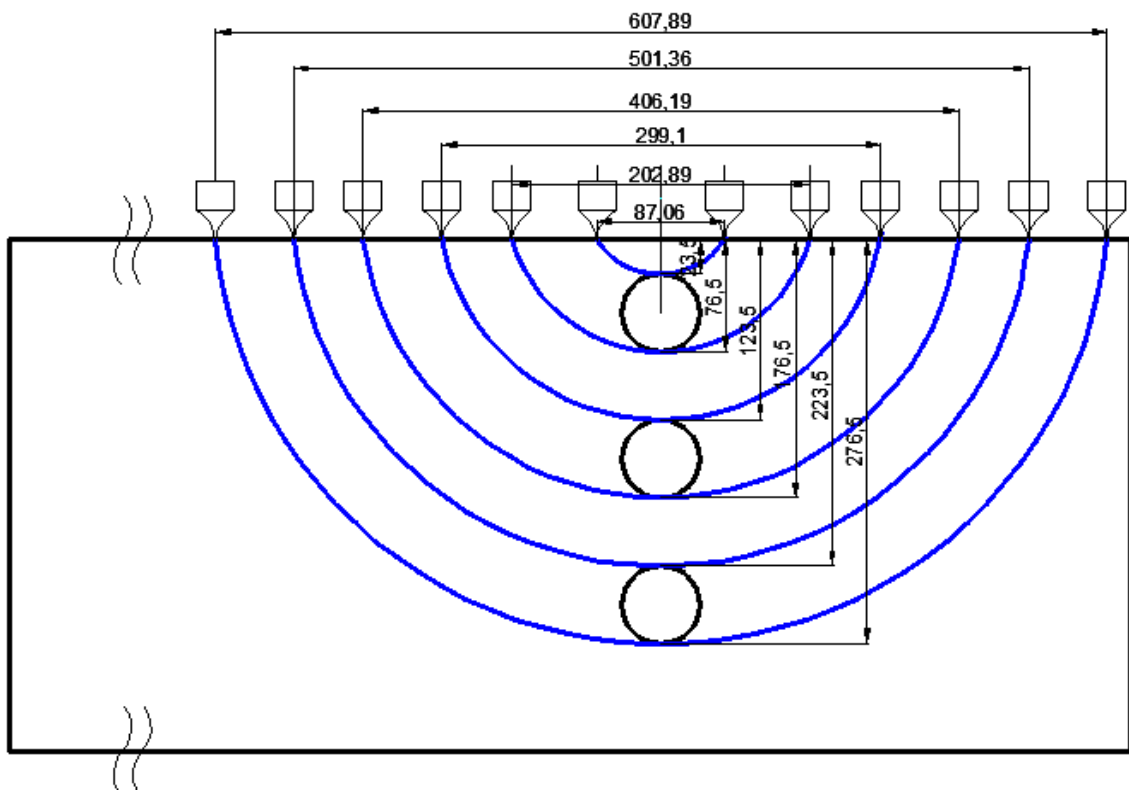


Figure 3. The scheme of measurements to determine the sensitivity of the ultrasound flaw detector

Ultrasound control measurements of time was made on the upper side of the concrete block in the «free from defects» zone and in the «up the drilled holes» zone. The research was conducted with the flaw detector «Pulsar 1.2» by surface's sounding using sensors with a point acoustic contact.

The points of control, where the value  $t_d/t_0$  (relative change during propagation time vibrations caused by a defect) was more than 1.05, meant the scopes of vacancy, and determined the sensitivity of the device.

Then the depth of a defect was compared with the base measurement (the distance between the points of contact of the acoustic sensors) on the surface of the concrete layer at which one this change was found.

The results of determining the scopes of vacancy at the base of different sounding shown in Table 1. The graph of sensitivity of temporary method from experimental measurements of ultrasound flaw detection Pulsar 1.2 is shown on the Figure 4.

Table 1. The results of sensitivity's determining equipment

Control zone	Hole 1		Hole 2		Hole 3	
	point 1	point 2	point 3	point 4	point 5	point 6
L, MM	87	203	299	406	501	608
H, MM	24	77	124	177	224	276

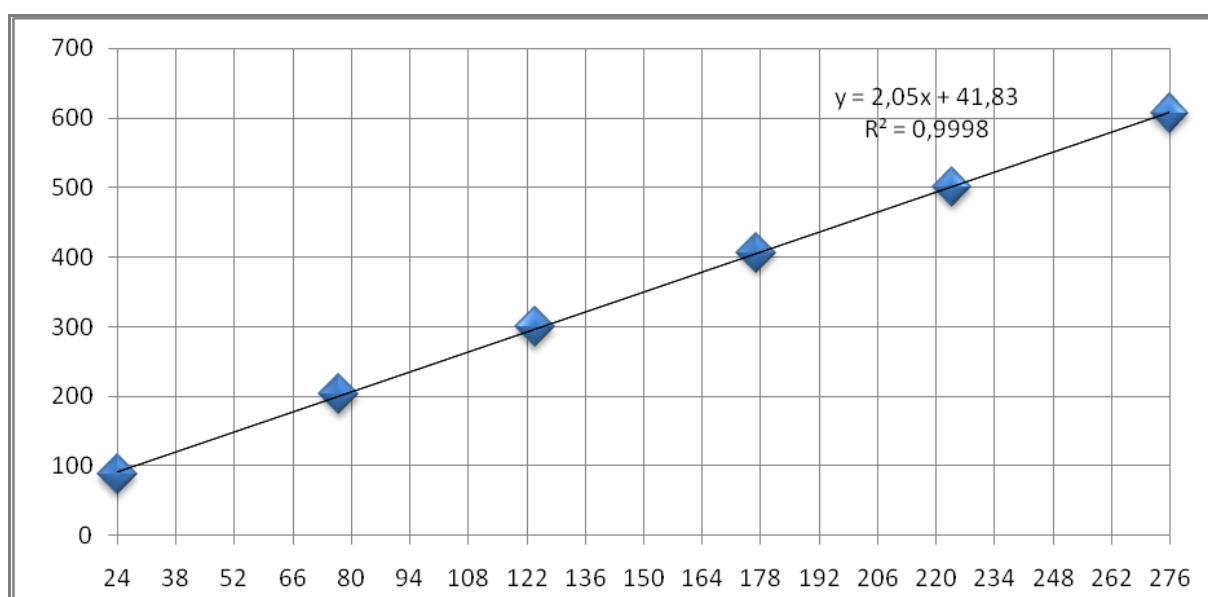


Figure 4. The graph of sensitivity of temporary method



The dependence was determined according to the results of measurements considering the depth of the defect and the distance between the points of contact of the acoustic sensors on the surface of the concrete layer,  $L$ . For this model and its depths of the vacancies up to 270 mm, this dependence is linear and described by the equation.

$$L = 2.05h + 41.83.$$

The truth of approximation is  $R^2 = 0.9998$ .

Thus, it is necessary to increase the distance between sensors for about 200-250 mm to increase the depth of sounding for the instrument to the depth of 12-15 cm. Changing the design of the device with the cone convertors by increasing the distance between the sensors let us increase the depth of the controlled area.

It is offered to place the area on the concrete surface for the control in a staggered step  $4 \times 24$  cm to minimize the unscreened area. It is necessary that the ranks are cross each other to avoid unexamined places. The pipe should be mark for the exploration with this method. The location of the sensors of control on the concrete surface shown on the picture 5.

The laboriousness is the main disadvantage of this method. It will be better for reducing of the time of measurements to combine several (3-5) convertors on a single frame with the results' fixation for each monitored place. The acoustic contact will be better, if these cone sensors are press to the surface well. During the process it's necessary to save the results in the memory of the device, so this fact lets find out areas with a maximum deviation of time's sounding from the average value. Some conclusions about the presence of inclusions and their sizes in the concrete layer can be made using the value of time's changing and size of the area.

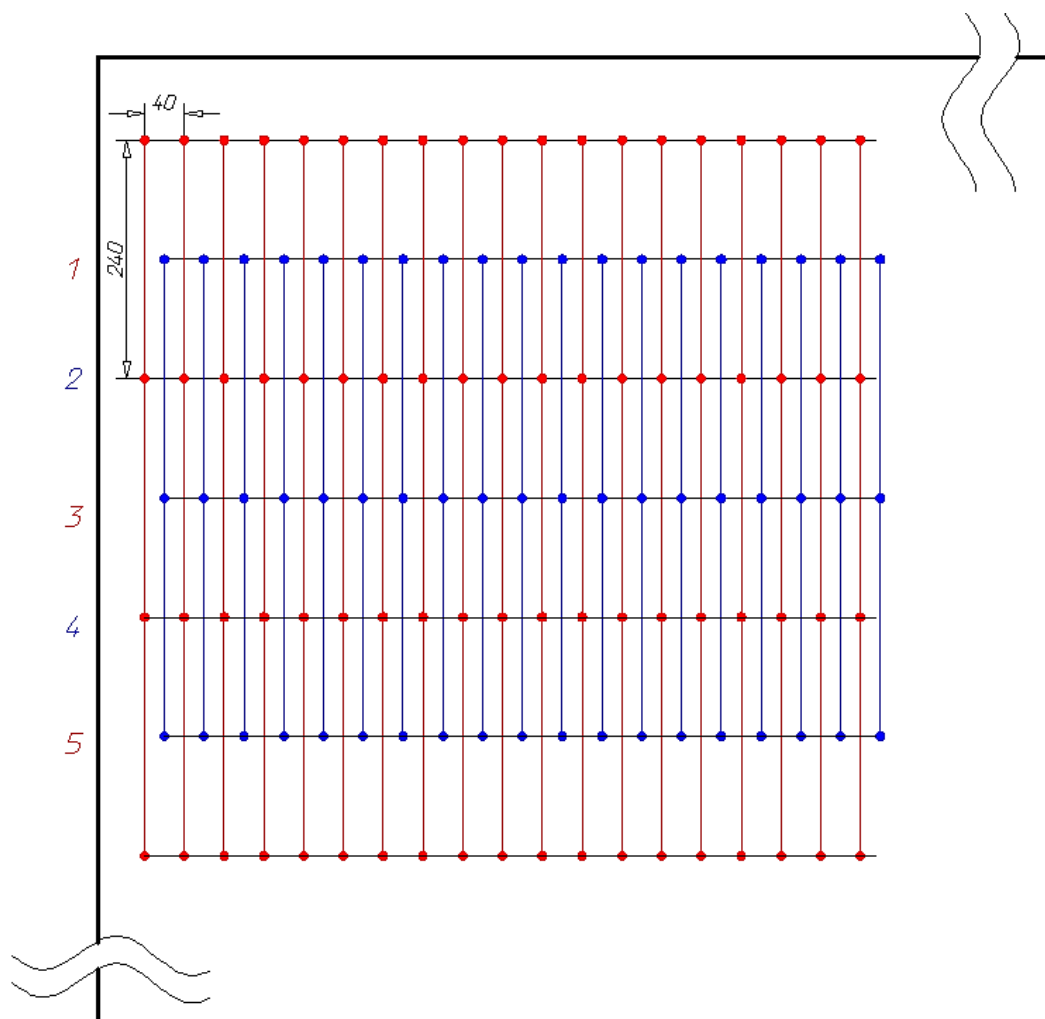


Figure 5. The locations control of the concrete surface with the sensors

The scheme of installation of the device for surface sounding for the concrete surface of the pipe is shown on the Figure 6.

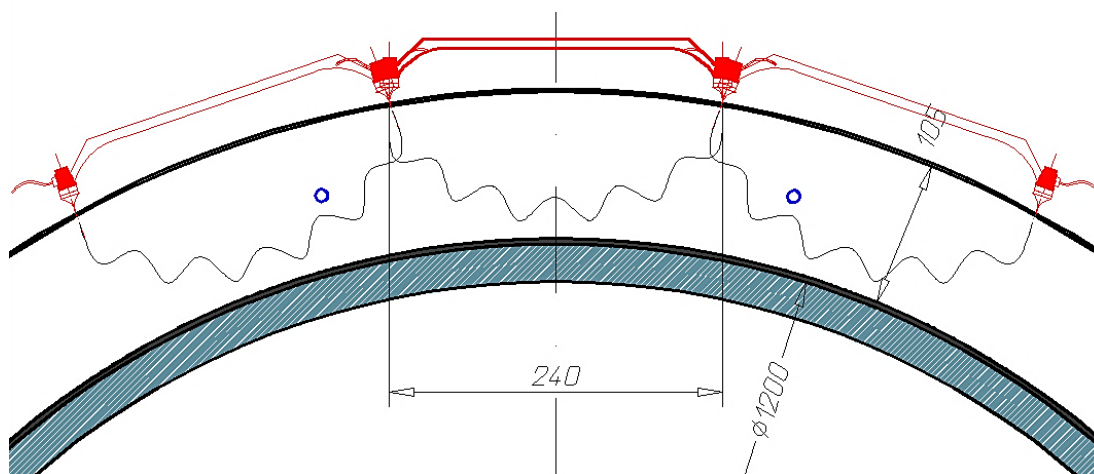


Figure 6. The scheme of installation of the device for surface sounding for the concrete surface of the pipe

Changing the design of the device and using the proposed scheme of preliminary marking the concrete surface let minimize not surveyed areas of the concrete in the controlled area. The dependence between the defect's depth ( $H$ ) and the distance from one acoustic contact to another one ( $L$ ) allows to place sensors on the holding device to control the concrete layer for all its depth.

### **Conclusions**

This method can be used for determining the presence of inclusions, defect's zones and their sizes in the concrete layer with single sounding. This information is needed to determine the degree of defects' danger and recommendations for their elimination.

During the maintenance, using of applied methods of reliability theory allows to estimate the safe operation of structures, stocks bearing capacity, to predict the service life of buildings and constructions, set the mode of loading structures in the forecast period.

All technical facilities are the complex systems, which include a lot of elements.

If the defect is found on time, it can minimize repair work and save the equipment in whole, prevent the possible economic and social losses, prevent pollution and avoid a lot of unexpected effects caused by the sudden destruction of responsible constructions [6-8].

Надёжность сооружения – свойство основных конструктивных элементов сохранять значения установленных параметров функционирования в определённых пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания и эксплуатации. Строительные конструкции и основания должны быть изначально запроектированы таким образом, чтобы они обладали достаточной надёжностью при возведении и эксплуатации с учетом, при необходимости, особых воздействий (например, в результате землетрясения, наводнения, пожара, взрыва). Залогом надёжности является соответствие элементов зданий и сооружений требованиям качества, отсутствие в них явных или скрытых дефектов, снижающих их прочность и устойчивость к внешним воздействиям.

Виды дефектов железобетонных конструкций зависят от многих факторов, основными из которых являются:

- физико-механические характеристики железобетона, зависящие от класса арматуры и бетона;
- вид воздействия (силовое, агрессивные воды и газы, температурно-влажностный режим окружающей среды);
- вид, направление и способ силового нагружения (статическое или динамическое, сосредоточенное или распределенное);
- соответствие фактических нагрузок и воздействий расчетным;
- соответствие фактической расчетной схемы проектной;
- тип здания или сооружения и его конструктивная схема (сборное, сборно-монолитное, монолитное, этажность);
- нарушение технологии при изготовлении, транспортировке, складировании и монтаже железобетонных конструкций;
- ошибки при проектировании;
- механические повреждения;
- аварии техногенного и природного характера.

При проведении обследований технического состояния зданий и сооружений, следует учитывать, что дефекты железобетонных конструкций

могут носить общий характер, присущий всем железобетонным конструкциям, и специфический, относящийся к определенным типам зданий и сооружений.

При обследовании зданий и сооружений факт наличия дефектов строительных конструкций устанавливается по их характерным и детальным признакам, а степень повреждения - путем оценки количественных и качественных параметров.

По виду проявления последствий дефектов строительных конструкций следует различать:

- дефекты несущих строительных конструкций, ведущие к потере их прочности и устойчивости;
- дефекты ограждающих строительных конструкций, ослабляющие конструкции и снижающие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений;
- дефекты второстепенных элементов строительных конструкций, снижающие эксплуатационные характеристики зданий и сооружений.

Для возможности достоверного определения дальнейших последствий дефектов строительных конструкций необходимо точное определение размеров и места положения дефекта. В ряде случаев необходим мониторинг роста трещин. Поэтому совершенствование методов оценки технического состояния железобетонных конструкций является важной квалитетической задачей.

Рассмотрим проблемы выявления дефектов в бетонных конструкциях на примере бетонного покрытия обетонированных труб.

Рост требований к надежности систем трубопроводного транспорта нефти и газа вызывает необходимость подвергать тщательному входному контролю элементы бедующего сооружения с целью обеспечить надежность сооружения для предупреждения в дальнейшем отказов и аварий. При транспортировке больших объемов нефти и газа и высоких давлениях в магистральных трубопроводах важно еще на этапе входного контроля

определить низкое качество трубы и исключить ее использование при монтаже опасного производственного объекта.

Все чаще для сооружения подводных переходов магистральных газо- и нефтепроводов и строительства участков в заболоченной местности используются трубы с балластным покрытием. Настоящая работа представляет собой первую попытку обобщить и систематизировать накопленный материал в области контроля качества стальных труб, антикоррозионного покрытия, бетонного утяжеляющего слоя. Особое внимание в работе уделяется наименее изученному вопросу с точки зрения входного контроля обетонированной трубы – вопросу контроля качества бетонного слоя.

В рамках совершенствования методики входного контроля обетонированных труб применяемых в строительстве магистральных трубопроводов проведены разносторонние экспериментальные исследования по выявлению и определению размеров единичных дефектов и дефектных зон в бетонном слое конструкции обетонированной трубы.

Основываясь на фундаментальных положениях лучевой акустики и результатах работ российских ученых Ю.М. Рапопорта, В.Е. Полякова, А.И. Потапова [1] отметим, что при использовании временного ультразвукового метода неразрушающего контроля бетона наличие дефекта характеризуется увеличением времени распространения ультразвуковых колебаний:

$$\xi_t = \frac{t_d}{t_0} ,$$

где  $\xi_t$  – относительное изменение времени распространения колебаний, вызываемое дефектом;

$t_d$  – время распространения колебаний при наличии дефекта;

$t_0$  – время распространения колебаний в бездефектной зоне изделия.

Известно, что бетон может быть подвергнут дефектоскопии сквозным и поверхностным ультразвуковым прозвучиванием. Конструкция обетонированной трубы исключает сквозное прозвучивание бетона, поэтому для

проведения экспериментального исследования использовался прибор "Пульсар" в модификации "Пульсар 1.2" с датчиками поверхностного прозвучивания с точечным акустическим контактом искателей к бетонной поверхности.

Устройство поверхностного прозвучивания в сборе представляет собой держатель с двумя ультразвуковыми преобразователями. Преобразователи оснащены конусными насадками, обеспечивающими сухой контакт без использования жидкостных смазок. Фиксированная база измерения при поверхностном прозвучивании составляет  $120 \pm 3$  мм. Глубина контролируемой зоны 4-5 см [2].

Схема установки датчиков поверхностного и сквозного прозвучивания представлена на рисунке 1.

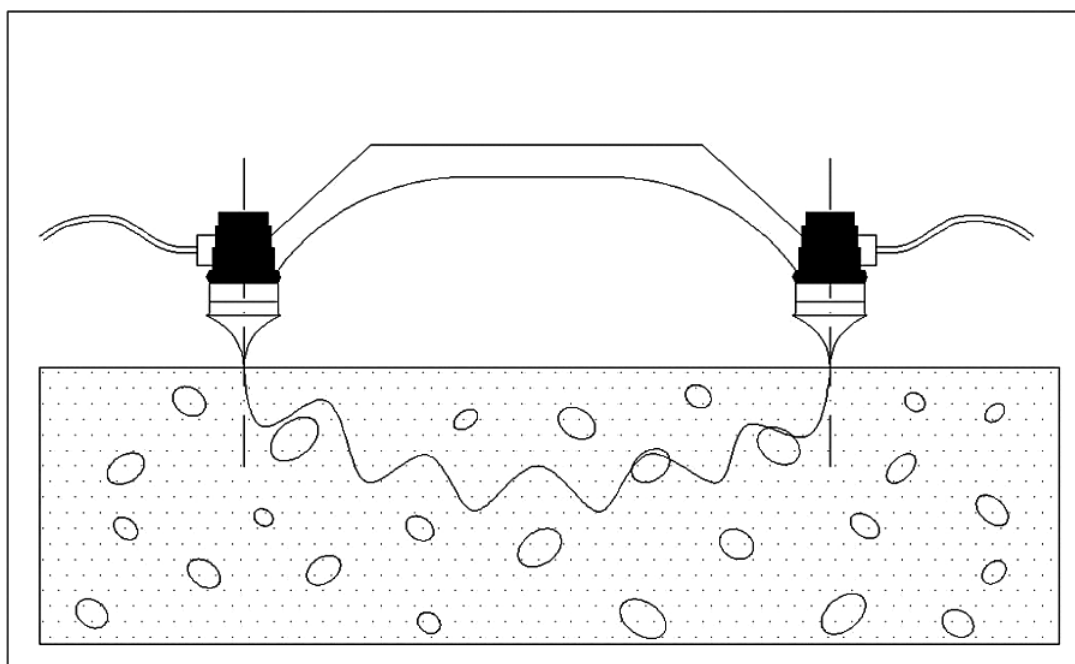


Рисунок 1. Схема установки датчиков

Очевидно, что глубина прозвучивания стандартного переносного ультразвукового дефектоскопа "Пульсар 1.2", составляющая 4-5 см не достаточна для дефектоскопии бетонного слоя обетонированной трубы достигающего по толщине до 12-15 см [3-5].

Для определения глубины выявляемости пустотного включения  $N$  при одностороннем ультразвуковом прозвучивании бетона создана опытная

модель. В бетонном блоке были выбурены три отверстия диаметром 53 мм на различной глубине. Схема бетонного блока для проведения экспериментальных замеров представлена на рисунке 2. Схема проведения замеров для определения чувствительности ультразвукового дефектоскопа при использовании временного метода и выявления места нахождения цилиндрических отверстий в бетоне представлена на рисунке 3.

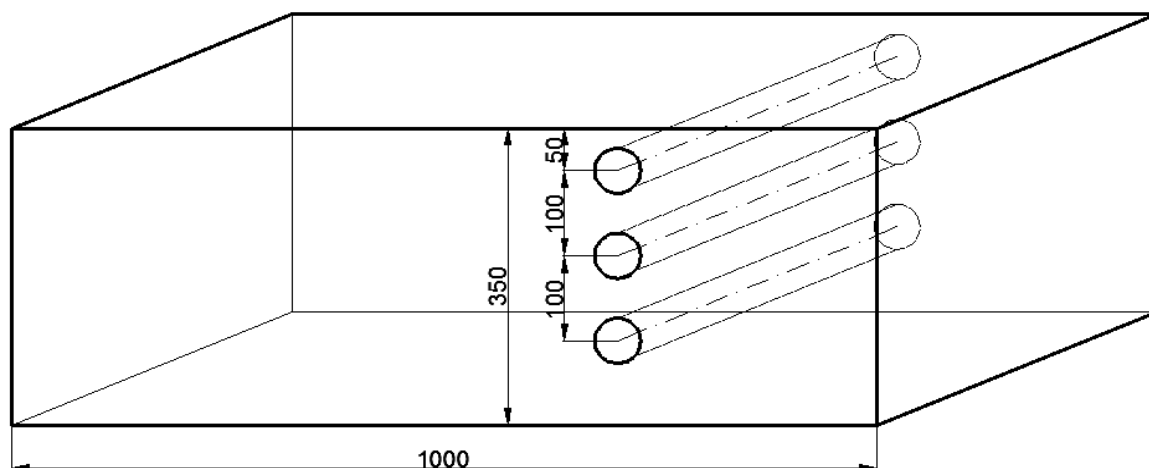


Рисунок 2. Схема бетонного блока для проведения экспериментальных замеров

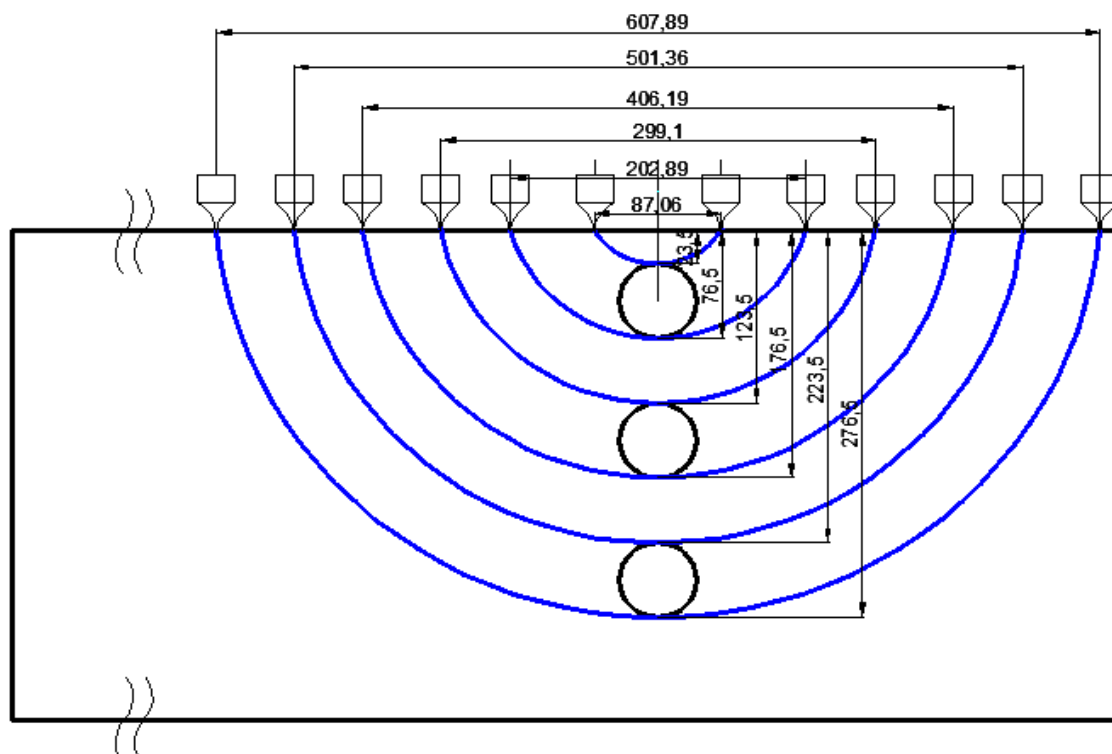


Рисунок 3. Схема проведения замеров для определения чувствительности ультразвукового дефектоскопа



Ультразвуковые замеры времени прохождения производились с верхней стороны бетонной модели в бездефектной области и в области над выбуренными отверстиями. Обследование проводилось дефектоскопом Пульсар 1.2 методом поверхностного прозвучивания с использованием датчиков с точечным акустическим контактом.

Точки контроля, где величина  $\frac{t_d}{t_0}$  (относительное изменение времени распространения колебаний, вызываемое дефектом) составляло более чем 1,05, выявляли границы пустотного включения, определяя тем самым чувствительность прибора.

Затем сопоставлялись глубина обнаружения дефекта  $H$ , мм и база измерения (расстояние между точками акустического контакта датчиков) на поверхности бетонного слоя  $L$ , мм при котором это изменение было зафиксировано.

Результаты определения границ пустотного включения при различной базе прозвучивания представлены в таблице 1. График чувствительности временного метода, полученный по результатам экспериментальных замеров ультразвуковым дефектоскопом Пульсар 1.2 представлен на рисунке 4.

Таблица 1. Результаты определения чувствительности прибора

Участок контроля	Отверстие 1		Отверстие 2		Отверстие 3	
	т.1	т.2	т.3	т.4	т.5	т.6
$L$ , мм	87	203	299	406	501	608
$H$ , мм	24	77	124	177	224	276

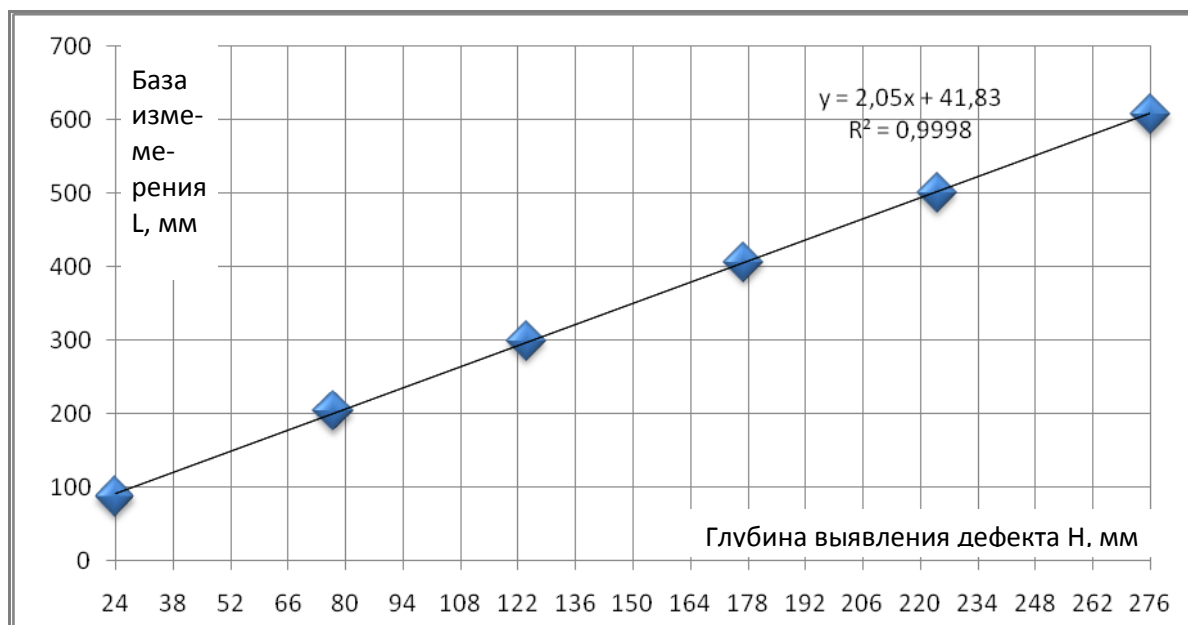


Рисунок 4. График чувствительности временного метода

По результатам замеров была установлена зависимость глубины выявления дефекта  $H$  от расстояния между точками акустического контакта датчиков на поверхности бетонного слоя  $L$ . Для опытного образца и рассматриваемых глубин расположения пустотного включения до 270 мм зависимость имеет линейный характер и описывается уравнением  $L = 2,05x + 41,83$ . При этом величина достоверности аппроксимации составляет  $R^2 = 0,9998$ .

Таким образом, для увеличения глубины прозвучивания используемого прибора до глубины 12-15 см необходимо увеличить расстояние между искателями до 200-250 мм. Изменение конструкции устройства, удерживающего конусные преобразователи, путем увеличения расстояния между искателями позволит увеличить глубину контролируемой зоны.

Для минимизации необследованных участков предлагается располагать участки контроля на поверхности бетона в шахматном порядке с шагом в  $4 \times 24$  см. При этом необходимо, чтобы ряды, образуемые перемещением прибора вдоль трубы, перекрывали друг друга с тем, чтобы не оставалось необследованных участков. Описанным способом следует предварительно разметить подлежащую контролю поверхность трубы. Расположение уча-

стков контроля на заданной площади бетонной поверхности датчиками поверхностного прозвучивания представлено на рисунке 5.

К недостаткам предложенного способа отнесем его трудоемкость. Для сокращения времени проведения замеров можно совместить несколько (3-5) преобразователей на одной рамной конструкции с фиксацией результатов отдельно по каждому контролируемому участку. Чтобы обеспечить максимальный акустический контакт необходимо, чтобы конусные искатели плотно прижимались к контролируемой поверхности, и кривизна рамы повторяла бы ее изгиб. При этом следует сохранять результаты в памяти прибора, что позволит автоматически выявить участки с максимальным отклонением времени прозвучивания от среднего значения. По величине изменения времени прозвучивания и по размеру области, где результаты замеров выявляют такие изменения, следует делать выводы о наличии и размерах включений в бетонном слое.

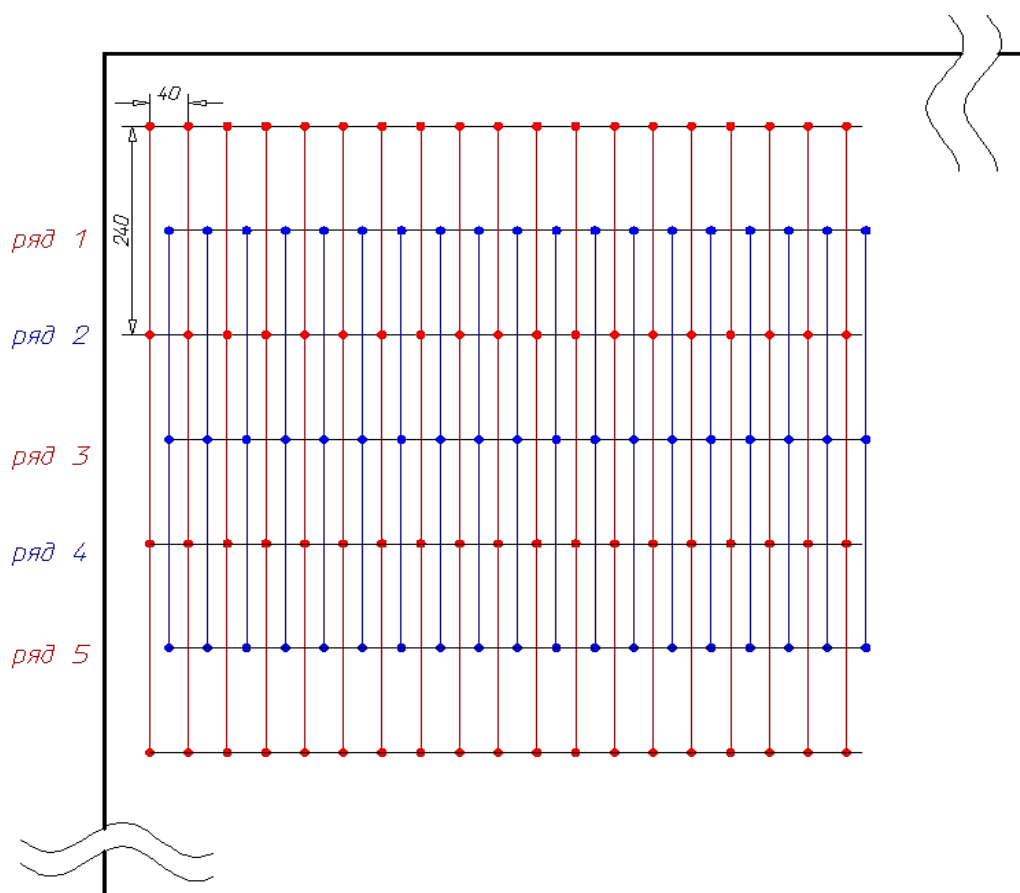


Рисунок 5. Расположение участков контроля бетонной поверхности датчиками поверхностного прозвучивания

Схема установки устройства для поверхностного прозвучивания на бетонную поверхность трубы представлена на рисунке 6.

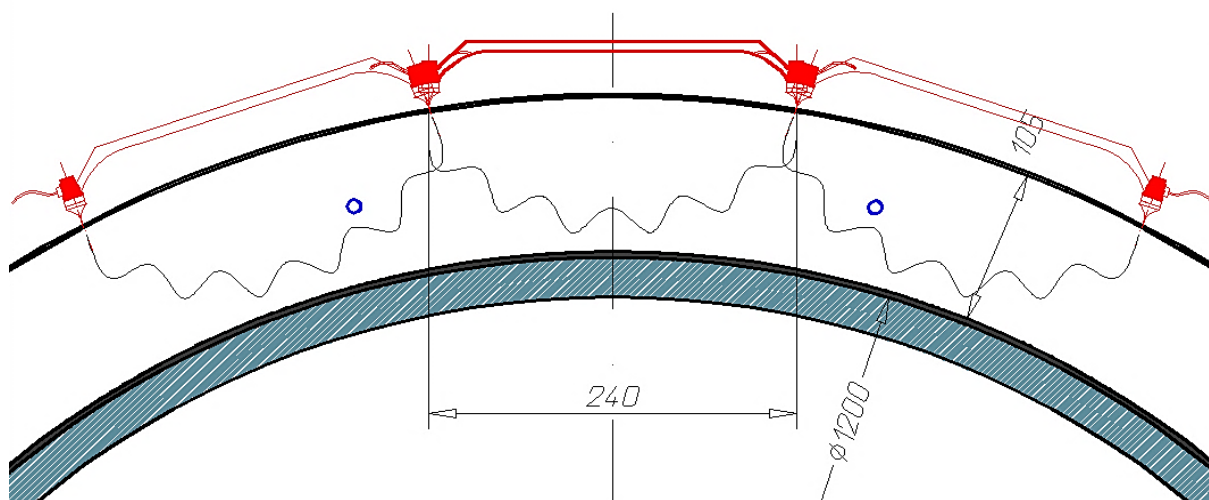


Рисунок 6. Схема установки устройства для поверхностного прозвучивания на бетонную поверхность трубы

Изменение конструкции устройства, удерживающего конусные преобразователи, и предлагаемая схема предварительной разметки бетонной поверхности позволяют минимизировать необследованные участки бетона в контролируемой зоне, установленная зависимость глубины выявляемости дефекта  $H$  от расстояния между точками акустического контакта датчиков на поверхности бетонного слоя  $L$  позволяет так разместить искатели на удерживающем устройстве, чтобы контролировать бетонный слой на всю его глубину.

## Выводы

Предложенный способ может быть использован для определения наличия и размера единичных включений и дефектных зон способом поверхностного прозвучивания при одностороннем доступе к объекту. Эти сведения необходимы для определения степени опасности обнаруженных дефектов и выработке рекомендаций по их устранению.

В процессе эксплуатации применение прикладных методов теории надежности позволяет дать оценку безопасной работы конструкций, запасов

несущей способности, прогнозировать срок службы зданий и сооружений при дальнейшей эксплуатации, установит режимы нагружения конструкций в прогнозируемый период.

Все технические объекты представляют собой сложные системы, состоящие из многих элементов. Своевременное обнаружение дефектного элемента позволит свести к минимуму ремонтные работы, сохранить сооружение в целом, предотвратить возможные экономические и социальные потери, не допустить загрязнения окружающей среды и избежать многих нежелательных последствий, вызванных внезапным разрушением ответственных сооружений [6-8].

## References

1 Rapoport Y.M. Ultrasound testing of building details and structures / Y.M. Rapoport. L.: Stroyizdat, Leningr. otd., 1975. 128 p. [in Russian].

2 Measuring of propagation time of ultrasound Pulsar 1 and Pulsar's 1.2 modification : Instruction manual, passport. M.: NPP «Interpribor», 2001. 41 p. [in Russian].

3 Gazprom 2-3.7-207-2008 General specifications for the ballast-coated pipes with a metal-protective coating, including protectors for underwater pipes .OOO «VNIlgaz»; OAO «Gazprom» from 20.02.2008; introduced 2008-10-15. M.: IRZ Gazprom, 2008. 54 p. [in Russian].

4 GOST 17624-87 Concrete. Ultrasound method for determining the strength. M.: Publisher standards, 1987. 24 p. [in Russian].

5 SP 63.13330.2012 Concrete and reinforced concrete structures and fundamentals. The main provisions. The updated version of SNiP. 52-01-2003 Gosstroy of the Russian Federation. M: CИTP of Gosstroy of the Russian Federation, 2012. 161 p. [in Russian].

6 Burof M.P. Ecological and economic problems and improving of concrete production// Concrete technology, technology Section. 2012, №9-10 (74-75). p.26. [in Russian].

7 Sudakov V.V. Quality control and reliability of reinforced concrete structures. L.: Stroyizdat, 1980. 168 p. [in Russian].

8 Ruffert Gunter. The defects of concrete constructions the translation from ger. PGU S. M.: Stroyizdat, 1987. 111 p. [in Russian].

### **Список используемых источников**

1 Рапопорт Ю.М. Ультразвуковая дефектоскопия строительных деталей и конструкций. Л.: Стройиздат, Ленингр. отд., 1975. 128 с.

2 Измеритель времени распространения УЛЬТРАЗВУКА «ПУЛЬСАР-1» модификация «Пульсар – 1.2» Руководство по эксплуатации. М.: НПП «Интерприбор», 2001. 41 с.

3 Р Газпром 2-3.7-207-2008 Общие технические требования на трубы с балластным покрытием в металлополимерной защитной оболочке, в том числе с протекторами, для подводных трубопроводных систем разработ. ООО «ВНИИгаз»; утв. ОАО «Газпром» от 20.02.2008; введ. 2008-10-15. М.: ИРЦ Газпром, 2008. 54 с.

4 ГОСТ 17624-87 Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности. М.: Изд-во стандартов, 1987. 24с.

5 СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. Госстрой РФ. М.: ЦИТП Госстроя РФ, 2012. 161 с.

6 Буров М.П. Эколого-экономические проблемы и совершенствование бетонного производства// Технологии бетонов. Раздел технологии. 2012, №9-10 (74-75). С.26.

7 Судаков В.В. Контроль качества и надежность железобетонных конструкций. Л.: Стройиздат, 1980. 168 с.

8 Руфферт Гюнтер. Дефекты бетонных конструкций. Перевод с нем. М.: Стройиздат, 1987. 111 с.

**About the authors****Сведения об авторах**

A. I. Popova, Candidate of Engineering Sciences, Assistant of the Chair PEMG, FSBEI HPE “Ukhta State Technical University”, Ukhta, the Russian Federation

Попова А. И., канд. техн. наук, ассистент кафедры ПЭПГ, ФГБОУ ВПО УГТУ, г. Ухта, Российская Федерация

e-mail: alen.popowa2011@yandex.ru

N. S. Vishnevskaya, Candidate of Engineering Sciences, Docent of the Chair PEMG, FSBEI HPE “Ukhta State Technical University”, Ukhta, the Russian Federation

Вишневская Н. С., канд. техн. наук, доцент кафедры ПЭПГ, ФГБОУ ВПО УГТУ, г. Ухта, Российская Федерация